



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

HAYSLENNE ANDRESSA GONÇALVES DE OLIVEIRA  
ARAÚJO

**EFEITO IMEDIATO DA REALIDADE VIRTUAL,  
REALIDADE AUMENTADA E FISIOTERAPIA  
NEUROFUNCIONAL NO CONTROLE POSTURAL E  
COGNIÇÃO DE INDIVÍDUOS COM DOENÇA DE  
PARKINSON:  
ENSAIO CLÍNICO ALEATÓRIO**

HAYSLENNE ANDRESSA GONÇALVES DE OLIVEIRA  
ARAÚJO

**EFEITO IMEDIATO DA REALIDADE VIRTUAL,  
REALIDADE AUMENTADA E FISIOTERAPIA  
NEUROFUNCIONAL NO CONTROLE POSTURAL E  
COGNIÇÃO DE INDIVÍDUOS COM DOENÇA DE  
PARKINSON:  
ENSAIO CLÍNICO ALEATÓRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina – UEL e Universidade Norte do Paraná – UNOPAR), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Orientadora: Profa. Dra. Suhaila Mahmoud Smaili Santos.

Londrina  
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Araújo, Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira.

Efeito imediato da realidade virtual, realidade aumentada e fisioterapia neurofuncional no controle postural e cognição de indivíduos com doença de Parkinson : ensaio clínico alaeatório / Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo. - Londrina, 2019.  
108 f. : il.

Orientador: Suhaila Mahmoud Smaili Santos.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Parkinson, Doença de - Tese. 2. Fisioterapia - Tese. 3. Distúrbios da postura - Tese.  
I. Santos, Suhaila Mahmoud Smaili. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação. III. Título.

HAYSLENNE ANDRESSA GONÇALVES DE OLIVEIRA ARAÚJO

**EFEITO IMEDIATO DA REALIDADE VIRTUAL, REALIDADE  
AUMENTADA E FISIOTERAPIA NEUROFUNCIONAL NO  
CONTROLE POSTURAL E COGNIÇÃO DE INDIVÍDUOS COM  
DOENÇA DE PARKINSON:  
ENSAIO CLÍNICO ALEATÓRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina – UEL e Universidade Norte do Paraná – UNOPAR), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Profa. Dra. Suhaila Mahmoud Smaili  
Santos  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Profa. Dra. Vanessa Suziane Probst  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Edson Lopes Lavado  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 19 de fevereiro de 2019.

Dedico esta dissertação a Deus, aos meus pais e irmãos, aos meus amigos, ao meu grupo de pesquisa e à minha orientadora, que me possibilitaram escrever. Antes, aos pacientes, sem os quais tudo seriam apenas palavras e números sem razão.

## AGRADECIMENTOS

Gratidão poderia facilmente ser uma palavra-chave desta dissertação! Tantas pessoas e situações – boas e ruins – fazem parte do período de preparação deste trabalho que será difícil encontrar palavras para agradecer a tudo e todos. Fica a certeza de que absolutamente tudo o que aconteceu, antes, durante e após a realização do projeto, foi fundamental para o resultado alcançado.

O mestrado foi sem dúvida o maior desafio da minha vida até hoje. Não foi a primeira vez que estive longe de casa sozinha, mas certamente foi o momento em que estive mais distante e sem nenhum rosto familiar por muitos meses, durante a adaptação. Aliás, adaptação poderia ser outra palavra-chave para este trabalho. De repente estava em outra cidade, outro estado, nova rotina, novo grau na carreira acadêmica, responsabilidades totalmente diferentes de tudo o que já havia experimentado, com novas pessoas com as quais não sabia se conseguiria me relacionar, novo ambiente de trabalho... Enfim, foram muitas as adaptações necessárias no início desta jornada, não foi fácil mas foram momentos essenciais para a evolução pessoal e profissional que eu precisava e ainda preciso muito, e cada pequena vitória neste processo teve um sabor único, uma marca especial no meu coração.

Agora, no momento de conclusão deste trabalho de vida, de superação e evolução, só tenho a agradecer. Antes de tudo a Deus, que me trouxe até aqui, guiou os meus passos, iluminou os meus caminhos, consolou os meus medos e fortaleceu o meu coração, me preparando para o que estava por vir e cuidando de mim até quando eu parei de acreditar e me puxando de volta à vida quando desisti de seguir. A Ele toda a glória, por Ele todos os méritos, e hoje sou muito ciente que tudo o que aconteceu, acontece e acontecerá só é possível pelo Seu amor e misericórdia, agradeço por estar comigo especialmente quando não mereci.

À minha família, principal suporte, os verdadeiros e eternos amigos mesmo quando não correspondo a tudo o que me proporcionam, meu muito obrigada! Meus irmãos

Hayslanne e Wanderson, acho que ninguém entende como nossa dinâmica funciona, somos parecidos mas mais diferentes impossível! E ainda que pareça que estamos distantes sabemos bem que no final só vamos contar cegamente de verdade uns com os outros, e como é bom saber que tenho vocês! Meu pai, que com todas as dificuldades (in)imagináveis que a vida lhe impôs, conseguiu atingir os seus objetivos, dar o seu melhor e nos fazer crescer como família, seres humanos e profissionais melhores a cada dia. De todas as milhares de coisas que o senhor me ensinou, a maior lição que já tirei foi que a vida não é fácil, não é para ser, mas que as dificuldades aparecem pra ser enfrentadas, vencidas e delas são tiradas a força, o aprendizado e o amadurecimento que nos impulsiona para a próxima vitória. Mãe, sem dúvidas a minha maior inspiração, melhor amiga, primeira pessoa em quem eu penso quando um novo desafio é imposto ou uma nova vitória é alcançada. A senhora é a pessoa mais sábia que eu conheço, e serei muito feliz se um dia puder ser uma fração do que a senhora representa na minha vida, todas as decisões que eu já tomei e certamente todas as que ainda irei tomar são de alguma maneira influenciadas pela senhora! Ao longo deste tempo (na verdade, desde sempre) foram tantos telefonemas que começaram com “está difícil” ou “não sei o que fazer” e terminaram com um “vai dar certo”, tantos outros que começaram com “consegui!”. Conseguimos, nós duas, as vezes penso que mais a senhora do que eu, e eu nunca vou ser capaz de agradecer o suficiente pela sua vida, e a Deus por ter te escolhido pra ser a minha mãe perfeita.

Aos amigos... são pouco, é verdade, mas são mais que suficientes para preencher o meu coração! Da faculdade para a vida, agradeço imensamente aos cheirinhos que fizeram de Alfenas uma cidade muito mais feliz e que expandiu a minha mente quanto ao meu lugar no mundo, ao curso, às perspectivas de futuro... Arislene e Toninho que me acolheram como filha; Dani, minha amiga querida com quem eu dividi as aflições pré-mudança... A todos, obrigada pelos abraços, carinhos, colo para as lágrimas quando ficou muito difícil suportar,

pelas broncas e conselhos quando necessário, e por não desistirem de mim mesmo eu desaparecendo de vez em quando (prometo que vou tentar melhorar isso!). Pensei que não faria amigos em Londrina, mas Karen, Bethânia, Flávia, vocês vieram para me mostrar que estava errada, muito obrigada! E trabalho também é lugar de fazer amizades, Celle, Duda, Nati, Josi, sem vocês seria impossível!

Ao GPFIN, que me ensinou que trabalho pode, sim, ser compartilhado e que dividir o peso não diminui a qualidade do que se faz, ao contrário, só faz tudo ficar mais leve e completo. A todos, em especial aos queridos Rogério, Tawany e Tais, agradeço imensamente! E, claro, à mão que se estendeu na minha direção, que aceitou o desafio de pular de cabeça em um tema ainda pouco abordado dentro da nossa realidade, que foi abrigo e proteção, e como boa mãe, por vezes broncas e cobrança... Professora Suhaila, o mestrado para mim representava um momento de puro estresse e produção guiada por um ser para o qual eu seria apenas uma ferramenta, mas desde que entrei você me mostrou que ser orientador é ser parceiro, é usar da sua experiência e conhecimento para motivar e inspirar. Vai ser difícil esquecer o “oi querida” do início do seu email em resposta ao meu primeiro, para o qual escrevi mil versões, fui o mais formal possível e tinha certeza que nunca seria nem ao menos lido... Que bom que estava errada! Todo o temor e nervosismo do início se transformou em amor e vontade de corresponder ao voto de confiança depositado, a admiração que eu tinha pelo peso do seu nome permaneceu, mas foi estendido para essa pessoa ímpar e este coração enorme com quem tenho a honra de aprender até no silêncio das horas de correções que passamos (desculpe por isso haha), estar no seu time é realmente uma grande vitória! Muito obrigada!

A quem foi mais essencial para a realização deste trabalho, e sem os quais ele nem teria sentido... os queridos pacientes do GPFIN! Agradeço de coração a cada um pela participação nos vários testes e intervenções aos quais foram submetidos e que participavam

com todo amor, sempre com sorrisos nos rostos, e uma palavra amiga para compartilhar. Obrigada pelos ensinamentos diários, por me ensinarem a ser mais humana e por manterem sempre acesa a chama da vontade de ajudar a quem precisa e tentar me superar a cada dia para poder oferecer sempre o melhor a cada um de vocês!

Por fim mas não menos importante, ao Diogo... Obrigada por aparecer na minha vida, porque sem você eu não conheceria o Apollo! Você foi um suporte incrível durante todo o processo que resultou nesta dissertação, desde a apreensão das mil tentativas de escrever o primeiro email para a professora Suhaila, todas as dúvidas e medos que surgiram, a expectativa pelo processo seletivo, a preparação para a mudança de cidade (e estado!), e a partir daí todas as dores e alegrias que o mestrado trouxe foram compartilhadas com você... Tudo aconteceu de forma tão inesperada para nós dois, tivemos que nos adaptar muito rápido a todas as mudanças e eu te agradeço por ser exatamente o parceiro que eu precisava, por encarar um namoro com a singela distância de 683km e ter sido o primeiro a dizer “acredita e vai” (será que você queria se livrar de mim? Rsr). Obrigada por ser insistente e acreditar mais em nós dois do que eu na maior parte do tempo, por tentar entender as minhas ‘unisses’ de sempre, o que nos permite dizer que aquele casal absolutamente improvável desde o início tem se mostrado mais forte com o tempo e mais unido do que a maioria pensaria, mesmo passando mais de 80% dos nossos 2 anos e meio longe fisicamente. Este tempo passou muito longe de ser um mar de rosas, foi difícil mas você realmente fez e faz chover e eu sou muito feliz e muito agradecida por você ser exatamente quem é, sou feliz por poder ser com você a pessoa mal humorada, chata, e logo na sequência ser a boba que fala pelos cotovelos. Nem todo mundo entende esse seu jeitinho todo quieto, caladão, mas eu sei da força que a sua torcida me deu, e você também sabe o quanto eu espero que você cresça e como farei tudo o que estiver ao meu alcance para que você chegue onde deseja, porque por trás de toda essa

nerdisse, feminismo, fome por política internacional e entendimentos sobre nutrição está um coração cheio de muito amor e algumas confusões. I know, forever.

## **Epígrafe**

“Não sou nada.  
Nunca serei nada.  
Não posso querer ser nada.  
À parte isso, tenho em mim todos os sonhos do mundo.”

Fernando Pessoa

ARAÚJO, Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira. **Efeito imediato da realidade virtual, realidade aumentada e fisioterapia neurofuncional no controle postural e cognição de indivíduos com doença de Parkinson:** ensaio clínico aleatório. 2019. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** O envelhecimento populacional eleva a prevalência de doenças crônicas e degenerativas como a doença de Parkinson (DP). A fisioterapia neurofuncional (FN) tem papel essencial no tratamento da DP e tecnologias como a realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV) podem ser recursos importantes na diversificação das terapias. **OBJETIVO:** avaliar o efeito imediato da RV, RA e FN no controle postural e cognição de indivíduos com DP. **MÉTODOS:** Ensaio clínico aleatório, *crossover*, cego, composto por 40 indivíduos com DP submetidos a uma única sessão de FN, uma sessão de RA e uma de RV com 50 minutos de duração cada, em um intervalo de 7 dias, entre elas. As avaliações do controle postural foram realizadas antes e após cada intervenção, pela plataforma de força nas posições bipodal, tandem olhos abertos (OA), tandem olhos fechados (OF), tandem dupla tarefa (DT) associado ao *Stroop test* e unipodal, com registro das variáveis área do Centro de Oscilação de Pressão (COP), amplitude e velocidade de deslocamento anteroposterior (AP) e mediolateral (ML). A cognição foi avaliada pelo *Trail Making Test* (TMT) partes A e B. **RESULTADOS:** Na comparação entre os momentos pré e pós intervenção, houve melhora do controle postural em razão da diminuição da velocidade AP e ML nas posições em tandem e unipodal, nas três modalidades empregadas, além do aumento no tempo de permanência na posição unipodal na RA. Piora na amplitude de deslocamento ML ocorreu apenas posição em tandem DT, na modalidade RV. Não houve diferença na Área do COP e o tempo de execução do TMTA diminuiu após RA e de TMTB diminuiu após as três modalidades, sem diferenças entre as intervenções. Na comparação entre as modalidades, não houve diferença estatisticamente significativa para nenhuma das variáveis estudadas, com exceção para o tempo de permanência na plataforma na posição unipodal, com valor maior na modalidade RA. **CONCLUSÃO:** Foi observado efeito imediato, com melhora no controle postural e cognição, nas três modalidades de tratamento aplicadas, quando considerado o efeito tempo. Em adição, não houve diferença entre as modalidades de tratamento RA, RV e FN, não havendo superioridade entre elas.

**Palavras-chave:** Doença de Parkinson. Realidade virtual. Modalidades de fisioterapia. Equilíbrio postural. Cognição. Teste de stroop.

ARAÚJO, Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira. **Immediate effect of virtual reality, augmented reality and neurofunctional physiotherapy in postural control and cognition of individuals with Parkinson's Disease:** randomized clinical trial. 2019. 108 p. Dissertation (Master's degree in Rehabilitation Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Population aging increases the prevalence of chronic and degenerative diseases, as Parkinson disease (PD). Neurofunctional physiotherapy (NP) has an essential role in treatment of PD and technologies as augmented reality (AR) and virtual reality (VR) can be important resources in physical therapy diversification. **AIM:** To evaluate the immediate effect of VR, AR and NP in postural control and cognition of individuals with PD. **METHODS:** Randomized, crossover, blind clinic trial composed by 40 individuals with PD submitted to one single session of NP, one session of AR and one session of VR with duration of 50 minutes each one and an interval of 7 days between them. The postural control evaluations were realized before and after each intervention, by force platform in positions bipedal, tandem with eyes open (EO), tandem with eyes closed (EC), tandem double-task (DT) associated with Stroop test and one-legged, with registration of variables center of pressure (COP) area, anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) displacement amplitude and velocity. Cognition was evaluated by Trail Making Test (TMT) parts A and B. **RESULTS:** In comparison between pre and post intervention moments, there was improvement in postural control in reason of the decrease in AP and ML velocity in tandem and one-legged positions in the three modalities used, as well as the increase in the permanence time in one-legged position after AR. A worsening in ML displacement amplitude occurred only in tandem DT position, after VR. There was no difference in COP area and the TMTA's execution time decreased after AR and TMTB's time decreased after the three modalities, with no differences between the therapies. In comparison between modalities there was no statistically significant difference in variables analyzed, except for permanence time in force platform in one-legged, with better value to AR. **CONCLUSION:** It was observed immediate effect, with increase in postural control and cognition in the three modalities analyzed, considering the time effect. In addition, there were no differences between modalities based in AR, VR and NP, with no superiority between them.

**Keywords:** Parkinson's disease. Virtual reality. Physiotherapy modalities. Postural balance. Cognition. Stroop test.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Fluxograma dos participantes no estudo.....	54
Figura 2 –	Posicionamento dos pacientes em relação à plataforma de força durante avaliação do controle postural .....	56
Figura 3 –	Exercícios de controle postural com fisioterapia neurofunciona.....	158
Figura 4 –	Jogos utilizados em protocolo de treinamento fisioterapêutico para controle postural baseado em realidade aumentada.....	59
Figura 5 –	Jogos usado em protocolo de treinamento fisioterapêutico para controle postural baseado em realidade virtual.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Caracterização da amostra .....	76
Tabela 2 –	Comparação do controle postural entre os momentos pré e pós intervenções das modalidades fisioterapia neurofuncional, realidade aumentada e realidade virtual, medido pela plataforma de força .....	77
Tabela 3 –	Comparação da porcentagem de mudança do controle postural entre as modalidades fisioterapia neurofuncional, realidade aumentada e realidade virtual, medido pela plataforma de força .....	78
Tabela 4 –	Comparação da cognição entre os momentos pré e pós-intervenções das modalidades fisioterapia neurofuncional, realidade aumentada e realidade virtual, medida pelo <i>Trail Making Test</i> e da porcentagem de mudança entre as modalidades.....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DP	Doença de Parkinson
AVE	Acidente vascular encefálico
SNC	Sistema nervoso central
DT	Dupla tarefa
COP	Centro de oscilação de pressão
CDM	Centro de massa
AP	Ântero-posterior
ML	Mediolateral
TMT	<i>Trail Making Test</i>
TMTA	<i>Trail Making Test</i> parte A
TMTB	<i>Trail Making Test</i> parte B
UPDRS	<i>Unified Parkinson's Disease Rating Scale</i>
RA	Realidade aumentada
TI	Tecnologia da Informação
RV	Realidade virtual
FN	Fisioterapia neurofuncional
HY	Escala de Hoehn & Yahr modificada
MEEM	Mini Exame do Estado Mental
OA	Olhos abertos
OF	Olhos fechados
P	Valor de significância estatística
N	Tamanho amostral
UEL	Universidade Estadual de Londrina
REBEC	Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
CEPPOS	Centro de Pesquisa e Pós-graduação em Saúde
CCS	Centro de Ciências da Saúde
HU	Hospital Universitário de Londrina
IMC	Índice de Massa do Corpo
AVD	Atividades de Vida Diária
M	Mulheres

H	Homens
Kg	Quilogramas
Cm	Centímetros
S	Segundos

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	20
2.	<b>OBJETIVOS</b> .....	23
2.1.	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	23
2.2.	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	23
3.	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	24
3.1.	<b>Doença de Parkinson</b> .....	24
3.1.1.	<b>Sintomas motores</b> .....	27
3.1.2.	<b>Sintomas não motores</b> .....	29
3.2.	<b>Medidas de avaliação</b> .....	32
3.2.1.	<b>Plataforma de Força</b> .....	32
3.2.2.	<i>Trail Making Test</i> .....	34
3.3.	<b>Tratamento Fisioterápico</b> .....	35
3.3.1.	<b>Fisioterapia Neurofuncional</b> .....	36
3.3.2.	<b>Realidade Aumentada</b> .....	39
3.3.3.	<b>Realidade Virtual</b> .....	42
4.	<b>ARTIGO</b> .....	44
5.	<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	80
6.	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	80
	<b>APÊNDICE</b> .....	84
	<b>ANEXOS</b> .....	87

## 1. INTRODUÇÃO

O crescente envelhecimento populacional, acrescido à predisposição hereditária e fatores ambientais deletérios, têm levado ao aumento na prevalência de doenças crônicas e degenerativas, entre elas as doenças neurológicas como a doença de Parkinson idiopática (DP) (1,2).

A fisiopatologia da DP está relacionada à depleção do neurotransmissor dopamina nos núcleos da base decorrente da morte dos neurônios dopaminérgicos da substância negra compacta do mesencéfalo, o que ocasiona a sua sintomatologia, definida pela presença de sintomas motores e não motores (1–3). Os sintomas motores são usados no diagnóstico clínico da doença, determinado pelo Banco de Cérebro de Londres como a presença obrigatória de bradicinesia, acrescido de pelo menos mais um sintoma entre rigidez muscular, tremor de repouso ou instabilidade postural (4). A instabilidade postural se situa entre os principais e mais incapacitantes sintomas motores da DP e é o principal fator de risco para ocorrência de quedas e consequente piora na mobilidade, funcionalidade e qualidade de vida dos indivíduos (1,2,5).

Entre os sintomas não motores está o declínio cognitivo global, em particular da função executiva, que inclui a capacidade de monitorar e processar informações internas e externas, atender a várias tarefas ao mesmo tempo, definir e atingir metas, resolver problemas e regular as demandas ambientais (6). Nos indivíduos com DP a disfunção executiva resulta em importante dificuldade na realização de dupla-tarefa (DT), uma vez que quando há comprometimento de ao menos um dos componentes (cognitivo ou motor) requeridos para a realização de um objetivo, a efetividade da tarefa é comprometida (6,7).

O manejo da DP é centrado na terapia medicamentosa, em especial no uso de Levodopa como estratégia para reposição da dopamina (1). Em complemento ao

tratamento clínico, a fisioterapia surge como tratamento adjunto, não-farmacológico e eficaz, recomendado pela *Movement Disorder Society* como forma de fornecer atendimento integral às necessidades dos pacientes (5,8–11). Na DP, os objetivos dos tratamentos fisioterapêuticos envolvem melhora de postura, transferências e equilíbrio, além da diminuição de risco de quedas, bem como de estratégias cognitivas de movimentação, para otimizar a independência, aumentar a segurança, bem estar e qualidade de vida do indivíduo, respeitando sempre o estágio da doença em que este se encontra (12,13).

Por tratar-se de uma doença crônica, a avaliação minuciosa do paciente é imprescindível para o direcionamento no tratamento e para monitorar a progressão da DP. No que diz respeito ao controle postural, o padrão ouro de avaliação da instabilidade postural é a plataforma de força, uma placa sob a qual estão posicionados sensores de força do tipo célula de carga ou piezelétrico e tem como parâmetro mais comumente utilizado o centro de pressão dos pés (COP) (14,15). Para avaliação da função executiva, instrumentos como o *Trail Making Test* (TMT) tem sido amplamente utilizados devido à sua sensibilidade na detecção de vários tipos de danos cerebrais (16,17).

Os benefícios da fisioterapia estão bem estabelecidos na DP, e novas abordagens de tratamento, como aquelas baseadas no uso da tecnologia, tem crescido e surgem como opções terapêuticas com intuito de enriquecer o tratamento e minimizar a sua rotina habitual (levando em consideração o caráter crônico da doença e a longa permanência dos pacientes nos programas de reabilitação). Uma destas tecnologias é a realidade aumentada (RA), que combina elementos virtuais com o mundo real em tempo real, a fim de transmitir ao usuário a sensação de ter em seu ambiente físico estes elementos gráficos (18,19). A diversificação do volume de informações para o

indivíduo, ocasionado por esta combinação, enriquece a sua experiência e facilita a realização dos objetivos propostos pela aplicação, sendo um eficiente recurso a ser utilizado no tratamento fisioterápicos de indivíduos com DP (20). De modo similar, a realidade virtual (RV) é uma maneira eficiente de integrar o indivíduo à tecnologia, já que o usuário é transportado para o ambiente virtual, desta vez como personagem da aplicação, e pode interagir com uma cena em três dimensões geradas por um computador durante execução de uma determinada tarefa, permitindo e proporcionando maior *feedback* visual, sensorial e auditivo (21).

Deste modo, a fisioterapia neurofuncional (FN) pode se beneficiar deste avanço tecnológico e oferecer aos pacientes uma gama de recursos cada vez maior, o que permitirá ampliar a abrangência e ao mesmo tempo a especificidade dos tratamentos. Na DP estes recursos são especialmente importantes, uma vez que são capazes de atender à complexidade dos sinais e sintomas característicos da doença, contribuindo diretamente para a melhora da funcionalidade, independência, qualidade de vida e bem-estar dos indivíduos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Verificar o efeito imediato do uso da realidade virtual, realidade aumentada e fisioterapia neurofuncional sobre o controle postural e cognição de indivíduos com doença de Parkinson

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Comparar os valores de amplitude, velocidade e área total de deslocamento do centro de oscilação de pressão (COP) nos momentos pré e pós intervenção de indivíduos com DP submetidos a uma intervenção de fisioterapia neurofuncional, uma baseada em realidade aumentada e uma baseada em realidade virtual;
2. Comparar os valores de tempo de execução do *Trail Making Test* entre os momentos pré e pós intervenções de fisioterapia neurofuncional, fisioterapia baseada em realidade aumentada e de fisioterapia baseada em realidade virtual;
3. Comparar os resultados alcançados entre as modalidades de intervenção nos desfechos relacionados ao COP e tempo de execução do *Trail Making Test*.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1. Doença de Parkinson**

A doença de Parkinson (DP) é a segunda doença neurodegenerativa mais comum, atrás apenas da doença de Alzheimer (5). Estima-se que sua prevalência seja de 1% entre os adultos com mais de 65 anos e de 3% em indivíduos com idade superior a 80 anos (3). Em 2005, o número de pessoas acometidas pela doença era cerca de 4,1 a 4,6 milhões. Presume-se, com o envelhecimento populacional, que este número dobre até o ano de 2030 (3,22).

A degeneração dos neurônios dopaminérgicos da substância negra compacta do mesencéfalo, característica da DP, gera a depleção da dopamina nos núcleos da base (1,3,23). A redução deste neurotransmissor ocasiona sintomas motores como bradicinesia, tremor de repouso, rigidez muscular, alterações posturais, de controle postural e marcha, além de sintomas não motores como alterações cognitivas, emocionais, psicossociais, de fadiga e qualidade de vida (1,2,9,23).

Vários mecanismos celulares como disfunção mitocondrial, estresse oxidativo, neuroinflamação, excitotoxicidade e degradação proteica deficiente são usualmente relacionados à fisiopatologia da DP (3). Entretanto, sua etiologia permanece desconhecida, e acredita-se que seu desenvolvimento esteja relacionado à associação de fatores genéticos e fatores ambientais (3,5). Os fatores genéticos representam menor incidência, estão relacionados à doença de Parkinson juvenil (quando acomete indivíduos com menos de 40 anos de idade), e incluem genes recessivos e mutações gênicas, dentre as quais destaca-se a mutação no gene Parkin (3). Já os fatores de risco ambientais podem estar relacionados à exposição de pesticidas, consumo de água não tratada e histórico de traumatismo cranianiencefálico (3).

A progressão patológica da doença de Parkinson segue um padrão lento de propagação de proteínas mal dobradas dos tecidos periféricos para o tronco cerebral inferior, representando sintomas pré-motores e não motores precoces; seguido por envolvimento do mesencéfalo, associado ao surgimento de sintomas motores; e finalmente a regiões corticais, levando à demência tardia (3).

Apesar do maior conhecimento acerca do envolvimento da via dopaminérgica e seus respectivos sintomas na fisiopatologia da DP, atualmente é possível compreender o envolvimento de outros sistemas, como colinérgico, serotoninérgico e noradrenérgico no processo de evolução da doença. Os neurônios dopaminérgicos da substância negra que se projetam para o estriado integram o controle do processamento da informação pelos núcleos da base, e a degeneração destes neurônios é responsável pela redução da atividade das áreas motoras do córtex cerebral, desencadeando a alteração dos movimentos voluntários (1,3,5). As alterações da substância negra são relacionadas às inclusões intracitoplasmáticas, os chamados corpos de Lewy, que podem ser vistos como sinalizadores da extensão da lesão cerebral ocasionada pela DP (2,3,24). Ocorre ainda a perda das células do núcleo pedunculopontino e aumento da sua inibição, que desinibe as vias retículo-espinhal e vestibulo-espinhal, produzindo contração excessiva dos músculos posturais, estando estes relacionados aos déficits colinérgicos (3,25). Já o comprometimento de múltiplos núcleos subcorticais, incluindo o núcleo basal de Meynert (colinérgico), locus coeruleus (noradrenérgico) e núcleos da rafe (serotonérgicos), em função de suas relações intrínsecas com o estriado, sistema límbico e neocórtex, acarretam sintomas não-motores, como os distúrbios autonômicos, do comportamento, neuropsiquiátricos e distúrbios do sono (3,25).

Os critérios para diagnóstico clínico da DP foram determinados pelo Banco de Cérebro de Londres e se baseiam na observação de sinais e sintomas (4). Desta forma,

para confirmação do diagnóstico de DP é necessário que o indivíduo apresente bradicinesia, acrescido de pelo menos um dos sintomas: rigidez muscular, tremor de repouso de 4-6 Hz ou instabilidade postural não relacionada a alterações visuais, vestibulares, cerebelares ou proprioceptivas (4). Além disso, os indivíduos não podem apresentar qualquer dos critérios de exclusão para DP, dentre os quais estão a presença de doenças neurológicas que possuam sabidamente sintomas semelhantes aos da DP, como AVE, traumatismo craniano, encefalite e tumores cerebrais; sinais de demência precoce; alterações autonômicas severas precoces e resposta a altas doses de levodopa, para citar alguns. Em uma terceira etapa, são analisados critérios positivos prospectivos de apoio para a DP, que envolvem respostas consideravelmente positivas ou negativas à levodopa, além de assimetria na manifestação dos sintomas típicos da DP (4).

O manejo da DP é centrado na terapia medicamentosa, em especial o uso de Levodopa (considerada padrão-ouro) como estratégia para reposição da dopamina. Entretanto, a longo prazo, a medicação pode apresentar aspectos de toxicidade, ocasionando efeitos adversos, dentre os quais se destaca o surgimento de discinesia e flutuações motoras (1,26). Outra alternativa é o tratamento cirúrgico, representada pela estimulação cerebral profunda (ECP) do núcleo subtalâmico ou do globo pálido interno, para a melhora das flutuações motoras e discinesias não mais responsivas à terapia dopaminérgica ou ocasionadas por ela (23,26). O mecanismo pelo qual a ECP reflete seus efeitos benéficos na DP permanece incerto, mas a literatura fornece indícios de que a desinibição e a superatividade do núcleo subtalâmico, decorrente da depleção da dopamina poderiam ser reduzidas pela técnica (26). Vale ressaltar que a ECP apresenta limitações na sua indicação como: idade do paciente, duração da doença, presença de comorbidades, responsividade à levodopa, além do alto custo e risco inerente ao procedimento cirúrgico que inclui infecções e hemorragias.

Dadas as limitações dos métodos de tratamento farmacológicos e cirúrgicos da DP, surge a busca constante por tratamentos adicionais não-farmacológicos e eficazes, de forma a fornecer atendimento integral às necessidades dos pacientes, entre os quais destaca-se a fisioterapia (5,8–10).

### **3.1.1. Sintomas motores**

Os sintomas motores são, normalmente, os mais reconhecidos e estudados no contexto da DP e o diagnóstico clínico da doença é muitas vezes dependente da presença deste tipo de sintoma (1–3). A bradicinesia é considerada o principal sinal cardinal da DP e corresponde à lentidão generalizada dos movimentos voluntários do indivíduo, podendo ser reconhecida por meio da redução de expressão facial, dificuldade na realização de tarefas de coordenação motora fina (como manuseio de talheres e escrita legível), além da realização de tarefas funcionais como transferências posturais e alterações da marcha (3). O tremor de repouso ocorre com maior frequência nas extremidades superiores e tem como característica a diminuição durante a movimentação do segmento, o que o difere do tremor essencial (3).

A rigidez é verificada clinicamente, caracterizada por resistência muscular involuntária decorrente da tentativa de movimentação passiva do segmento, independentemente da velocidade e direção do movimento (3,5). Este sintoma pode ser identificado clinicamente através do sinal de “cano de chumbo”, em que o indivíduo oferece resistência no início do movimento, o qual diminui em maiores amplitudes, e o sinal de “roda denteada”, que se define pela rigidez mantida durante maior amplitude, cedendo ritmicamente durante o movimento (5). As alterações da marcha são muito recorrentes nos indivíduos com DP e determinam a chamada marcha parkinsoniana, caracterizada pela diminuição da altura e comprimento dos passos e da base de suporte,

a variabilidade no ritmo das passadas, a anteriorização do centro de gravidade em decorrência da postura do tronco em flexão, além da diminuição da dissociação de cinturas e do balanço de membros superiores (10).

A instabilidade postural também se situa entre os principais e mais incapacitantes sintomas motores da DP, o que somado aos demais sinais motores pode acarretar em alterações posturais, dores, aumento do risco de quedas e piora na qualidade de vida dos indivíduos (3,5,10). Alterações de controle postural já podem ser notadas precocemente, mas a instabilidade grave e precoce, associada à história de quedas nos primeiros 5 anos devem levar em consideração outros diagnósticos, como atrofia de múltiplos sistemas ou paralisia supranuclear progressiva (2). A fisiopatologia da instabilidade postural é complexa e envolve diversos fatores intrínsecos, decorrentes dos sinais e sintomas da doença como bradicinesia, rigidez, alterações posturais, deficiência nas reações de endireitamento e na função executiva, além dos fatores ambientais, como barreiras arquitetônicas no domicílio e fora dele . Dentre suas principais causas estão a pobreza e aumento do tempo de resposta postural antecipatória e reativa, decorrentes da bradicinesia, integração somatossensorial deficitária, além das alterações posturais e sensoriais relacionadas à senescência em si (8,27). Em geral, a dificuldade em manter a estabilidade postural está relacionada aos componentes subcorticais do controle motor, e não à deficiência na musculatura axial ou apendicular (27). A instabilidade postural é o principal preditor de risco de quedas na população, uma vez que está associada à perda de equilíbrio, e sua ocorrência leva à perda progressiva da independência e aumento da imobilidade funcional dos indivíduos com DP (22,28). As disfunções do equilíbrio e instabilidade postural costumam ocorrer nos estágios intermediários da DP e se tornaram uma preocupação clínica, uma vez que não são integralmente responsivas ao tratamento dopaminérgico, o que faz com que, ainda

que sob manejo terapêutico adequado, os indivíduos apresentem declínio da função corporal, das atividades de vida diária, participação social e mobilidade (28).

Desta forma, fica claro que os sintomas motores são importantes componentes da sintomatologia da DP e por este motivo já estão bem definidos no espectro da doença. O impacto negativo que recai sobre a qualidade de vida e funcionalidade dos indivíduos é reconhecido na literatura e seu caráter incapacitante faz com que os sintomas motores sejam priorizados no tratamento desta população. Entretanto, é essencial que o tratamento não se limite apenas ao controle destes sintomas e que se elucide que a sintomatologia da doença é muito mais ampla, envolvendo componentes psicológicos, emocionais e autonômicos que igualmente geram impacto negativo na vida dos indivíduos e podem – e devem – ser abordados nas diferentes vertentes terapêuticas destinadas à esta população.

### **3.1.2. Sintomas não motores**

A importância da dopamina e os efeitos de sua depleção no sistema nervoso central (SNC) são evidentes ao se analisar a sintomatologia da DP. Por isso, seu envolvimento na doença tem sido muito estudado ao longo dos anos, o que leva, inclusive, à dependência destes sintomas para a determinação do diagnóstico. No entanto, é essencial levar em consideração que a doença também está associada ao déficit de outros neurotransmissores, que são responsáveis pelo desenvolvimento de outros sintomas motores e dos sintomas não motores (1).

As bases neuroanatômicas e neuroquímicas envolvidas na complexidade do aparecimento dos sintomas não motores na DP ainda não estão bem esclarecidas. Entretanto, estudos do núcleo subtalâmico, o principal alvo da cirurgia cerebral para eletroestimulação profunda na DP, relatam organização topográfica relacionada a *inputs*

das regiões sensório-motora, associativa e límbica dos núcleos da base; e a projeção pálido-subtalâmica é considerada a base anatômica de grande parte das funções não motoras dos núcleos da base (29). As evidências apontam a degeneração neuronal de vias diferenciais e deposição de alfa-sinucleína no SNC, associados aos distúrbios bioquímicos específicos como mecanismos de desenvolvimento dos sintomas não motores mais comuns, como o comprometimento cognitivo, a depressão, a ansiedade ou a disautonomia, mesmo em um estágio motor muito precoce da DP (24). A literatura também mostra que regiões do tronco cerebral como o núcleo pedunculopontino, o locus coeruleus (responsável pela liberação de noradrenalina), e os núcleos serotoninérgicos da rafe são considerados áreas-chave relacionadas à origem das alucinações visuais e do distúrbio comportamental do sono REM na DP (1,29).

Um dos sintomas não motores mais estudados atualmente compreende o declínio cognitivo global, em particular a disfunção executiva e os problemas de memória de trabalho. A função executiva é um conceito amplo que inclui a capacidade de monitorar e processar informações internas e externas, atender a várias tarefas ao mesmo tempo, definir e atingir metas, resolver problemas e regular as demandas ambientais (6).

No que diz respeito à função executiva, sabe-se que pacientes com DP apresentam importante dificuldade na realização de dupla-tarefa (DT), que é a capacidade de realizar associadamente duas ou mais tarefas cognitivas e/ou motoras, de forma efetiva e sem sobreposição de uma em relação à outra. As DT são aprendidas durante a vida e são essenciais para o desempenho funcional em várias atividades da vida diária (7). Entretanto, quando há comprometimento de ao menos um dos componentes (cognitivo ou motor) requeridos para a realização de determinado objetivo, a efetividade da tarefa é comprometida (6,7). A diminuição da capacidade de realização de DT se relaciona com o avanço da idade, de acordo com estudos que

compararam indivíduos idosos saudáveis e adultos jovens. Este fato tem sido atribuído a uma retração da área pré-frontal do cérebro, responsável por um papel significativo em tarefas cognitivas de alto nível, como memória, função executiva e desempenho de DT e ativação durante o processo de aprendizagem de uma nova tarefa motora (7). Esta redução na capacidade executiva tende a ser potencializada ao se considerar a presença de uma doença crônica como a DP, que resulta, em situações de dupla tarefa, na influência ainda mais negativa do uso de recursos corticais para realizar tarefas motoras sobre o desempenho de uma ou de ambas as tarefas (6,7,30). Uma das justificativas para esta influência negativa é que, quando duas tarefas são executadas simultaneamente, uma é realizada conscientemente pelas regiões corticais frontais enquanto a outra é automaticamente controlada pelos núcleos da base, cujas funções estão comprometidas em pacientes com DP, o que leva a disfunção motora, acarretando em erros, redução da velocidade e da amplitude de movimento e perda de qualidade na execução da tarefa (7).

A fadiga também é um sintoma que atinge cerca de metade dos indivíduos com DP, mas sua fisiopatologia ainda não é bem esclarecida (1,31,32). Sua ocorrência tem sido associada ao fluxo sanguíneo anormal no putâmen e na área motora suplementar, além de possíveis lesões serotoninérgicas no estriado ventral, córtex cingulado e amígdala (31). A fadiga pode ser abordada de maneiras diferentes: reconhecida como sintoma motor quando se assume o seu caráter fisiológico (fadigabilidade motora) e não motor ao se levar em consideração a fadiga mental, sendo ambas percebidas pelo indivíduo subjetivamente. Em relação aos demais sintomas da DP, a sensação de fadiga aparece frequentemente relacionada ao comprometimento cognitivo, especialmente à função executiva e à depressão e parece ter associação com pior qualidade de sono noturno (31,32). O tratamento da fadiga ainda é incerto e não há consenso na literatura em

relação à responsividade deste sintoma aos tratamentos medicamentoso e cirúrgico (1,31,32).

Entender os mecanismos relacionados aos sintomas não motores – em especial fadiga e comprometimento da cognição global e funções executivas - é fundamental para minimizar possíveis incidências de depressão, reduzir a ocorrência de consumo de altas doses medicamentosas e facilitar a realização de diagnóstico de disfunções cognitivas de forma precoce (32). A literatura mostra crescente impacto dos sintomas não motores na qualidade de vida dos indivíduos com DP e, apesar disso, estes sintomas ainda são consideravelmente menos explorados nas pesquisas que os motores.

### **3.2. Medidas de avaliação**

Dada a complexidade dos sintomas na DP, tão importante quanto o tratamento oferecido aos pacientes é a avaliação adequada dos desfechos estudados. A correta avaliação norteia o melhor delineamento do protocolo de tratamento a ser aplicado e está, em boa parte, relacionada ao uso de instrumentos confiáveis, eficazes e válidos, com acurácia suficiente para responder questões exploradas na prática clínica e em pesquisa (33).

#### **3.2.1. Plataforma de Força**

O crescente interesse em compreender os mecanismos relativos à instabilidade postural, tanto em indivíduos com DP como em outras populações, levou à criação e popularização de diversos instrumentos para mensuração de componentes motores do controle postural. Dentre os instrumentos existentes e amplamente utilizados, a

plataforma de força é atualmente o padrão ouro, e sua confiabilidade e validade são firmemente consolidados na literatura (14,33).

A plataforma de força é um instrumento de avaliação objetiva do controle postural, caracterizada por uma placa sob a qual estão posicionados sensores de força do tipo célula de carga ou piezelétrico, responsáveis por medir os vetores de força nas direções mediolateral (eixo x), ântero-posterior (eixo y) e vertical (eixo z), bem como os componentes do momento de força (ou torque) (14,15). O tipo de plataforma de força utilizado habitualmente nas avaliações clínicas, pela maior simplicidade e facilidade de uso, é denominado plataforma de três componentes, em que são realizadas medidas apenas do componente vertical da força de reação do solo e as duas coordenadas do centro de pressão (ou os dois momentos de forças nos eixos x e y), através de três ou quatro células de carga (15).

O parâmetro mais comumente utilizado na avaliação pela plataforma de força é o centro de pressão (COP), que representa a localização do ponto do vetor da força de reação vertical do solo, ou ainda, uma média ponderada de todas as pressões sobre a superfície da área em contato com o solo (14,15). Apesar de ser usualmente descrita na literatura como sinônimo de centro de massa (CDM), é necessário que se entenda que, apesar de poderem ser relacionados, se tratam de conceitos bastante diferentes (14). O CDM pode ser definido como um ponto equivalente da massa corporal total no sistema de referência global, portanto uma medida de posicionamento mais abrangente do corpo (15). Na análise do COP, deve ser levado em consideração o ponto em contato com a superfície, neste caso a plataforma de força. Se um pé está no chão, o COP está naquele pé, se ambos os pés estiverem em contato com o solo, o COP líquido fica em algum lugar entre os dois pés, dependendo do peso relativo de cada pé (14). Neste contexto, entende-se que quanto mais estático está o indivíduo no momento da mensuração, maior

a possibilidade de coincidência entre os dois valores, o que representa maior estabilidade postural. Pode-se determinar a influência das estratégias de tornozelo, dorsiflexão e flexão plantar nos valores coletados de COP durante a avaliação, uma vez que o seu deslocamento reflete a orientação de todos os segmentos e respostas corretas que controlam o CDM da base de apoio (14,30). A maior estabilidade desta articulação, aliada aos comandos motores externos, refletem menor variação do COP, inferindo, desta maneira, maior estabilidade postural do indivíduo.

Ainda, a área de COP, parâmetro utilizado no presente trabalho, trata-se do valor total de deslocamento do COP percebida pela plataforma de força durante determinado tempo diante de determinado objetivo ou função (estática ou dinâmica). A posição estática tem sido o assunto de dezenas de trabalhos de pesquisa, juntamente com as suas excursões, nas direções anteroposterior (AP) e mediolateral (ML) (14). Assim, a objetividade do uso da plataforma de força na avaliação da área e demais variações do COP e sua confiabilidade comprovada nas pesquisas científicas respaldam o seu uso em avaliações de estabilidade postural em diversas populações, inclusive em indivíduos com DP.

### ***3.2.2. Trail Making Test***

O declínio cognitivo característico da DP exige constante atenção com a aprendizagem e desenvolvimento neural e executivo dos indivíduos (34). Testes frontais específicos para a avaliação das funções executivas em indivíduos com DP revelam que o desempenho está prejudicado, principalmente nos domínios de planejamento espacial e flexibilidade cognitiva (34,35).

O *Trail Making Test* (TMT) é um dos testes cognitivos mais comumente utilizados na avaliação neuropsicológica (16). O instrumento consiste em duas partes,

TMTA, em que o indivíduo deve conectar em ordem crescente os números dispostos no papel; e TMTB, em que a tarefa é conectar alternadamente números e letras em ordem crescente. O tempo para a realização das tarefas A e B é cronometrado, e é utilizado como a medida para avaliar o desempenho do participante (16,17). O TMT é considerado um teste de busca visual, atenção, flexibilidade mental, função motora e função executiva, sendo amplamente utilizado como um teste sensível para a detecção de vários tipos de danos cerebrais (16,17). Pesquisas mostram que as dificuldades na realização de TMT, com piores resultados, se associam com alterações cognitivas em quase todas as doenças que comprometem a função cerebral (16). A literatura aponta influência da idade e do nível educacional no tempo necessário para completar o TMT, mas ainda não está claro quais aspectos do teste sofrem maior influência destes fatores. Bastante simples, rápido e de fácil aplicação, o TMT é um teste eficiente de rastreio da função executiva.

### **3.3. Tratamento Fisioterápico**

A DP é complexa, assim como a seleção de uma estratégia ótima de tratamento. Medicamentos são a primeira opção de cuidado para os indivíduos com DP, pois buscam corrigir o desequilíbrio de neurotransmissores dentro do circuito de núcleos da base.

Neste contexto, a fisioterapia e outras modalidades de reabilitação, vem mostrando, cada dia mais, sua efetividade no tratamento de pacientes com DP, o que fez com que a *Movement Disorder Society*, no ano 2011, recomendasse o tratamento fisioterápico a partir de evidências provenientes de estudos que foram conduzidos entre os anos de 2000 e 2010 (11).

Por isso, a fisioterapia, em toda a sua abrangência, atua de forma positiva sobre

sintomas motores e não-motores da DP, e deve ser incorporada no tratamento dos indivíduos tão precocemente quanto possível, de maneira sistematizada, bem orientada e supervisionada, a fim de melhorar a sua qualidade de vida, funcionalidade e independência.

### **3.3.1. Fisioterapia Neurofuncional**

Algumas abordagens terapêuticas amplamente aplicadas na fisioterapia neurofuncional para atendimento de pacientes adultos utilizam informações sensoriais e perceptuais para produzir respostas motoras (8). O conceito Bobath é uma das linhas terapêuticas que parte deste princípio, de forma complexa e multidimensional, e se baseia nas respostas do indivíduo, tendo em vista o potencial de plasticidade reconhecido como a base para a aquisição e recuperação de habilidades dentro dos sistemas neural e muscular (13). A literatura ainda não estabelece qual é o melhor método fisioterapêutico para o tratamento dos sintomas da DP, no entanto os estudos apontam a necessidade de se proporcionar grande variedade de estímulos e de se combinar diferentes técnicas e princípios terapêuticos nos protocolos de tratamento dos pacientes (5,10). Na DP, os objetivos dos tratamentos fisioterapêuticos envolvem melhora de postura, transferências, equilíbrio e diminuição de risco de quedas, além de estratégias cognitivas de movimentação, para otimizar a independência, aumentar a segurança, bem estar e qualidade de vida do indivíduo, respeitando sempre o estágio da doença em que este se encontra, bem como as suas individualidades (12,13). Para tanto, dentre os protocolos terapêuticos mais utilizados na fisioterapia neurofuncional estão os que incluem os exercícios de fortalecimento, treino de marcha e de independência funcional, ganho de amplitude de movimento articular e de equilíbrio postural (3,9).

Da mesma forma, ainda não está determinado na literatura a duração das

intervenções e a frequência semanal ideais de realização da fisioterapia. Existem variados protocolos de treinamento de acordo com os sintomas da doença, além de diferentes combinações terapêuticas, buscando efetividade em desfechos distintos (5,12). A literatura aponta que programas de reabilitação que exigem destreza e funcionalidade sensório-motora com ênfase em exercícios que envolvem coordenação, propriocepção, tarefas desafiadoras de equilíbrio, treinamento de marcha com variação de velocidade e tarefas cognitivas também podem ser mais eficazes para aumentar a autonomia, independência e qualidade de vida desses indivíduos (12,13). O caráter progressivo da DP demanda que os resultados das intervenções sejam duradouros, por esta razão também tem se estudado a duração dos efeitos dos tratamentos fisioterapêuticos ofertados, através de estudos longitudinais, incluindo *follow-up* com diferentes intervalos de tempo, em busca de um padrão de seguimento, mas este ainda não pôde ser estabelecido (5).

Apesar de ainda haver pouca evidência acerca da duração dos efeitos da fisioterapia em desfechos funcionais da DP, uma revisão sistemática recente com objetivo de analisar os efeitos a longo prazo da fisioterapia em indivíduos com a doença, mostrou a manutenção dos efeitos de fisioterapia multimodal em variáveis relacionadas à marcha, por até 3 meses após programa supervisionado com duração de 6 semanas (5). Ainda, em indivíduos com diagnóstico recente, a efetividade de um protocolo fisioterapêutico multimodal intensivo de 4 semanas (3 horas de intervenção diária, 5 dias por semana), seguido por mais 4 semanas de treinamento (30 minutos diários, por 4 semanas, totalizando 20 sessões), demonstrou melhora nas atividades de vida diária e nos sintomas motores da doença (scores da UPDRS II e III) após 12 meses de *follow-up* e na quantidade das doses de Levodopa após 24 meses de *follow-up* em relação ao grupo controle, sugerindo um provável efeito neuroprotetor do exercício

supervisionado (5).

Um dos componentes primordiais do tratamento deve ser a especificidade do treinamento, voltando as atividades para as habilidades motoras e/ou cognitivas que se deseja melhorar, tendo em vista a capacidade do indivíduo de compreensão e realização do que é proposto. Dois recentes ensaios clínicos que compararam um protocolo de treinamento de controle postural direcionado e específico com um programa de treinamento baseado em fortalecimento muscular, evidenciaram que o treino específico à tarefa foi mais efetivo que o treino de força muscular nos parâmetros de controle postural e marcha de pacientes com DP medido pela plataforma de força, pelo BESTest e por análise de marcha por vídeos (36,37).

É sabido que os indivíduos com DP utilizam demanda atencional suplementar quando comparados a indivíduos normais durante a execução de DT com perda de eficiência de uma ou ambas as tarefas. Por isso intervenções fisioterapêuticas direcionadas ao controle postural, marcha e prevenção de quedas que utilizam exercícios que desafiam o centro de gravidade e os limites de estabilidade, que exploram diferentes bases de suporte e que utilizam planos estáveis e instáveis para a realização dos exercícios durante tarefas funcionais são de extrema importância (28,30).

Adicionalmente, os protocolos que envolvem exercícios repetitivos e treinamento incremental dependente da velocidade ajudaram a melhorar a amplitude de movimento, resistência, parâmetros de marcha, atividades de alcance funcional e estabilidade postural e a diminuir a taxa de quedas e o medo de cair, com ganhos significativos em qualidade de vida e funcionalidade para os indivíduos (28). Por essa razão, o tratamento fisioterapêutico deve ter especificidade de acordo com o sintoma que se deseja tratar, respeitando a individualidade do paciente e levando em consideração o estadiamento e fenótipo da doença (12,36).

Protocolos terapêuticos devidamente planejados e supervisionados por profissionais capacitados apresentam resultados melhores e mais duradouros. A fisioterapia é um tratamento complementar aos tratamentos farmacológico e cirúrgico, como forma de maximizar as habilidades funcionais, melhorar a qualidade de vida e minimizar as complicações secundárias. Evidências crescentes sugerem que o exercício tem efeitos positivos sobre a qualidade de vida de indivíduos com distúrbios neurodegenerativos, em consequência à melhora das características motoras e não-motoras da DP. Os exercícios podem aumentar a força sináptica e potencializar os circuitos funcionais, assim, além de melhorar os sintomas, a progressão da doença pode ser desacelerada por intermédio da plasticidade cerebral induzida pelo exercício (38).

### **3.3.2. Realidade Aumentada**

A realidade aumentada (RA) é um ramo da Tecnologia de Informação (TI) e pertence ao que se conhece como realidade mista, definida como a conciliação da realidade com a virtualidade (39). Há duas maneiras de se promover a realidade mista, introduzindo objetos reais em ambientes virtuais, a que se denomina virtualidade aumentada, ou adicionando elementos virtuais ao ambiente físico do usuário, caracterizando a RA (18,20,39). A diversificação do volume de informações para o indivíduo, ocasionado pela inserção dos elementos virtuais em seu ambiente, enriquece a sua experiência e facilita a realização dos objetivos propostos pela aplicação (20).

A RA combina elementos virtuais com o ambiente real em tempo real (18). Desta maneira, a sensação do indivíduo é a de permanência no seu próprio ambiente, que é enriquecido por estes elementos gráficos com os quais ele irá interagir, em vez de o indivíduo ser transportado para o ambiente virtual como um personagem, que é o

propósito de outras tecnologias semelhantes (18,19). A interação do usuário com a RA pode acontecer por meio do uso de marcadores impressos que, diante de uma webcam reproduzem os elementos gráficos na tela do usuário, ou através de dispositivos mais sofisticados como óculos, e capacetes ou ainda diretamente com o uso de *softwares* específicos, que reconhecem os usuários, promovendo a interação (19,20).

De acordo com o modo de interação usuário-aplicação, a RA pode ser classificada da seguinte maneira (20):

- Sistema de Visão Ótica Direta (*Optical See-Through Head Mounted Displays – HDMI*), que utiliza óculos ou capacetes com lentes para possibilitar a visão dos elementos gráficos, além de captar as imagens do ambiente físico do indivíduo. Entre as vantagens desta técnica está uma interação segura, sem necessidade de interposição de outros dispositivos tecnológicos e maior liberdade e sensação de realismo.
- Sistema de Visão por Vídeo Baseado em Monitor (*Monitor-Based Augmented Reality*), em que a interação se faz por meio do uso de *webcam*, que capta as imagens reais que são acrescidas dos elementos gráficos pré-programados, de modo que os resultados são apresentados em um monitor.
- Sistema de Visão Direta por Vídeo (*Video See-Through HDM*), em que são usados capacetes com micro câmeras de vídeo. As imagens do ambiente captadas e os elementos gráficos a elas associados são reproduzidos diretamente aos olhos do indivíduo em pequenos monitores aplicados a este capacete.
- Sistema de Visão Ótica por Projeção (*Projector-Based Augmented Reality*), em que os objetos virtuais são inseridos no ambiente físico e o indivíduo os visualiza sem necessidade de auxílio de dispositivos tecnológicos. Oferece grande grau de liberdade ao usuário, mas sofre importante interferência

ambiental, por necessitar de superfície de projeção ideal.

Muitas informações podem ser coletadas dos indivíduos e disponibilizadas como, por exemplo, associar a tecnologia dos dispositivos a sistemas de GPS para localização em tempo real do usuário, o que enriquece a interação com a tecnologia ou mesmo com outros usuários (40).

A aplicação da RA no contexto da fisioterapia neurofuncional cresce juntamente com o aprimoramento e diversificação da tecnologia. A literatura mostra adaptações em RA de protocolos fisioterapêuticos já reconhecidos na pesquisa e na prática clínica, como a terapia do espelho, com melhora na realização de tarefas (41). Em outro estudo, a tecnologia é comparada a tratamentos convencionais em protocolos longitudinais com objetivo de melhorar aspectos funcionais de indivíduos, observando como resultado semelhança estatística entre as modalidades de intervenção, o que é apontado como ponto positivo, enaltecendo o uso de *feedback* virtual como complemento à prática clínica convencional (42). Estudos que abordem especificamente indivíduos com DP ainda não foram estabelecidos na literatura.

A RA é uma tecnologia em evolução constante e ascendente. A popularização de dispositivos eletrônicos que possibilitam a sua execução em tempo real tem contribuído diretamente para o aumento do alcance da mesma em diversos setores, mesmo com limitações impostas, por exemplo, pela velocidade de transmissão de dados via internet (19). Desta forma, esta é uma tecnologia promissora e importante, não apenas para interação social, recreação e desenvolvimento profissional, mas para complemento de serviços prestados às pessoas nas mais diversas áreas do conhecimento, inclusive na área da saúde, em especial à fisioterapia.

### 3.3.3. Realidade Virtual

A realidade virtual (RV), assim como a RA, trata-se de um ramo da TI. Na RV, os usuários podem interagir (em geral como personagem) com uma cena em três dimensões geradas por um computador durante execução de uma determinada tarefa, permitindo e proporcionando maior *feedback* visual, sensorial e auditivo (21).

O uso de jogos de RV – bem como de outras TI – pode enfatizar e melhorar a integração do indivíduo e estimular atividades cotidianas, proporcionando assim melhor desempenho das funções sensoriais, motoras e cognitivas. Além disso, a motivação é um fator chave para adesão a longo prazo dos pacientes nos programas de reabilitação, e para o sucesso destes programas, principalmente no que se refere à intervenção em pacientes com doenças neurodegenerativas, devido ao seu caráter prolongado. Baseado nisso, os jogos asseguram estimular e motivar os indivíduos em sua própria recuperação (21,43). Os contínuos avanços na tecnologia de RV, juntamente com a redução de custos, tem apoiado o desenvolvimento de sistemas com maior acessibilidade e utilidade, destinados a mudanças nos domínios físico, psicológico e cognitivo. Devido à sua popularização, seu uso é lúdico, envolvente e agradável (43). Possui baixo custo, pode ser usado com pacientes que vivem em áreas mais remotas, aumentando a adesão à atividade física (44).

Recentemente, a RV foi proposta como uma ferramenta promissora para o treinamento de controle postural para pacientes idosos e neurológicos, mas seus efeitos terapêuticos em pacientes com DP ainda não foram estabelecidos (45). Por isso, a pesquisa a respeito do uso de tecnologia, incluindo *softwares* de RV na reabilitação neurofuncional está aumentando potencialmente (44).

Há evidências de que os indivíduos com DP poderiam se beneficiar das condições de treinamento de equilíbrio oferecidas pelos jogos de RV, como

deslocamento de peso, *stepping* simétrico e exploração dos limites de estabilidade, assim como o alto número de repetições e variabilidade em um ambiente complexo e motivador, que fornece *feedback* visual e auditivo e reforço positivo em tempo real (44,45). Tendo em vista que a instabilidade postural, juntamente com a perda dos reflexos posturais, é um dos principais e mais incapacitantes sinais da DP, ressalta-se a importância de estudos que abordem um programa de fisioterapia baseado no uso da RV, a qual pode melhorar o equilíbrio estático e dinâmico, a mobilidade e as habilidades funcionais dos pacientes (46).

As terapias com RV não envolvem tarefas apenas motoras, mas tem importante impacto sobre sintomas não-motores da DP. O jogador é incentivado a atingir metas e superar limites durante os jogos, e o *feedback* imediato fornecido sobre o seu desempenho é estimulante para os usuários (44). Assim, a RV poderia ser usada como outra ferramenta para prevenir ou retardar o ritmo das perdas funcionais e melhorar a qualidade de vida dos pacientes com DP (44). Além disso, devido à complexidade das tarefas que envolvem estimulação cognitiva e habilidades motoras, a RV poderia promover melhor integração das habilidades motoras e cognitivas que poderiam contribuir para aumentar a independência na vida diária dos indivíduos (45).

O uso das tecnologias está se tornando mais popular e a sua disseminação pode ser altamente benéfica para os serviços de saúde. A fisioterapia neurofuncional também pode se beneficiar destes avanços e oferecer aos pacientes uma gama de recursos cada vez maior, o que permitirá ampliar a abrangência e ao mesmo tempo a especificidade dos tratamentos. Na DP estes recursos são especialmente importantes, uma vez que são capazes de atender à complexidade dos sinais e sintomas característicos da doença, contribuindo diretamente para a melhora da funcionalidade, independência, qualidade de vida e bem-estar dos indivíduos.

#### 4. ARTIGO

Será submetido na Revista *Physiotherapy Theory and Practice* (Normas em ANEXO A)

Qualis da Capes na área 21: A2

Fator de Impacto: 1.129

**Título: Efeito Imediato da Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Fisioterapia Neurofuncional no Controle postural e Cognição de Indivíduos com Doença de Parkinson: Ensaio Clínico Aleatório**

**Autores:** Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo<sup>1</sup>, Rogério José de Souza<sup>1</sup>, Tais Caroline Oliveira da Silva<sup>1</sup>, Tawany Sanches Nascimento<sup>1</sup>, Marcelle Brandão Terra<sup>1</sup>, Suhaila Mahmoud Smaili<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Fisioterapia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil.

**Financiamento:** O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

**Autor Correspondente:** Suhaila Mahmoud Smaili, Departamento de Fisioterapia da Universidade Estadual de Londrina, Avenida Robert Koch, n 60, Vila Operária, Londrina, Paraná, Brasil, CEP 86038-350. Tel. (43)3371-2320. E-mail: suhaila@uel.br.

## **Efeito Imediato da Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Fisioterapia Neurofuncional no Controle Postural e Cognição de Indivíduos com Doença de Parkinson: Ensaio Clínico Aleatório**

Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo, Rogério José de Souza, Tais Caroline Oliveira da Silva, Tawany Sanches Nascimento, Marcelle Brandão Terra, Suhaila Mahmoud Smaili

### **RESUMO**

**INTRODUÇÃO:** A fisioterapia neurofuncional (FN) é parte imprescindível no tratamento da doença de Parkinson (DP). Aliadas ao tratamento da FN, a realidade aumentada (RA) e a realidade virtual (RV) são tecnologias promissoras que podem ser utilizadas como recursos terapêuticos e lúdicos para aprimorar a efetividade da FN e servir como diversificação das terapias. **OBJETIVOS:** Avaliar o efeito imediato da RA, RV e FN no controle postural e cognição de indivíduos com DP. **MÉTODOS:** Ensaio clínico aleatório, *cross-over*, cego, composto por 40 indivíduos com estágio leve a moderado da DP, sem déficit cognitivo, que foram submetidos a uma única sessão de FN, uma sessão de RA e uma de RV com 50 minutos de duração cada, em um intervalo de 7 dias, entre elas. As avaliações do controle postural foram realizadas antes e após cada intervenção, pela plataforma de força nas posições bipodal, tandem olhos abertos (OA), tandem olhos fechados (OF), tandem dupla tarefa (DT) associado ao *Stroop test* e unipodal. Foram registradas as variáveis: área do Centro de Oscilação de Pressão (COP), amplitude e velocidade de deslocamento anteroposterior (AP) e mediolateral (ML). A cognição foi avaliada pelo *Trail Making Test* (TMT) partes A e B. **RESULTADOS:** Na comparação entre os momentos pré e pós intervenção, houve melhora do controle postural em razão da diminuição da velocidade AP e ML nas

posições em tandem e unipodal, nas três modalidades empregadas, além do aumento no tempo de permanência na posição unipodal na RA. Piora na amplitude de deslocamento ML ocorreu apenas posição em tandem DT, na modalidade RV. Não houve diferença na Área do COP e o tempo de execução do TMTA diminuiu após RA e de TMTB diminuiu após as três modalidades, sem diferenças entre as intervenções. Na comparação entre as modalidades, não houve diferença estatisticamente significativa para nenhuma das variáveis estudadas, com exceção para o tempo de permanência na plataforma na posição unipodal, com valor maior na modalidade RA. **CONCLUSÃO:** Foi observado efeito imediato, com melhora no controle postural e cognição, nas três modalidades de tratamento aplicadas, quando considerado o efeito tempo. Em adição, não houve diferença entre as modalidades de tratamento RA, RV e FN, não havendo superioridade entre elas.

**Palavras-chave:** Doença de Parkinson, Realidade Virtual, Modalidades de Fisioterapia, Equilíbrio Postural, Cognição, Teste de Stroop.

**Immediate effect of the virtual and augmented reality and neurofunctional physiotherapy on postural control and cognition in individuals with Parkinson's disease: a randomized clinical trial**

Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo, Rogério José de Souza, Tais Caroline Oliveira da Silva, Tawany Sanches Nascimento, Suhaila Mahmoud Smaili

**ABSTRACT**

**BACKGROUND:** Neurofunctional Physiotherapy (NP) is an indispensable part in treatment of Parkinson's disease (PD). Allied with the NP treatment, the augmented reality (AR) and virtual reality (VR) are promising technologies which can be used as a therapeutic and recreational resources to improve the NP effectivity and also can serve as therapies diversification. **AIM:** To evaluate the immediate effect of AR, VR and NP in postural control and cognition of individuals with PD. **METHODS:** Randomized, crossover, blind clinic trial, composed by 40 individuals in light to moderate PD stages, with no cognitive deficit, who were submitted to one only session of NP, one session of AR and one session on VR for 50 minutes each one, whit a 7-days interval between them. Postural control was evaluated before and after each therapy, using force platform in positions bipodal; tandem with eyes opened (EO), tandem with eyes closed (EC); tandem with double-task (DT) associated with Stroop test and one-legged. It was registered the variables: center of pressure (COP) area, anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) displacement amplitude and velocity. Cognition was evaluated by Trail Making Test (TMT) parts A and B. **RESULTS:** In comparison between pre and post intervention moments, there were improvement in postural control in reason of the decrease in AP and ML velocity in tandem and one-legged positions in the three

modalities used, as well as the increase of permanence time in one legged position in AR. A worsening in ML displacement amplitude occurred only in tandem DT after VR. There were no differences in COP area, and TMTA's execution time decreased after AR, and TMTB's execution time decreased after the three therapeutic modalities, with no differences between the interventions. In the comparison between the modalities there was significative difference only in parameter time in one-legged position, with better value to AR. **CONCLUSION:** It was observed immediate effect, with improvement in postural control and cognition, in the three treatment modalities applied, considering time effect. In addition, there was no difference between the treatment modalities AR, VR and NP, there being no superiority between them.

**Keywords:** Parkinson, virtual reality, physiotherapy modalities, balance, cognition, Stroop test.

## **Introdução**

No espectro clínico da doença de Parkinson (DP) observa-se sintomas motores como bradicinesia, tremor, rigidez muscular e instabilidade postural, que representa o principal fator de risco para quedas e redução da qualidade de vida dos pacientes (1,2). Além disso, sintomas não motores como alterações cognitivas, emocionais, psicossociais e fadiga podem ocorrer ao longo do desenvolvimento da doença (2–5).

Estudos têm examinado a relação entre DP e controle postural e, ainda, a influência da cognição no controle postural efetivo. Como exemplos, o estudo Pal e colaboradores evidenciou forte correlação entre a cognição global e o controle postural em indivíduos acometidos pela doença (6) e o estudo de Fernandes e colaboradores concluiu que a performance cognitiva é um preditor de déficit de equilíbrio nestes indivíduos (7).

Devido à complexidade da DP, a seleção de uma estratégia ótima de tratamento se mostra uma tarefa desafiadora. Medicamentos são a primeira opção terapêutica para o controle desta doença, pois buscam corrigir o desequilíbrio de neurotransmissores dentro do circuito dos núcleos da base, além da opção de intervenção cirúrgica em casos onde há indicação para o procedimento (8–10). As limitações de ambos os tipos de tratamentos demandam uma busca constante por tratamentos adjuntos não-farmacológicos e efetivos, de forma a fornecer atendimento integral às necessidades dos pacientes, entre os quais destaca-se a fisioterapia (3–5,11).

Por se tratar de uma doença crônica, a avaliação minuciosa do paciente é imprescindível para direcionar o tratamento e para monitorar a progressão da DP. Por isso, ferramentas de avaliação objetivas e com acurácia devem ser utilizadas para analisar o comprometimento do controle postural e sua resposta após a aplicação de diferentes abordagens de tratamento (11–13).

Os benefícios da fisioterapia no controle postural estão bem estabelecidos na DP (11,14), entretanto novas abordagens de tratamento, como as de base na tecnologia, têm crescido e surgem como opções terapêuticas adicionais com intuito de minimizar a rotina habitual de tratamento. Entre elas, estão a realidade aumentada (RA), em que o ambiente real (físico) do usuário é complementado por elementos virtuais com os quais ele poderá interagir diretamente, acompanhando em tempo real o seu desempenho na tela do computador (15,16). Outra opção de tecnologia é a realidade virtual (RV), em que o indivíduo é transportado como um personagem para um ambiente virtual, com o qual ele irá interagir de forma mais indireta por meio de consoles, óculos, plataformas ou controles manuais para a execução de uma determinada tarefa (17,18). As duas modalidades têm em comum a capacidade de permitir e proporcionar maior feedback visual, sensorial e auditivo durante a prática terapêutica (15–18).

Vários estudos têm avaliado o efeito imediato de intervenções fisioterapêuticas, como eletroestimulação transcraniana por corrente contínua e corrente pulsada, treino de marcha e equilíbrio e exercícios aeróbicos, sobre desfechos motores e não motores de doenças neurológicas como a DP (19–24). Esta análise subsidia informações de determinada intervenção sobre desfechos específicos em uma população que se deseja estudar e pode ser útil para dimensionar a diferença que o número de intervenções pode representar nestes desfechos e estruturar estratégias de tratamento mais prolongadas, como os ensaios clínicos, que demandam maior gerenciamento de tempo e recursos. Em resumo, as informações obtidas por meio de estudos com este delineamento representam entendimentos preliminares sobre a intervenção, o desfecho e/ou a população.

Em seu estudo recente, Bryant e colaboradores utilizaram um mesmo protocolo de treino de equilíbrio e marcha em esteira para analisar tanto o efeito de uma única

sessão quanto após um protocolo de 8 semanas sobre indivíduos com DP, e perceberam que ainda que os melhores resultados em ambos os desfechos tenham sido percebidos a partir da 6ª semana de intervenção, uma única sessão foi suficiente para melhorar o comprimento da passada para frente, para trás e para os lados nestes indivíduos (19). O estudo de Kim e colaboradores concluiu, após uma única sessão de 20 minutos com RV, que os indivíduos idosos saudáveis e com DP podem se beneficiar do uso da RV não imersiva e que o recurso é seguro para o treinamento de marcha destes indivíduos (25).

Como o uso das tecnologias está se popularizando e a sua disseminação pode ser altamente benéfica para os serviços de saúde, se faz necessário entender se a efetividade delas se assemelha aos benefícios da fisioterapia já descritos na literatura. Diante disto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito imediato do uso da realidade virtual, realidade aumentada e fisioterapia neurofuncional no controle postural e cognição de indivíduos com DP.

## **Materiais e Métodos**

### **Desenho do estudo**

Este ensaio clínico aleatório, *crossover*, cego, foi realizado no período de março de 2017 a julho de 2018, na Universidade Estadual de Londrina (UEL), conduzido de acordo com os padrões estabelecidos pelo CONSORT-Statement (26).

### **Randomização**

A sequência de intervenção a que os indivíduos com DP foram submetidos foi aleatorizada por um pesquisador independente, por randomização em bloco, por meio

do site [www.sealedenvelope.com](http://www.sealedenvelope.com). Cada paciente retirou um envelope (idênticos, opacos e selados), com identificações da sequência da intervenção constando as opções: fisioterapia neurofuncional (FN), realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV). Os envelopes foram abertos apenas na presença dos fisioterapeutas que supervisionaram as intervenções para que os pacientes fossem submetidos à sequência definida pelo processo de randomização, uma vez que todos os participantes foram submetidos às três intervenções (*crossover*), com intervalo de 7 dias entre elas. Optou-se pela randomização da sequência de intervenção para minimização do efeito aprendido. Os pesquisadores envolvidos com o processo de avaliação foram cegos em relação às condições de tratamento.

### **Participantes e recrutamento**

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da UEL sob parecer 2.289.247, registrado e aprovado pelo Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (REBEC) sob número RBR-5r5dhf. Todos os indivíduos envolvidos na pesquisa foram informados sobre os procedimentos e finalidades do estudo e consentiram em participar do mesmo com posterior assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

O cálculo do tamanho amostral foi realizado pelo programa GPower 3.1 e baseado no controle postural (área do COP) que foi utilizado como desfecho primário. De acordo com estudo de Santos *et al.* 2017 (14), foi considerado um desvio-padrão de 4,5cm<sup>2</sup> e a média de melhora -5,5cm<sup>2</sup> com nível de significância de 5% e poder de 80%, o que resultou em 36 pacientes. Em função das possíveis perdas amostrais, o recrutamento foi finalizado com 40 indivíduos. Esses indivíduos foram recrutados do

Ambulatório Médico de Neurologia do Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Londrina e do Ambulatório de Fisioterapia Especializado em Doença de Parkinson. O fluxograma do estudo está registrado na Figura 1.

Inicialmente foi realizada triagem com perguntas padronizadas acerca do diagnóstico da DP, medicações em uso, independência para marcha e para as atividades de vida diária. Deste modo, foram incluídos no estudo indivíduos com diagnóstico médico de DP idiopática de acordo com os parâmetros do Banco de Cérebro de Londres, com idade acima de 40 anos, classificados entre os estágios de 1,5 a 3 na Escala de estadiamento de Hoehn & Yahr modificada (27), independentes para marcha e que não apresentassem comprometimento cognitivo de acordo com a pontuação estabelecida por Bertolucci *et al.* no Mini Exame do Estado Mental (MEEM < 24 pontos) (28).

Foram excluídos indivíduos que apresentaram outras doenças neurológicas, musculoesqueléticas, distúrbios associados ou daltonismo que pudessem interferir no processo de avaliação ou intervenção. Indivíduos que faltaram ou que não conseguiram completar a sequência da intervenção (entre FN, RA e RV) ou que sofressem alteração da medicação dopaminérgica durante o período de estudo foram considerados como perdas.

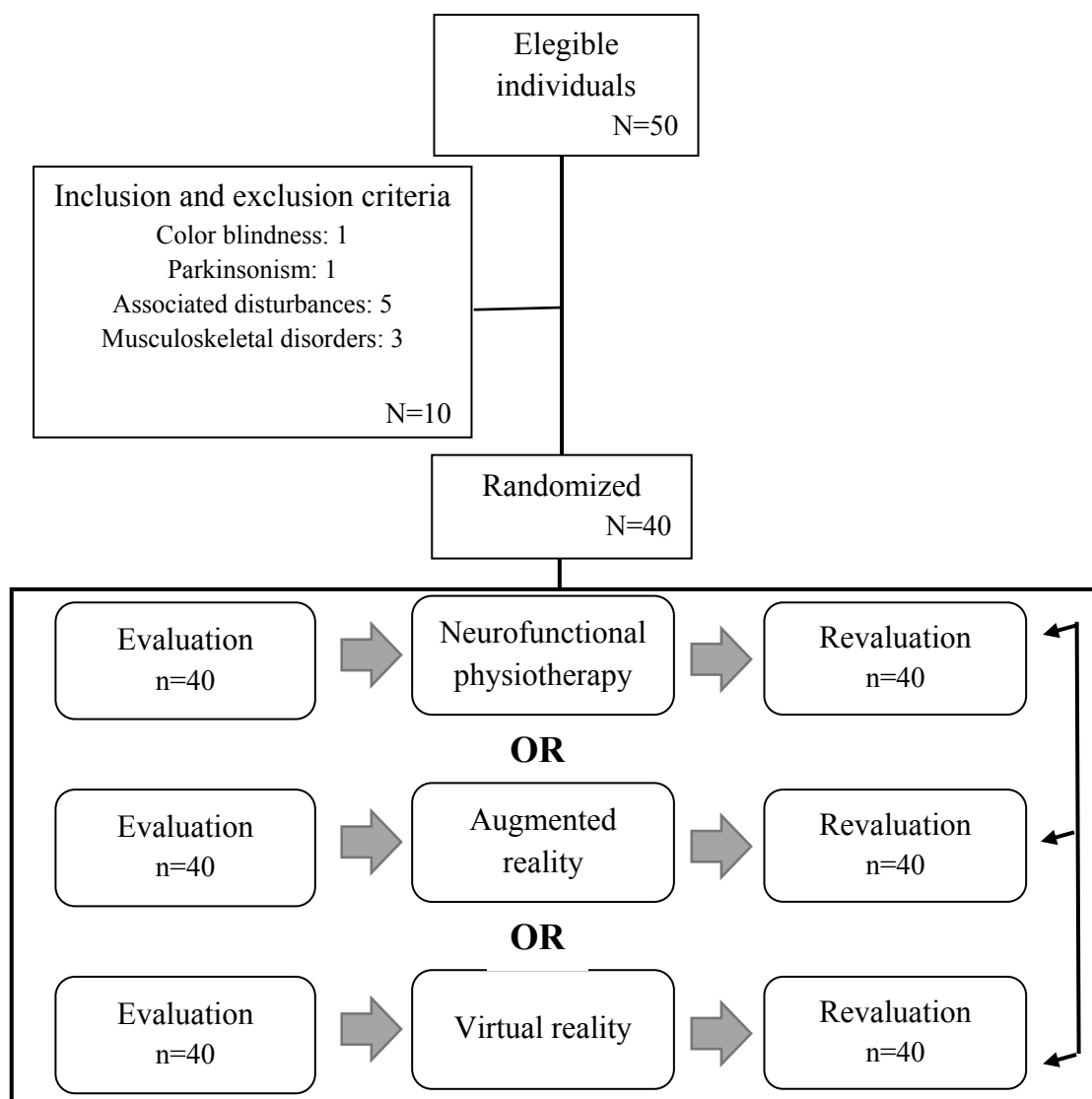


Figura 1 – Fluxograma dos participantes no estudo

### Procedimentos de avaliação (desfechos)

As avaliações foram realizadas sempre pelo mesmo avaliador, cego para a intervenção, com os pacientes no estágio “on” da medicação e no mesmo horário. Todas as coletas ocorreram no Centro de Pesquisa e Pós-Graduação em Saúde (CEPPOS) do Centro de Ciências da Saúde (CCS), no Hospital Universitário Regional do Norte do Paraná (HURNP), da Universidade Estadual de Londrina.

No primeiro dia foram coletados os dados demográficos – idade, massa corporal, estatura, Índice de Massa do Corpo (IMC), escolaridade e tempo de diagnóstico; além da avaliação da cognição por meio MEEM (28), e da severidade da doença utilizando a Escala Unificada para a Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS) (29) e a Escala de Hoehn & Yahr modificada (27).

No segundo dia, os pacientes foram avaliados pelos seguintes testes e instrumentos:

**Trail Making Test (TMT)** – utilizado para avaliar a velocidade do processamento cognitivo e de funções executivas como alternância e flexibilidade, controle inibitório, memória de trabalho e atenção. O teste é composto por duas partes: Parte A (TMTA) que consiste em conectar os números (de 1 a 25) em ordem crescente e a parte B (TMTB) que consiste em conectar os números (de 1 a 12) e as letras (de A a L) também em ordem crescente. O teste é cronometrado em segundos e é dado um tempo limite de 5 minutos para sua conclusão (30).

**Plataforma de Força** – representa o instrumento padrão ouro para avaliação do controle postural. Foi utilizada a plataforma BIOMECH 400 – EMG System do Brasil, SP, Ltda) e foram adotadas as posições bipodal com olhos abertos (OA), tandem OA, tandem com olhos fechados (OF), tandem com dupla tarefa (DT) e apoio unipodal com olhos abertos (OA). Os pacientes foram previamente familiarizados com o equipamento e com o protocolo até se sentirem confortáveis com os testes aplicados. Cada tarefa foi realizada duas vezes por 30 segundos e, para análise, foi obtida a médias das tentativas. Para evitar possível fadiga houve um tempo de 30 segundos de repouso entre as tentativas. Para realização das tarefas em tandem e unipodal, foi escolhido como apoio o membro inferior mais acometido pela doença, por meio de auto relato do paciente, o qual foi mantido na reavaliação. Os pacientes foram orientados a manter 30 segundos

em todos os testes sem mudar a base de suporte. Em cada posição foram analisados os seguintes parâmetros: tempo de permanência nas posições avaliadas em segundos, área do centro de pressão dos pés em  $\text{cm}^2$  (COP), amplitude de deslocamento anteroposterior (AP) e mediolateral (ML) em cm e velocidade de deslocamento AP e ML em  $\text{cm/s}$  (31). O protocolo de posicionamento dos pacientes sobre a plataforma de força está registrado na Figura 2.

**Stroop test:** componente cognitivo usado na posição tandem DT, é um teste amplamente utilizado para avaliação da atenção seletiva e aspectos de funções executivas. Consistiu em um pôster afixado a 2 metros à frente do indivíduo composto por palavras de nomes de cores impressas em cores diferentes, onde o paciente deve nomear a cor impressa e não ler a palavra escrita. O número de acertos foi registrado (32).

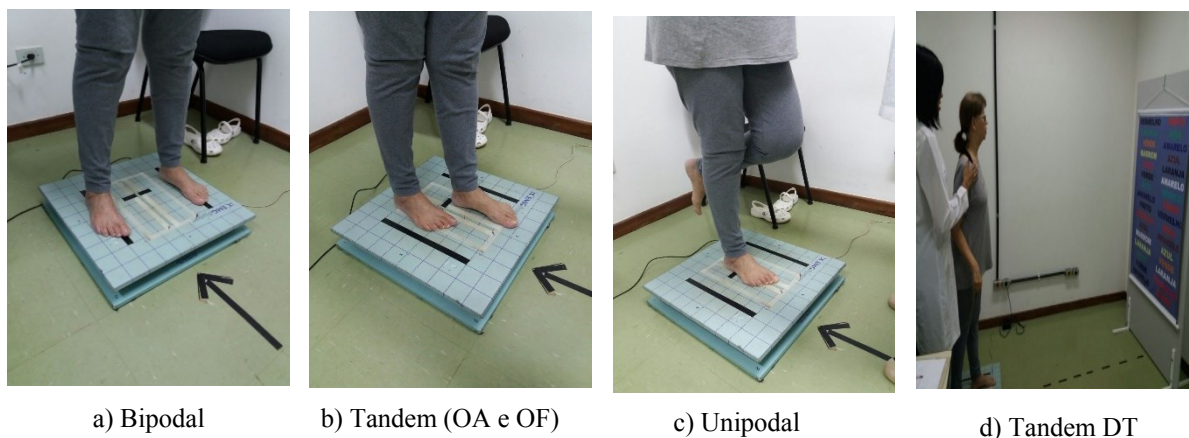


Figura 2 – Posicionamento dos pacientes em relação à plataforma de força durante avaliação do controle postural. a) bipodal: pés paralelos, com distância de 20 cm entre eles, centralizado no sentido anteroposterior; b) tandem: pé mais comprometido atrás, com distância de 10 cm entre eles, com o calcanhar do pé da frente e a base do hálux do pé de trás a 5 cm atrás da linha horizontal central da plataforma; c) unipodal: pé mais comprometido no apoio, posicionado no centro da plataforma; d) idem posição B com banner afixado a 2 m da plataforma para realização do *Stroop test*.

Imediatamente após a avaliação, os pacientes foram submetidos individualmente à intervenção (FN ou RA ou RV) e, após descanso de 10 minutos da conclusão da intervenção, foram resubmetidos aos procedimentos de avaliação da cognição e controle postural descritos. Essas etapas se repetiram por mais dois momentos: após uma

semana, os pacientes retornaram para a segunda intervenção e, após mais uma semana, retornaram para a terceira intervenção (de acordo com a sequência da randomização das intervenções). Na segunda e terceira intervenção, todos os procedimentos de avaliação pré e pós-intervenção foram repetidos.

### **Protocolos de intervenção**

O programa de intervenção constou de 3 intervenções, com modalidades distintas: 1) fisioterapia neurofuncional, 2) realidade aumentada e 3) realidade virtual. Foi aplicada uma única sessão de cada, com uma semana de intervalo entre elas, com duração de 50 minutos cada, diretamente supervisionada e realizada de forma individual. Para cada modalidade de intervenção relacionada acima, um fisioterapeuta treinado aplicou a mesma terapia para todos os pacientes.

### **Fisioterapia Neurofuncional**

A terapia foi realizada com base em princípios integrados de controle postural: equilíbrio, integração sensorial, coordenação motora, limites de estabilidade, mobilidade/agilidade, ajustes posturais antecipatórios e compensatórios e independência funcional. Foram utilizados como recursos: superfície instável (espuma), bola dente de leite, bola Bobath, step e cama elástica. O protocolo fisioterapêutico aplicado neste estudo teve duração de 50 minutos e foi baseado em um ensaio clínico aleatório, o qual se mostrou benéfico no desfecho controle postural com ampla aplicabilidade clínica (14). Exemplos dos exercícios adotados durante o treinamento baseado em FN estão registrados na figura 3.

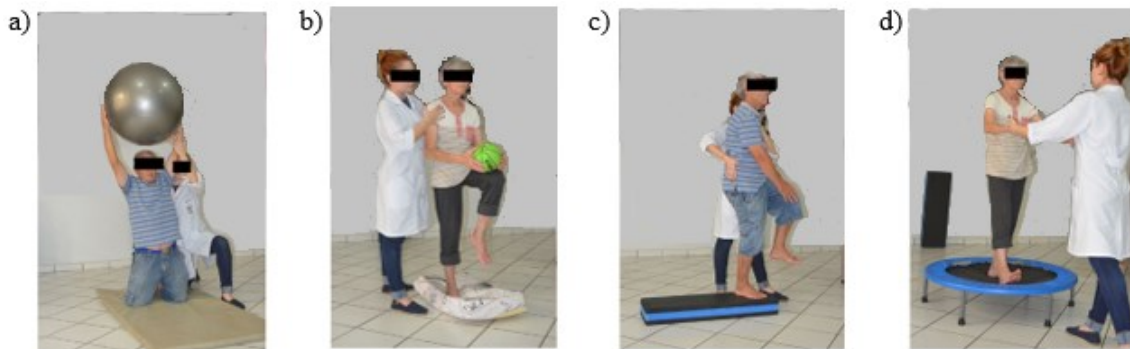


Figura 3 – Exercícios de controle postural com fisioterapia neurofuncional: a) exercício de passagem de sentado nos calcanhares para ajoelhado associado à flexão de ombros segurando bola Bobath; b) exercício de transição da postura de tandem para unipodal sobre superfície instável (espuma), associada à atividade de membros superiores com bola dente de leite; c) exercício utilizando apoio unipodal sobre estepe, coordenando movimentos de membros superiores; d) exercício na posição de tandem na cama elástica, estimulando transferência de peso no sentido anteroposterior.

### Realidade Aumentada

O *software* livre WebCamMania, utilizado nesta intervenção, está disponibilizado pelos criadores no website [www.webcammania.com](http://www.webcammania.com). Os participantes foram posicionados a uma distância de 2,5m à frente da webcam que capturava as suas imagens e as imagens do ambiente. O resultado da interação entre o ambiente real e os elementos virtuais (*feedback* visual), capturados pela webcam foi projetado em uma parede branca e lisa, situada 3 metros à frente do paciente. Desta forma eles eram livres para criar estratégias para alcançar os objetivos dos jogos e se movimentar pela área do laboratório, desde que fosse possível serem vistos pela câmera. Dentre os jogos disponíveis para uso, foram selecionados 9 jogos para o protocolo: 1) *WipeOff*, 2) *Bubbles*, 3) *Mirror*, 4) *Monsoon*, 5) *Dodgball*, 6) *Seesaw1*, 7) *Seesaw2*, 8) *Goalie* e 9) *Snowcastle*, que melhor atenderam aos objetivos terapêuticos. Para cada jogo foram executadas pelos participantes 3 partidas com duração de 1 minuto cada (total = 27 minutos), respeitando um intervalo de 2 minutos para descanso entre os jogos (que foram aproveitados para demonstração, pelo terapeuta, do próximo jogo a ser executado (total = 18 minutos) e ao final dos jogos foi realizado alongamento passivo com duração de 5 minutos, totalizando 50 minutos de intervenção. Os objetivos buscados com a

intervenção incluíram: estimular a movimentação ativa livre de membros superiores e inferiores; estimular o controle postural e equilíbrio estático e dinâmico; promover melhora na realização de atividades de vida diária (AVD); melhorar os padrões de marcha; reduzir indicadores de risco de queda e estimular os aspectos cognitivos. Os jogos utilizados na modalidade RA estão demonstrados na figura 4.



Figura 4 – Jogos utilizados em protocolo de treinamento fisioterapêutico para controle postural baseado em realidade aumentada: a) treino de marcha livre em associação à movimentação de membros superiores com objetivo de limpar a tela; b) treino de movimentação livre de membros superiores e inferiores e marcha lateral, associada a tarefa cognitiva, com objetivo de estourar as bolas verdes sem tocar as vermelhas; c) treino de deslocamento, marcha e movimentação de membros superiores e inferiores associado a tarefa cognitiva, com objetivo de estourar apenas bolas verdes em posições aleatórias na tela; d) treino de deslocamento e limite de estabilidade, associado a tarefa cognitiva, com objetivo de estourar as bolas verdes desviando das vermelhas provenientes da parte superior da tela; e) idem ao jogo d, com as bolas provenientes das laterais da tela; f) treino de deslocamento e marcha lateral associado a tarefa cognitiva com o objetivo de equilibrar a gangorra de acordo com o peso que é adicionado pelos elementos de forma aleatória; g) idem ao jogo f, com treino de marcha anteroposterior; h) treino de deslocamento e limites de estabilidade, associados a alcance de membro superiores e tarefa cognitiva com objetivo de evitar que as bolas entrem no gol (ambos virtuais); e i) treino de limites de estabilidade e alcance de membros superiores associado a tarefa cognitiva com objetivo de afastar as bolas de neve vindas de direções aleatórias.

## **Realidade Virtual**

A intervenção consistiu na utilização do *software* Wii Fit Plus, próprio do console Nintendo® Wii, além de controles manuais e a *Balance Board*, que é a plataforma própria do console, para interação dos indivíduos com a tecnologia. A *balance board* foi posicionada à 2 m do monitor, onde eram apresentados os personagens que representavam os pacientes e o cenário em que as tarefas eram realizadas. Dentre os jogos disponíveis foram selecionados 5 jogos, de acordo com os objetivos estabelecidos: 1) *Perfect 10*, 2) *Penguin Slide*, 3) *Table Tilt*, 4) *Rhythim Parade* e 5) *Basic step*. Cada jogo teve duração de 8 minutos, que somados ao tempo de intervalo de 2 minutos para descanso entre os jogos (que foram aproveitados para demonstração, pelo terapeuta, do próximo jogo a ser executado), totalizaram 50 minutos de intervenção. Os objetivos buscados com a intervenção foram os mesmos acima descritos para a RA. Na figura 5 estão demonstrados os jogos selecionados para a realização do protocolo de RV.

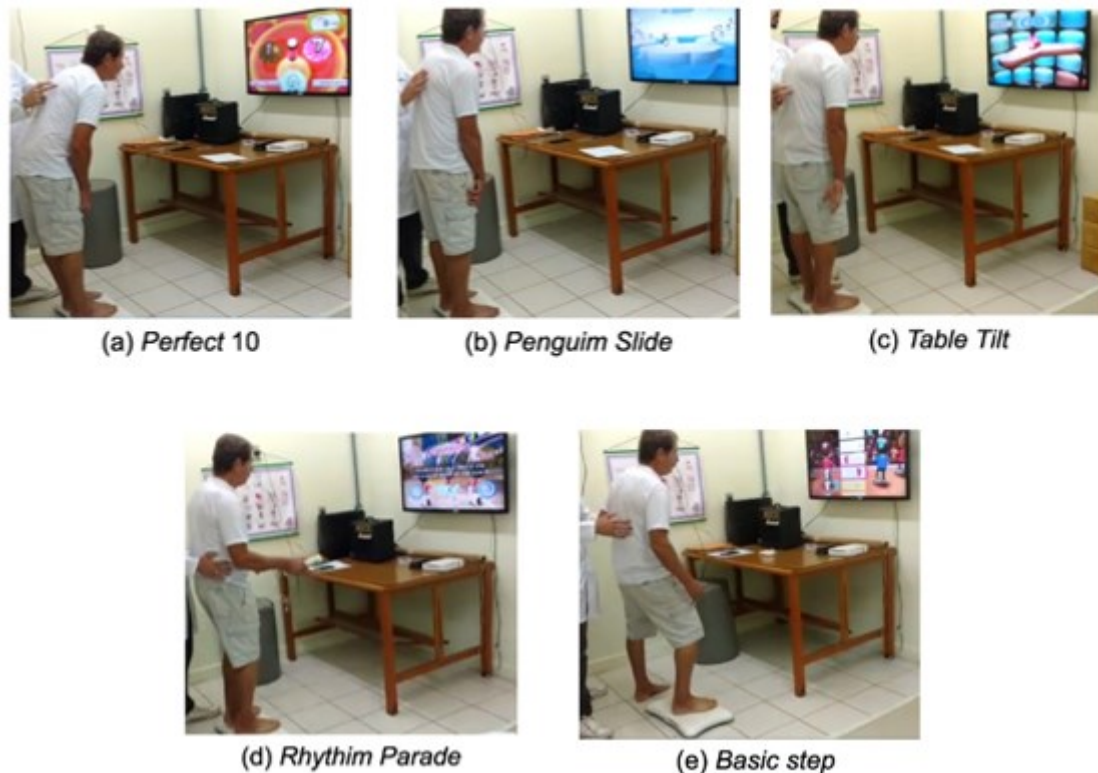


Figura 5 – Jogos usado em protocolo de treinamento fisioterapêutico para controle postural baseado em realidade virtual: a) transferência de peso na direção anteroposterior e látero-lateral, com objetivo de seleção dos números para realização da soma adequada; b) transferência de peso em direção mediolateral e treino de limite de estabilidade, com objetivo de movimentar o pinguim na superfície de gelo para alcançar o maior número possível de peixes; c) transferência de peso e controle da amplitude de movimento, com o objetivo de encaixar as bolas nos orifícios posicionados nas bordas da plataforma; d) treino de marcha estacionária coordenado com movimentos rítmicos de membros superiores e e) treino de subir e descer em degrau em sentido anteroposterior e látero-lateral em associação a movimentos rítmicos de membros superiores e inferiores.

### Análise Estatística

Os dados descritivos foram apresentados em média e desvio padrão ou mediana e intervalo interquartil de acordo com a distribuição de normalidade, analisada por meio do teste de Shapiro Wilk. Foram comparados os valores das avaliações iniciais dos dias 1, dia 2 e dia 3 (independente da modalidade ao qual os pacientes foram submetidos) pelo teste de Friedman. Como não houve diferença dos dados iniciais entre os dias 1, 2 e 3 (com exceção apenas do *Stroop test*), optou-se pela comparação entre os momentos correspondentes pré e pós de cada intervenção utilizando o teste t pareado ou teste de Wilcoxon.

Para a comparação entre os grupos foi calculada a porcentagem de mudança

$[(\text{valor final} - \text{valor inicial} / \text{valor inicial}) \times 100]$  de cada intervenção e utilizado o teste de Friedman para comparação entre elas.

Foram excluídos da análise os dados dos indivíduos que, na posição unipodal apresentaram tempo médio de permanência na posição menor de 5 segundos por não ser possível a extração dos dados da plataforma de força.

O programa utilizado foi o SPSS versão 21.0 e o valor de significância adotado foi de  $p \leq 0,05$ .

## **Resultados**

Os dados de caracterização da amostra estão apresentados na Tabela 1. Os valores foram expressos em média e desvio-padrão ou mediana e intervalo interquartilico de acordo com a normalidade dos dados. Participaram do estudo um total de 40 indivíduos. Os resultados procedentes do TMT, assim como da plataforma de força para todas as posições e intervenções, contaram com a análise dos 40 indivíduos, com exceção da posição unipodal, que contou com a análise de 29 indivíduos nas modalidades FN e RV e 30 na modalidade RA, em decorrência do tempo de permanência de alguns participantes ter sido inferior a 5 segundos nesta posição.

Inserir Tabela 1

Foi realizada a comparação dos dados da plataforma de força, TMT e acertos no *Stroop test* entre os três momentos de avaliação pré intervenção (dias 1, 2 e 3), e não foi percebida diferença entre os dias, descaracterizando o efeito aprendido, com exceção

para o número de acertos no *Stroop test* (dia 1 – número de acertos = 16,50 [11,13 – 23,75] / dia 2 – número de acertos = 21,75 [15,63 – 28,25] / dia 3 – número de acertos = 24,00 [17,00 – 28,38]. Por essa razão, para a comparação entre os momentos correspondentes pré e pós-intervenção de cada modalidade de intervenção, foi utilizado o melhor resultado alcançado pelos indivíduos no *Stroop test* (que ocorreu no dia 3).

Os resultados obtidos pela plataforma de força entre momentos pré e pós-intervenção (intragrupos), de acordo com a modalidade de tratamento em que o paciente foi submetido (FN, RA e RV), estão apresentados na Tabela 2.

No que se refere à FN foi observada a diminuição da velocidade AP apenas na posição de tandem OF ( $P=0,03$ ). Quando submetidos à RA, o tempo de permanência na plataforma aumentou na posição unipodal ( $P=0,04$ ), e a velocidade AP diminuiu nas posições de tandem OF ( $P=0,04$ ) e unipodal ( $P=0,02$ ) e a velocidade ML diminuiu apenas na posição unipodal ( $P=0,04$ ). Por último, quando submetidos à RV, a velocidade AP diminuiu na posição de tandem OA ( $P=0,01$ ) e tandem OF ( $P=0,01$ ) e a amplitude ML aumentou na posição tandem DT ( $P=0,04$ ).

Inserir Tabela 2

A análise dos resultados entre as modalidades (entre grupos) não evidenciou diferença estatisticamente significante para as variáveis área, amplitude e velocidade, assim como número de acertos no *Stroop test* entre as modalidades FN, RA e RV, com exceção do tempo de permanência na plataforma na posição unipodal ( $P=0,05$ ), cuja porcentagem de mudança dos pacientes submetidos à modalidade RA foi superior quando comparado às modalidades FN e RV (Tabela 3).

Inserir Tabela 3

Na Tabela 4 estão registrados os valores da função executiva obtidos pelo *Trail Making Test* quando considerado o tempo de execução entre os momentos pré e pós-intervenção (intragrupos). Houve diferença estatisticamente significativa entre os valores pré e pós-intervenção no TMTA na modalidade RA ( $P=0,004$ ) e para o TMTB nas três modalidades (FN –  $P=0,004$ ; RA –  $P=0,05$ ; RV –  $P=0,01$ ). Quando comparados os valores da performance (porcentagem de mudança) dos pacientes entre as diferentes modalidades (entre grupos), não foram observadas diferenças significantes (TMTA –  $P=0,20$ ; TMTB –  $P=0,67$ ).

Inserir Tabela 4

### **Efeitos adversos**

Não foram reportados efeitos adversos durante as intervenções em nenhum dos pacientes.

### **Discussão**

O objetivo deste estudo foi investigar o efeito imediato da aplicação de três modalidades terapêuticas (FN, RA e RV) no controle postural, atenção e função executiva de indivíduos com DP. Quando considerado o efeito tempo, a comparação entre os momentos pré e pós-intervenção das três modalidades de tratamento aplicadas não resultou em diferença significativa na área de COP. Foi observado aumento da amplitude de deslocamento ML na modalidade RV, em contrapartida, houve diminuição

da velocidade ML na RA e diminuição da velocidade AP nas três modalidades empregadas, além do aumento no tempo de permanência na posição unipodal na RA. O aumento da amplitude, que representa a magnitude de deslocamento do COP, caracteriza maior instabilidade postural (33,34), porém esse evento ocorreu apenas na direção ML da posição em tandem DT, na modalidade RV. Por outro lado, a velocidade de deslocamento AP e/ou ML diminuiu nas posições em tandem OA e OF e na posição unipodal, nas 3 modalidades estudadas. Atualmente, a velocidade de oscilação do COP é considerada o principal parâmetro de equilíbrio, pois está diretamente associada com as respostas neuromusculares de ajustes posturais. Sendo assim, valores menores de velocidade indicam melhor controle postural. (33,34). Por fim, o aumento no tempo de permanência na posição unipodal (RA), considerada a posição mais desafiadora da avaliação, também é um importante indício de melhora no equilíbrio.

Quando considerado o efeito grupo, não houve superioridade entre nenhuma modalidade aos quais os pacientes foram submetidos. A não superioridade entre as modalidades aplicadas pode dever-se ao fato da riqueza de estímulos oferecidos nas sessões de tratamento, como os somatossensoriais, motores, a inclusão de tarefas motoras e cognitivas associadas, de exercícios elaborados de coordenação motora, além dos estímulos lúdicos e de feedback visual e auditivo.

Este ensaio clínico, para conhecimento dos autores, é o primeiro estudo que realizou a comparação do efeito imediato entre FN, RA e RV no desfecho controle postural utilizando a plataforma de força como instrumento de avaliação em indivíduos com DP. Por isso, houve dificuldade em comparar estudos que possuem desenho metodológico similar, restringindo-nos à comparação com estudos longitudinais, como o ensaio clínico conduzido por Yang e colaboradores, que comparou um programa de intervenção de 6 semanas (12 sessões) apenas entre RV (domiciliar) com um programa

de fisioterapia convencional (supervisionado) no controle postural, marcha e qualidade de vida em indivíduos com DP e concluíram que não houve diferença entre a efetividade da RV e da fisioterapia convencional, considerando as duas intervenções igualmente efetivas (33).

No que se refere à RA, ainda não existe embasamento teórico específico para o uso deste recurso no tratamento do equilíbrio postural em indivíduos com DP. Estudos com outras populações, como indivíduos pós Acidente Vascular Encefálico ou mesmo idosos saudáveis, revelaram melhora no controle postural após intervenção com RA (34–36). Como exemplo, pode ser citado um estudo com 3 grupos de mulheres idosas que comparou RA, ioga e auto exercícios (domiciliares) por 12 semanas (36 sessões) com melhora no controle postural e risco de quedas que foram mais pronunciados no grupo tratado com RA (34).

Apesar de não ter havido superioridade entre as intervenções aplicadas (grupos), foi evidenciada melhora nas variáveis de controle postural, quando comparados os momentos pré e pós intervenção, principalmente na diminuição da velocidade de deslocamento de COP, no sentido AP e ML nas posições de tandem OF e tandem DT, para as três modalidades de tratamento aplicadas. Valores maiores da velocidade de deslocamento do COP tem sido interpretado como um indicador de pior controle postural, principalmente quando a carga cognitiva aumenta (13). Holmes et al. (2010) sugerem que pessoas com DP podem restringir sua postura em preparação para tarefas cognitivas mais complexas, na tentativa de aumentar seu controle postural (37). Tal estratégia pode ser contraproducente no controle postural e na diminuição do risco de queda, pois pode prejudicar o desempenho do movimento voluntário e das respostas posturais compensatórias. Sendo assim, pode-se afirmar que as 3 intervenções igualmente benéficas, uma vez que a velocidade AP e ML diminuiu no momento pós-

intervenção, especialmente nas tarefas mais desafiadoras como tandem OF e com adição de DT (37).

Com relação a área do COP não foi observada melhora nem entre os momentos e nem entre as modalidades. Isto pode ser justificado pela característica da amostra, pois os pacientes pertenciam a um ambulatório especializado de tratamento em fisioterapia neurofuncional com mediana de 24 [6-48] meses de pertencimento ao grupo. Os valores de COP basais dos indivíduos do presente estudo são comparativamente baixos em relação aos encontrados na literatura, tanto em condições de tarefas simples quando em DTs (38–40). Enquanto os indivíduos deste estudo apresentaram no baseline área de COP de 0,76 [0,59-1,31] cm<sup>2</sup> na posição bipodal OA e 2,04 [1,68-3,39] cm<sup>2</sup> na posição de tandem com DT, a literatura descreve valores 8,45 [1,2-43,6]cm<sup>2</sup>, e de 15,5 [0,85-80,1]cm<sup>2</sup> nas mesmas posições, respectivamente (39). Um recente estudo com idosos saudáveis identificou o ponto de corte para área do COP na posição unipodal de 10,3 cm<sup>2</sup> como preditor de quedas e pobre controle postural (41). Note que os valores de mediana na posição unipodal variaram entre 4,81 cm<sup>2</sup> e 6,02 cm<sup>2</sup> já no início do estudo, o que reforça a boa performance dos pacientes, com menor possibilidade de responder ao tratamento para a variável área.

Outro ponto a se considerar é a interferência da fadiga nos resultados relacionados à área do COP. Por se tratar de um estudo que investigou o efeito imediato das modalidades de intervenção, a reavaliação dos indivíduos foi realizada imediatamente após a aplicação dos protocolos. Ainda que tenha sido respeitado um período de tempo de descanso entre o fim da intervenção e o início da reavaliação, a fadiga, enquanto sintoma prevalente da DP, pode ter interferido na reavaliação dos desfechos (8,42). Nessa linha, Baer et al. (2018) avaliaram o controle postural e a marcha de pacientes com DP antes e após testes de provocação de fadiga (teste de sentar

e levantar por 30 segundos e o teste de esteira usando a escala visual análoga de fadiga), com resultados que indicaram que a fadiga não interferiu na performance dos pacientes após esse estresse físico (42). Vale ressaltar que os testes de provocação de fadiga utilizados por eles, no conjunto, totalizaram um tempo muito menor em comparação ao protocolo de tratamento utilizado no presente estudo (50 minutos de intervenção) (42). Mais estudos investigando o sintoma fadiga são necessários para a mensuração da interferência da mesma no controle postural de pacientes com DP.

Na avaliação da atenção e função executiva pelo *Trail Making Test*, foi evidenciada melhora no tempo de realização do TMTA após intervenção com RA, bem como melhora no tempo do TMTB após as três modalidades de intervenção aplicadas. Possivelmente a alta demanda cognitiva, inerente às intervenções, influenciou positivamente para o alcance deste resultado. O treino cognitivo associado ao treino motor tem se tornado cada vez mais importante nessa população, pois a perda dopaminérgica característica da DP tem como produto neuropatológico básico o aumento da atividade GABAérgica nos circuitos dos núcleos da base. Este aumento tem função inibitória sobre o tálamo, resultando em menos ativação sobre as áreas motoras do córtex, gerando perda progressiva do controle dos movimentos automáticos (que inclui o controle postural) (43). Como consequência, há maior envolvimento de regiões pré-frontais (cognitivas) para compensar a perda do automatismo em tarefas (antes básicas), como o controle postural e marcha. Além disso, a perda de diferentes populações de neurônios, como os colinérgicos, serotoninérgicos e noradrenérgicos também são reconhecidas na fisiopatologia da DP e, sem dúvida, contribuem para o aparecimento de sintomas cognitivos, autonômicos e límbicos, respectivamente (43). Estudos recentes evidenciam que o comprometimento das funções executivas está intimamente relacionado aos sintomas motores, particularmente com a instabilidade

postural, o que pode ser devido à importância da função executiva na antecipação, planejamento e coordenação exigidos no controle postural (7,21,44).

Outro ponto a se considerar se refere ao *Stroop test*. Os resultados deste estudo apontaram que o *Stroop test* não é uma boa ferramenta de avaliação cognitiva quando aplicada em um curto período de tempo entre as avaliações, pois foi detectado efeito aprendido. O estudo de Jenssen et al. analisou o *Stroop test* e enfatizou a importância do uso de formas paralelas nas repetições da medida, o que pode ser garantido pela simples variação na ordem de aparição das palavras durante o teste, cuidado que deve ser tomado caso o teste seja usado como instrumento de avaliação cognitiva a fim de minimizar este efeito aprendido (32). Vale ressaltar, que no estudo atual, o *Stroop test* foi utilizado apenas como atividade de dupla tarefa (para sensibilizar a avaliação da postura em tandem) e não como instrumento de avaliação cognitiva.

Os resultados deste estudo confirmam as hipóteses propostas: 1) o benefício da fisioterapia neurofuncional no controle postural de indivíduos com DP está bem estabelecido na literatura (14) e mostra que o tratamento orientado à tarefa, em ambiente enriquecido, direcionado especificamente para as demandas posturais e somatossensoriais destes indivíduos resulta em melhoras neste desfecho, assim como nos desfechos cognitivos, 2) A RV e RA tiveram resultado muito semelhante quando comparadas à FN, o que leva ao entendimento de que o caráter lúdico e integrativo dos recursos tecnológicos foi importante na melhora do controle postural e da cognição (45). Em revisão sistemática (46) sobre o impacto da RV na DP revelou que, apesar da necessidade de maior embasamento teórico, esta tecnologia é útil na potencialização do controle motor, na funcionalidade, na capacidade cognitiva e no controle postural e 3) não houve superioridade de nenhuma das modalidades aplicadas no desfecho controle postural e cognição, de modo que pode-se lançar mão dessas práticas como uma forma

de rodiziar o tratamento de pacientes com DP.

Por fim, estudos que analisam o efeito imediato de uma intervenção são utilizados para elucidar questões relacionadas ao desfecho, a população e/ou ao protocolo de intervenção que vão ajudar na elaboração posterior de estudos longitudinais, que demandam mais tempo e recursos (humanos, tecnológicos e financeiro). Desta maneira, o fato de terem sido encontradas melhoras nos parâmetros do controle motor, atenção e função executiva destes indivíduos após uma única sessão, nas 3 intervenções, inclusive comparáveis aos resultados de estudos longitudinais, é altamente relevante, especialmente se forem levadas em consideração as características da DP e o grau de complexidade dos desfechos analisados.

#### *Potencialidades do estudo*

Para o conhecimento dos autores este é o primeiro ensaio clínico que compara o efeito imediato de duas abordagens de tratamento, baseadas em recursos tecnológicos, com a fisioterapia neurofuncional. A RA e RV são alternativas de tratamento que vem ganhando espaço e destaque no campo terapêutico. São lúdicas, estimulam o paciente a superar seus medos e limites, tem fácil aplicabilidade, baixo custo, portabilidade e são muito bem aceitas. Uma única sessão de fisioterapia foi capaz de demonstrar melhoras no controle postural e aspectos cognitivos dos participantes do estudo. Além disso, a aleatorização foi adequada, todo o estudo seguiu as regras do CONSORT e teve adesão de 100% dos participantes.

#### *Limitações do estudo*

Estes resultados não podem ser extrapolados para indivíduos com estadiamento grande da doença e com transtorno cognitivo. Outro ponto a se considerar é o bom

estado clínico e a performance inicial apresentada pelos pacientes, uma vez que participavam de um ambulatório especializado de tratamento fisioterapêutico e que pode ter atuado como viés de seleção.

#### *Implicações para futuras pesquisas*

Necessidade de novos ensaios clínicos, com protocolo de intervenção estendido, para determinar a efetividade a longo prazo dessas intervenções. Estes modelos de tratamento, em especial a RV e RA, tendem a ganhar espaço no tratamento das doenças neurológicas, em especial as progressivas e degenerativas, como um recurso complementar importante nas terapias propostas com o objetivo de aumentar a adesão e diversidade do tratamento ofertado.

#### *Implicações para a prática clínica*

Os resultados encontrados têm implicações para prescrição de exercícios em programas de reabilitação quando o objetivo de tratamento é controle postural em indivíduos com DP, tendo em vista que o tratamento proposto tem ampla aplicabilidade clínica e baixo custo. Os resultados deste estudo indicam que tratamentos baseados em recursos tecnológicos podem ser uma alternativa de tratamento, pode ser efetivo, e assim, podem ser recomendados como coadjuvante no tratamento fisioterápico dessa população.

#### **Conclusão**

Foi observado efeito imediato, com melhora no controle postural e cognição, representado pela diminuição da velocidade de deslocamento AP e ML nas posturas em tandem OF, tandem DT e unipodal, além de melhora no tempo de realização do TMT,

nas três modalidades de tratamento aplicadas, quando considerado o efeito tempo. Em adição, não houve diferença entre as modalidades baseadas em RA, RV e FN, não havendo superioridade entre elas.

## Referências

1. Schapira AH V, Tolosa E. Molecular and clinical prodrome of Parkinson disease : implications for treatment. *Nat Publ Gr.* 2010;6(6):309–17.
2. Homayoun H. Parkinson Disease. *Ann Intern Med.* 2018;1–19.
3. Fil-Balkan A, Salcı Y, Keklicek H, Armutlu K, Aksoy S, Kayıhan H, et al. Sensorimotor integration training in Parkinson’s disease. *Neurosciences.* 2018;23(3):208–15.
4. Gondim ITG de O, Lins CC dos SA, Coriolano M das GW de S. Exercícios terapêuticos domiciliares na doença de Parkinson: uma revisão integrativa. *Rev Bras Geriatr e Gerontol.* 2016;19(2):349–64.
5. Rezvanian S, Lockhart T, Frames C, Soangra R, Lieberman A. Motor subtypes of Parkinson’s disease can be identified by frequency component of postural stability. *Sensors (Switzerland).* 2018;18(4).
6. Pal G, O’Keefe J, Robertson-Dick E, Bernard B, Anderson S, Hall D. Global cognitive function and processing speed are associated with gait and balance dysfunction in Parkinson’s disease. *J Neuroeng Rehabil.* 2016;13(1):1–8.
7. Fernandes Â, Mendes A, Rocha N, Tavares JMRS. Cognitive predictors of balance in Parkinson’s disease. *Somatosens Mot Res.* 2016;33(2):67–71.
8. Schapira AHV, Chaudhuri KR, Jenner P. Non-motor features of Parkinson disease. *Nat Rev Neurosci.* 2017;18(7):435–50.
9. AlDakheel A, Kalia L V., Lang AE. Pathogenesis-Targeted, Disease-Modifying Therapies in Parkinson Disease. *Neurotherapeutics.* 2014;11(1):6–23.
10. Wong JK, Cauraugh JH, Ho KWD, Broderick M, Ramirez-Zamora A, Almeida L, et al. STN vs. GPi deep brain stimulation for tremor suppression in Parkinson disease: A systematic review and meta-analysis. *Park Relat Disord.* 2018;(August):0–1.
11. Mak MK, Wong-Yu IS, Shen X, Chung CL. Long-term effects of exercise and physical therapy in people with Parkinson disease. *Nat Rev Neurol.* 2017;13(11):689–703.
12. Chen T, Fan Y, Zhuang X, Feng D, Chen Y, Chan P, et al. Postural sway in patients with early Parkinson’s disease performing cognitive tasks while standing. *Neurol Res.* 2018;40(6):491–8.

13. Sciadas R, Dalton C, Nantel J. Effort to reduce postural sway affects both cognitive and motor performances in individuals with Parkinson's disease. *Hum Mov Sci.* 2016;47:135–40.
14. Santos SM, da Silva RA, Terra MB, Almeida IA, de Melo LB, Ferraz HB. Balance versus resistance training on postural control in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2017;53(2):173–83.
15. Cuperschmid ARM, Grachet MG, Fabrício MM. Development of an Augmented Reality environment for the assembly of a precast wood-frame wall using the BIM model. *Ambient Construído.* 2016;16(4):63–78.
16. Carvalho D, Manzini EJ. Aplicação de um Programa de Ensino de Palavras em Libras Utilizando Tecnologia de Realidade Aumentada. *Rev Bras Educ Espec.* 2017;23(2):215–32.
17. Menezes LDC de, Gomes K da SC, Massetti T, Silva TD da, Possebom WF, Capelini CM, et al. Motor learning in mobile (cell phone) device in Down syndrome patients - pilot project. *Med Express.* 2015;2(4):1–5.
18. Gandolfi M, Geroin C, Dimitrova E, Boldrini P, Waldner A, Bonadiman S, et al. Virtual Reality Telerehabilitation for Postural Instability in Parkinson's Disease: A Multicenter, Single-Blind, Randomized, Controlled Trial. *Biomed Res Int.* 2017;2017.
19. Bryant MS, Workman CD, Hou JGG, Henson HK, York MK. Acute and Long-Term Effects of Multidirectional Treadmill Training on Gait and Balance in Parkinson Disease. *PM R.* 2016;8(12):1151–8.
20. De Melo Santiago LM, De Oliveira DA, De Macêdo Ferreira LGL, De Brito Pinto HY, Spaniol AP, De Lucena Trigueiro LC, et al. Immediate effects of adding mental practice to physical practice on the gait of individuals with Parkinson's disease: Randomized clinical trial. *NeuroRehabilitation.* 2015;37(2):263–71.
21. Bueno MEB, do Nascimento Neto LI, Terra MB, Barboza NM, Okano AH, Smaili SM. Effectiveness of acute transcranial direct current stimulation on non-motor and motor symptoms in Parkinson's disease. *Neurosci Lett.* 2018;696(August 2018):46–51.
22. Alon G, Yungheer DA, Shulman LM, Rogers MW. Safety and immediate effect of noninvasive transcranial pulsed current stimulation on gait and balance in parkinson disease. *Neurorehabil Neural Repair.* 2012;26(9):1089–95.
23. Ridgel AL, Muller MD, Kim CH, Fickes EJ, Mera TO. Acute effects of passive leg cycling on upper extremity tremor and bradykinesia in Parkinson's disease. *Phys Sportsmed.* 2011;39(3):83–93.
24. Corbett DB, Peer KS, Ridgel AL. Biomechanical muscle stimulation and active-assisted cycling improves active range of motion in individuals with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation.* 2013;33(2):313–22.
25. Kim A, Darakjian N, Finley JM. Walking in fully immersive virtual environments:

an evaluation of potential adverse effects in older adults and individuals with Parkinson's disease. *J Neuroeng Rehabil.* 2017;14(1):1–12.

26. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ.* 2010;340(332):698–703.

27. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology.* 1967;17(May).

28. Bertolucci PHF, Brucki SMD, Campacci SR, Juliano Y. O Mini-Exame do Estado Mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arq Neuropsiquiatr.* 1994;52(1):1–7.

29. Goulart F, Xavier L. Uso de escalas para avaliação da doença de Parkinson em fisioterapia. *Fisioter e Pesqui.* 2005;11(1):49–56.

30. Sánchez-Cubillo I, Periañez JA, Adrover-Roig D, Rodríguez-Sánchez JM, Ríos-Lago M, Tirapu J, et al. Construct validity of the Trail Making Test: Role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *J Int Neuropsychol Soc.* 2009;15(3):438–50.

31. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture.* 1995;3(4):193–214.

32. Jensen AR, Rohwer Jr WD. The stroop color-word test: a review. *Acta Psychol (Amst).* 1966;I(25):36–93.

33. Fernandes Â, Rocha N, Santos R, Tavares JMRS. Effects of dual-task training on balance and executive functions in Parkinson's disease: A pilot study. *Somatosens Mot Res.* 2015;32(2):122–7.

34. da Silva Jr. RA, Pereira C, de Oliveira MR, Gil AW de O. Equilíbrio Postural: Avaliação e intervenção por meio de exercícios associados às estratégias de controle neuromuscular. 1st ed. Curitiba; 2017. 52-55 p.

35. Yang WC, Wang HK, Wu RM, Lo CS, Lin KH. Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson's disease: A randomized controlled trial. *J Formos Med Assoc.* 2016;115(9):734–43.

36. Lee J, Yoo H, Lee B-H. Effects of augmented reality-based Otago exercise on balance, gait, and physical factors in elderly women to prevent falls: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(9):1586–9.

37. Lee CH, Kim Y, Lee BH. Augmented reality-based postural control training improves gait function in patients with stroke: Randomized controlled trial. *Hong Kong Physiother J.* 2014;32(2):51–7.

38. Trojan J, Diers M, Fuchs X, Bach F, Bekrater-Bodmann R, Foell J, et al. An augmented reality home-training system based on the mirror training and imagery approach. *Behav Res.* 2014;46:634–40.

39. Holmes JD, Jenkins ME, Johnson AM, Adams SG, Spaulding SJ. Dual-task interference: The effects of verbal cognitive tasks on upright postural stability in parkinson's disease. *Parkinsons Dis.* 2010;2010.
40. Fernandes Â, Sousa ASP, Couras J, Rocha N, Tavares JMRS. Influence of dual-task on sit-to-stand-to-sit postural control in Parkinson's disease. *Med Eng Phys.* 2015;37(11):1070–5.
41. Suarez H, Geisinger D, Ferreira ED, Nogueira S, Arocena S, Roman CS, et al. Balance in Parkinson's disease patients changing the visual input. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2011;77(5):651–5.
42. Yen C-Y, Lin K-H, Hu M-H, Wu R-M, Lu T-W, Lin C-H. 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 Commentary. *Phys Ther.* 2011;91(6):862–74.
43. Oliveira MR, Vieira ER, Gil AWO, Fernandes KBP, Teixeira DC, Amorim CF, et al. One-legged stance sway of older adults with and without falls. *PLoS One.* 2018;13(9):1–9.
44. Baer M, Klemetson B, Scott D, Murtishaw AS, Navalta JW, Kinney JW, et al. Effects of Fatigue on Balance in Individuals with Parkinson Disease: Influence of Medication and Brain-Derived Neurotrophic Factor Genotype. *J Neurol Phys Ther.* 2018;42(2):61–71.
45. Peterson DS, Horak FB. Neural Control of Walking in People with Parkinsonism. *Physiology.* 2016;31(2):95–107.
46. De Natale ER, Paulus KS, Aiello E, Sanna B, Manca A, Sotgiu G, et al. Dance therapy improves motor and cognitive functions in patients with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation.* 2017;40(1):141–4.
47. Ramos RA de A, Dias EA, Oliveira LFC, Guimarães TCM, Pernambuco AP, Chaves CMM. Virtual reality in the rehabilitation of patients with Parkinson disease. *Fisioter Bras.* 2016;17(3):179–87.
48. Vieira G de P, Araujo DFGH De, Leite MAA, Orsini M, Correa CL. Virtual Reality in Physical Rehabilitation of Patients With Parkinson'S Disease. *J Hum Growth Dev.* 2014;24(1):31–41.

## TABELAS

Tabela 1 – Caracterização da amostra

VARIÁVEIS	
N = 40	
Sexo (M/F)	24 (60%) / 16 (40%)
Idade (anos)	66,25 ± 10,23
IMC (m <sup>2</sup> /kg)	26,48 ± 4,19
Escolaridade (anos)	7,5 [4,0-11,5]
Tempo de diagnóstico (meses)	63,0 [47,5-111,0]
UPDRS II	14,65 ± 7,72
UPDRS III	34,70 ± 13,24
Hoehn & Yahr	2,0 [2,0-2,5]
MEEM	27,0 [24,5-29,0]

Legenda: M = masculino; F = feminino; kg = quilograma; m = metros; IMC = Índice de Massa do Corpo; UPDRS = *Unified Parkinson's Disease Rating Scale*; MEEM = Mini Exame do Estado Mental.

Tabela 2 – Comparação do controle postural entre os momentos pré e pós intervenções das modalidades fisioterapia neurofuncional, realidade aumentada e realidade virtual, medido pela plataforma de força

POSIÇÃO / PARÂMETRO	FISIOTERAPIA NEUROFUNCIONAL			REALIDADE AUMENTADA			REALIDADE VIRTUAL		
	Pré	Pós	P	Pré	Pós	P	Pré	Pós	P
<b>TANDEM OA</b>									
Área COP	2,16 [1,33-3,53]	1,85 [1,24-3,56]	0,93	2,32 [1,33-3,54]	1,83 [1,14-4,20]	0,44	2,13 [1,24-2,94]	1,99 [1,30-2,94]	0,49
Amplitude AP	2,23 [1,76-3,49]	2,22 [1,81-3,13]	0,46	2,51 [2,01-3,27]	2,47 [1,77-3,59]	0,41	2,41 [1,76-3,30]	2,37 [1,78-3,11]	0,38
Amplitude ML	2,24 [1,67-2,86]	2,13 [1,60-2,90]	0,81	2,13 [1,68-3,07]	2,09 [1,57-3,08]	0,74	1,92 [1,44-2,69]	2,12 [1,68-2,43]	0,62
Velocidade AP	1,86 [1,63-2,51]	1,82 [1,42-2,53]	0,30	2,05 [1,36-2,62]	1,86 [1,38-2,81]	0,75	1,97 [1,46-2,66]	1,82 [1,40-2,46]	<b>0,01*</b>
Velocidade ML	1,84 [1,51-2,30]	1,82 [1,53-2,30]	0,53	1,95 [1,49-2,28]	1,98 [1,47-2,33]	0,65	1,88 [1,50-2,31]	1,83 [1,45-2,15]	0,16
<b>TANDEM OF</b>									
Área COP	3,15 [2,07-4,94]	3,02 [1,68-4,23]	0,23	2,98 [1,54-5,07]	2,96 [1,63-4,18]	0,63	2,71 [1,76-4,89]	2,90 [1,50-4,66]	0,86
Amplitude AP	3,29 [2,27-3,67]	2,85 [2,10-3,66]	0,52	3,13 [1,98-3,79]	3,00 [2,13-3,49]	0,99	2,91 [1,91-3,91]	2,70 [2,19-3,61]	0,47
Amplitude ML	2,46 [1,94-3,29]	2,67 [1,88-3,17]	0,52	2,50 [2,03-3,26]	2,65 [1,79-2,91]	0,09	2,40 [1,63-3,12]	2,57 [1,64-3,31]	0,45
Velocidade AP	2,25 [1,77-3,19]	2,16 [1,61-3,02]	<b>0,03*</b>	2,35 [1,71-2,98]	2,17 [1,58-2,98]	<b>0,04*</b>	2,37 [1,61-3,02]	2,06 [1,59-2,87]	<b>0,01*</b>
Velocidade ML	2,12 [1,71-2,55]	2,00 [1,68-2,48]	0,13	2,14 [1,72-2,68]	2,11 [1,65-2,56]	0,07	2,09 [1,72-2,70]	1,95 [1,80-2,57]	0,20
<b>TANDEM DT</b>									
Área COP	2,04 [1,68-3,39]	2,02 [1,31-3,34]	0,22	2,14 [1,47-3,24]	2,12 [1,23-3,51]	0,88	2,25 [1,48-3,66]	2,33 [1,58-4,25]	0,20
Amplitude AP	2,24 [1,84-3,06]	2,31 [1,86-2,91]	0,50	2,41 [1,68-2,89]	2,37 [1,69-3,13]	0,71	2,34 [1,73-3,17]	2,43 [1,89-3,28]	0,25
Amplitude ML	1,98 [1,58-2,69]	2,07 [1,62-2,76]	0,57	1,95 [1,46-2,46]	1,90 [1,44-2,53]	0,78	2,22 [1,65-2,80]	2,36 [1,73-2,87]	<b>0,04*</b>
Velocidade AP	1,90 [1,58-2,85]	1,84 [1,37-2,82]	0,07	2,16 [1,37-2,77]	2,03 [1,43-2,90]	0,44	2,10 [1,49-2,83]	1,93 [1,47-2,65]	0,09
Velocidade ML	1,87 [1,49-2,36]	1,82 [1,55-2,47]	0,45	2,08 [1,48-2,41]	1,96 [1,54-2,30]	0,23	1,98 [1,57-2,45]	1,93 [1,56-2,38]	0,32
Acertos no <i>Stroop test</i>	24,00 [17,00-28,25]	22,75 [14,00-29,50]	0,71	24,00 [17,00-28,38]	23,00 [15,50-27,00]	0,13	24,00 [17,00-28,38]	24,50 [16,88-30,00]	0,23
<b>UNIPODAL</b>									
Tempo	24,88 [14,76-30,00]	21,67 [12,70-30,00]	0,10	20,71 [12,28-30,00]	24,75 [15,52-30,00]	<b>0,04*</b>	27,88 [19,26-30,00]	26,48 [15,30-30,00]	0,39
Área COP	6,02 [3,33-8,38]	5,80 [3,26-6,96]	0,97	4,81 [3,27-7,51]	4,60 [3,42-7,34]	0,56	5,33 [2,55-7,27]	5,25 [2,25-8,14]	0,69
Amplitude AP	4,08 [2,82-5,16]	3,83 [3,01-4,81]	0,85	3,74 [2,70-5,05]	3,65 [3,05-4,53]	0,88	3,72 [3,07-4,69]	3,80 [2,99-4,80]	0,36
Amplitude ML	2,80 [2,08-4,10]	2,76 [2,23-3,69]	0,67	2,89 [1,90-4,08]	3,00 [2,01-3,88]	0,83	2,60 [2,08-4,04]	2,97 [1,99-3,90]	0,81
Velocidade AP	2,90 [2,08-4,62]	2,89 [2,24-4,05]	0,25	3,05 [1,91-4,07]	2,95 [1,94-3,64]	<b>0,02*</b>	2,73 [2,37-4,31]	2,78 [2,08-4,02]	0,33
Velocidade ML	3,00 [2,27-4,00]	2,81 [2,23-3,90]	0,32	2,81 [2,29-4,12]	2,73 [2,30-3,75]	<b>0,04*</b>	2,79 [2,36-3,74]	2,85 [2,25-3,87]	0,93

Legenda: COP = centro de pressão; AP = anteroposterior; ML = mediolateral; OA = olhos abertos; OF = olhos fechados; DT = dupla tarefa; P = significância estatística; \* = valor estatisticamente significativo.

Tabela 3 – Comparação da porcentagem de mudança do controle postural entre as modalidades fisioterapia neurofuncional, realidade aumentada e realidade virtual, medido pela plataforma de força

POSIÇÃO / PARÂMETRO	MODALIDADE TERAPÊUTICA			
	Fisioterapia neurofuncional	Realidade aumentada	Realidade virtual	P
<b>TANDEM OA</b>				
Área COP	-0,86 [-21,93-28,86]	-6,00 [-32,45-16,60]	-5,92 [-23,59-23,66]	0,72
Amplitude AP	-5,56 [-19,03-16,10]	-3,55 [-20,53-13,61]	-0,24 [-18,20-13,15]	0,72
Amplitude ML	3,77 [-10,64-17,38]	-2,27 [-17,63-20,22]	0,31 [-15,67-8,86]	0,91
Velocidade AP	-2,25 [-9,39-5,37]	0,37 [-9,56-5,13]	-3,90 [-9,53-1,01]	0,29
Velocidade ML	-2,13 [-6,47-6,52]	-1,10 [-6,24-4,01]	-2,46 [-8,51-4,31]	0,72
<b>TANDEM OF</b>				
Área COP	-3,25 [-31,32-25,97]	-0,14 [-24,09-31,34]	-2,95 [-30,12-32,47]	0,98
Amplitude AP	-2,72 [-14,94-23,52]	0,46 [-17,71-18,77]	-3,03 [-21,13-17,99]	0,70
Amplitude ML	-3,63 [-13,44-15,89]	-6,11 [-15,12-8,84]	0,72 [-11,59-22,74]	0,67
Velocidade AP	-4,35 [-11,99-2,31]	-2,90 [-13,53-1,94]	-5,09 [-14,51-3,55]	0,89
Velocidade ML	-2,66 [-12,31-5,12]	-3,89 [-10,36-3,41]	-2,19 [-8,62-4,61]	0,98
<b>TANDEM DT</b>				
Área COP	-5,96 [-23,23-24,06]	-3,97 [-19,43-25,13]	11,99 [-11,83-34,90]	0,10
Amplitude AP	-0,24 [-17,41-14,74]	-0,48 [-10,16-12,11]	2,80 [-7,67-17,76]	0,40
Amplitude ML	3,87 [-18,97-23,92]	0,42 [-17,70-21,90]	10,46 [-6,30-34,62]	0,67
Velocidade AP	-4,03 [-8,70-3,65]	-2,22 [-6,57-5,84]	-2,52 [-9,15-1,51]	0,91
Velocidade ML	-0,88 [-9,37-5,05]	-1,93 [-7,49-4,84]	-1,63 [-10,47-4,51]	0,80
Acertos no <i>Stroop test</i>	0,00 [-11,60-7,65]	-6,64 [-19,90-8,64]	0,00 [-7,12-18,65]	0,18
<b>UNIPODAL</b>				
Tempo	-7,46 [-31,08-15,43]	10,47 [-3,48-43,49] <sup>#</sup>	-0,76 [-22,56-13,52]	<b>0,05*</b>
Área COP	2,08 [-23,24-36,07]	4,55 [-22,08-25,18]	-1,66 [-27,75-26,81]	0,88
Amplitude AP	2,95 [-15,92-23,47]	1,18 [-12,79-16,08]	-4,13 [-16,64-15,47]	0,53
Amplitude ML	7,01 [-7,02-12,99]	-0,46 [-10,92-10,41]	2,60 [-10,79-11,37]	0,79
Velocidade AP	-2,18 [-11,80-11,54]	-7,11 [-11,79-5,73]	-3,76 [-8,63-4,14]	0,97
Velocidade ML	-2,73 [-9,06-8,26]	-3,42 [-10,60-1,29]	-2,94 [-6,86-10,96]	0,67

Legenda: COP = centro de pressão; AP = anteroposterior; ML = mediolateral; OA = olhos abertos; OF = olhos fechados; DT = dupla tarefa; P = significância estatística; \* = valor estatisticamente significante; # = diferença estatisticamente significante entre as modalidades RA e FN.

Tabela 4 – Comparação da cognição entre os momentos pré e pós-intervenções das modalidades fisioterapia neurofuncional, realidade aumentada e realidade virtual, medida pelo *Trail Making Test* e da porcentagem de mudança entre as modalidades

<b>TRAIL MAKING TEST</b>								
	<b>TMTA</b>				<b>TMTB</b>			
	<b>Pré</b>	<b>Pós</b>	<b>% Mudança</b>	<b>Pi</b>	<b>Pré</b>	<b>Pós</b>	<b>% Mudança</b>	<b>Pi</b>
<b>FN</b>	54,61 [37,53-70,10]	47,07 [36,71-69,07]	-4,98 [-23,76-15,79]	0,36	143,38 [92,81-300,00]	117,95 [79,29-253,54]	-8,23 [-24,0-0,00]	0,004*
<b>RA</b>	50,29 [38,20-80,70]	43,35 [31,51-60,85]	-18,87 [-30,50-4,49]	0,004*	141,56 [88,82-300,00]	125,47 [85,29-287,75]	-4,17 [-19,87-0,82]	0,05*
<b>RV</b>	48,97 [37,60-69,30]	50,17 [37,50-63,79]	-5,60 [-25,06-10,73]	0,10	137,96 [82,07-300,00]	113,75 [81,30-246,08]	-3,57 [-24,47-0,67]	0,01*
<b>Pe</b>	-	-	0,20	-	-	-	0,67	

Legenda: TMT= *Trail Making Test*; TMTA= TMT parte A; TMTB= TMT parte B; FN = fisioterapia neurofuncional; RA = realidade aumentada; RV = realidade virtual; P = significância estatística; Pi = significância estatística intragrupo; Pe = significância estatística entre grupos; \* = valor estatisticamente significativo.

## 5. CONCLUSÃO GERAL

O protocolo utilizado neste estudo confirmou a hipótese inicial de que o uso da tecnologia, em especial a RA e RV, pode ser benéfico no tratamento de indivíduos com DP e ressalta que a oferta de um tratamento orientado à tarefa, em ambiente enriquecido, supervisionado e específico resulta em melhoras no controle postural, assim como na cognição.

O caráter lúdico e integrativo destas tecnologias teve efeito benéfico no controle motor, funcionalidade, capacidade cognitiva e controle postural destes indivíduos, e estas tendem a ganhar espaço no tratamento de doenças neurológicas, em especial as progressivas e degenerativas (como a DP), sendo um recurso complementar à fisioterapia neurofuncional, com o objetivo de aumentar a adesão e diversidade do tratamento ofertado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Schapira AHV, Chaudhuri KR, Jenner P. Non-motor features of Parkinson disease. *Nat Rev Neurosci*. 2017;18(7):435–50.
2. Postuma RB, Berg D, Stern M, Poewe W, Olanow CW, Oertel W, et al. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2015;30(12):1591–601.
3. Homayoun H. Parkinson Disease. *Ann Intern Med*. 2018;1–19.
4. Hughes AJ, Daniel SE, Kilford L, Lees AJ. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: A clinico-pathological study of 100 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1992;55(3):181–4.
5. Mak MK, Wong-Yu IS, Shen X, Chung CL. Long-term effects of exercise and physical therapy in people with Parkinson disease. *Nat Rev Neurol*. 2017;13(11):689–703.
6. Barbosa AF, Souza C de O, Chen J, Francato DV, Caromano FA, Chien HF, et

- al. The competition with a concurrent cognitive task affects posturographic measures in patients with Parkinson disease. *Arq Neuropsiquiatr.* 2015;73(11):906–12.
7. Floriano EN, Alves JF, Almeida IA de, Souza RB de, Christofolletti G, Santos SMS. Dual task performance: a comparison between healthy elderly individuals and those with Parkinson's disease. *Fisioter em Mov.* 2015;28(2):251–8.
  8. Fil-Balkan A, Salcı Y, Keklicek H, Armutlu K, Aksoy S, Kayıhan H, et al. Sensorimotor integration training in Parkinson's disease. *Neurosciences.* 2018;23(3):208–15.
  9. Gondim ITG de O, Lins CC dos SA, Coriolano M das GW de S. Exercícios terapêuticos domiciliares na doença de Parkinson: uma revisão integrativa. *Rev Bras Geriatr e Gerontol.* 2016;19(2):349–64.
  10. Rezvanian S, Lockhart T, Frames C, Soangra R, Lieberman A. Motor subtypes of Parkinson's disease can be identified by frequency component of postural stability. *Sensors (Switzerland).* 2018;18(4).
  11. Fox SH, Katzenschlager R, Lim SY, 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. *Mov Disord.* 2011;26(Suppl 3):S2eS41.
  12. Tomlinson CL, Patel S, Meek C, Herd CP, Clarke CE, Stowe R, et al. Physiotherapy versus placebo or no intervention in Parkinson's disease (Review). *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(9):1–118.
  13. Michielsen M, Vaughan-Graham J, Holland A, Magri A, Suzuki M. The Bobath concept – a model to illustrate clinical practice. *Disabil Rehabil [Internet].* 2017;0(0):1–13. Available from: <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1417496>
  14. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture.* 1995;3(4):193–214.
  15. Duarte M, Freitas SM. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Rev Bras Fisioter [Internet].* 2010;14(3):183–92. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20730361>
  16. Hamdan AC, Hamdan EMLR. Effects of age and education level on the Trail Making Test in a healthy Brazilian sample. *Psychol Neurosci.* 2009;2(2):199–203.
  17. Sánchez-Cubillo I, Periáñez JA, Adrover-Roig D, Rodríguez-Sánchez JM, Ríos-Lago M, Tirapu J, et al. Construct validity of the Trail Making Test: Role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *J Int Neuropsychol Soc.* 2009;15(3):438–50.
  18. Cuperschmid ARM, Grachet MG, Fabrício MM. Development of an Augmented Reality environment for the assembly of a precast wood-frame wall using the BIM model. *Ambient Construído.* 2016;16(4):63–78.
  19. Carvalho D de, Manzini EJ. Aplicação de um Programa de Ensino de Palavras em Libras Utilizando Tecnologia de Realidade Aumentada. *Rev Bras Educ*

- Espec. 2017;23(2):215–32.
20. Nakamoto PT, Carrijo G, Cardoso A, Lopes E, Lima L. Estratégia De Engenharia De Requisitos Para Ambientes De Realidade Aumentada. *J Inf Syst Technol Manag.* 2012;9(3):607–26.
  21. Menezes LDC de, Gomes K da SC, Massetti T, Silva TD da, Possebom WF, Capelini CM, et al. Motor learning in mobile (cell phone) device in Down syndrome patients - pilot project. *Med Express.* 2015;2(4):1–5.
  22. Fiems CL, Dugan EL, Moore ES, Combs-Miller SA. Reliability and validity of the sway balance mobile application for measurement of postural sway in people with Parkinson Disease. *NeuroRehabilitation.* 2018;1–8.
  23. Wong JK, Cauraugh JH, Ho KWD, Broderick M, Ramirez-Zamora A, Almeida L, et al. STN vs. GPi deep brain stimulation for tremor suppression in Parkinson disease: A systematic review and meta-analysis. *Park Relat Disord.* 2018;(August):0–1.
  24. Marras C, Chaudhuri KR. Nonmotor features of Parkinson’s disease subtypes. *Mov Disord.* 2016;31(8):1095–102.
  25. Souza CFM, Almeida HCP, Souza JB, Costa PH, Silveira YSS, Bezerra JCL. A Doença de Parkinson e o Processo de Envelhecimento Motor : Uma Revisão de Literatura. *Rev Neurociências.* 2011;19(4):718–23.
  26. AlDakheel A, Kalia L V., Lang AE. Pathogenesis-Targeted, Disease-Modifying Therapies in Parkinson Disease. *Neurotherapeutics.* 2014;11(1):6–23.
  27. De Almeida IA, Terra MB, De Oliveira MR, Da Silva RA, Ferraz HB, Santos SMS. Comparing postural balance among older adults and Parkinson’s disease patients. *Motriz Rev Educ Fis.* 2016;22(4):261–5.
  28. Yitayeh A, Teshome A. The effectiveness of physiotherapy treatment on balance dysfunction and postural instability in persons with Parkinson’s disease: a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2016;8(1):17.
  29. Chaudhuri KR, Schapira AH. Non-motor symptoms of Parkinson’s disease: dopaminergic pathophysiology and treatment. *Lancet Neurol.* 2009;8(5):464–74.
  30. Fernandes Â, Sousa ASP, Couras J, Rocha N, Tavares JMRS. Influence of dual-task on sit-to-stand-to-sit postural control in Parkinson’s disease. *Med Eng Phys.* 2015;37(11):1070–5.
  31. Ehgoetz Martens KA, Lewis SJG. Pathology of behavior in PD: What is known and what is not? Vol. 374, *Journal of the Neurological Sciences.* The Authors; 2017. p. 9–16.
  32. Kluger BM, Freddy K, Tysnes O, Ongre SO, Øygarden B, Herlofson K. Is fatigue associated with cognitive dysfunction in early Parkinson ’ s disease ? *Park Relat Disord.* 2017;1–5.
  33. Terra MB, Rosa PC, Torrecilha LA, Costa BT, Ferraz HB, Santos SMS. Impacto da doença de Parkinson na performance do equilíbrio em diferentes demandas atencionais. *Fisioter e Pesqui.* 2016;23(4):410–5.

34. Abbruzzese G, Marchese R, Avanzino L, Pelosin E. Rehabilitation for Parkinson's disease: Current outlook and future challenges. *Park Relat Disord.* 2016;22:S60–4.
35. Santangelo G, D'Iorio A, Maggi G, Cuoco S, Pellecchia MT, Amboni M, et al. Cognitive correlates of “pure apathy” in Parkinson's disease. *Park Relat Disord.* 2018;53:101–4.
36. Santos SM, da Silva RA, Terra MB, Almeida IA, de Melo LB, Ferraz HB. Balance versus resistance training on postural control in patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2017;53(2):173–83.
37. Smaili SM, Bueno MEB, Barboza NM, Terra MB, Almeida IA de, Ferraz HB. Efficacy of neurofunctional versus resistance training in improving gait and quality of life among patients with Parkinson's disease: a randomized clinical trial. *Mot Rev Educ Física.* 2018;24(2):1–9.
38. Hirsch MA, Iyer SS, Sanjak M. Exercise-induced neuroplasticity in human Parkinson's disease: What is the evidence telling us? *Park Relat Disord.* 2016;22:S78–81.
39. Freitas MR de, Ruschel RC, Freitas MR de, Ruschel RC. Validação de aplicativo comercial visando a incorporação da realidade aumentada a um modelo de avaliação pós-ocupação. *Ambient Construído.* 2015;15(2):97–112.
40. Fombona Cadavieco J, Goulão M de F, Garcia Tamargo MA. Melhorar a atratividade da informação através do uso da realidade aumentada. *Perspect em Ciência da Informação.* 2014;19(1):37–50.
41. Trojan J, Diers M, Fuchs X, Bach F, Bekrater-Bodmann R, Foell J, et al. An augmented reality home-training system based on the mirror training and imagery approach. *Behav Res.* 2014;46:634–40.
42. Lee CH, Kim Y, Lee BH. Augmented reality-based postural control training improves gait function in patients with stroke: Randomized controlled trial. *Hong Kong Physiother J.* 2014;32(2):51–7.
43. Mhatre P V., Vilares I, Stibb SM, Albert M V., Pickering L, Marciniak CM, et al. Wii Fit Balance Board Playing Improves Balance and Gait in Parkinson Disease. *PM R.* 2013;5(9):769–70.
44. Ribas CG, Alves da Silva L, Corrêa MR, Teive HG, Valderramas S. Effectiveness of exergaming in improving functional balance, fatigue and quality of life in Parkinson's disease: A pilot randomized controlled trial. *Park Relat Disord.* 2017;38:13–8.
45. Pompeu JE, Mendes FA dos S, Silva KG da, Lobo AM, Oliveira T de P, Zomignani AP, et al. Effect of Nintendo Wii™Based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial. *Physiother (United Kingdom).* 2012;98(3):196–204.
46. Negrini S, Bissolotti L, Ferraris A, Noro F, Bishop MD, Villafañe JH. Nintendo Wii Fit for balance rehabilitation in patients with Parkinson's disease: A comparative study. *J Bodyw Mov Ther.* 2017;21(1):117–23.

## APÊNDICE

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### **“Uso da Realidade Virtual e Aumentada no Tratamento de Sintomas Motores e Não Motores em Pacientes com Doença de Parkinson”**

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa **“Uso da Realidade Virtual e Aumentada no Tratamento de Sintomas Motores e Não Motores em Pacientes com Doença de Parkinson”**, a ser realizada em “Hospital Universitário da Universidade Estadual de Londrina, localizado na avenida Robert Koch, nº 60- Vila Operária, Londrina-PR”. O objetivo da pesquisa é “analisar a efetividade da terapia pelas tecnologias de informação (RV e RA) sobre sintomas motores e não motores em pacientes com doença de Parkinson”. Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: inicialmente serão realizadas avaliações por meio de testes e instrumento utilizados internacionalmente e validados pela literatura científica que avaliam o estágio clínico da doença, o controle postural, a marcha, a agilidade, a memória, o processamento cognitivo, as funções executivas como a percepção, a memória, a atenção e a linguagem.

Após a avaliação inicial e divisão aleatória dos grupos (2) serão realizadas 24 sessões de fisioterapia (2 vezes por semana) como tratamento proposto para verificar a efetividade dos programas no controle postural, marcha, função cognitiva e perceptual. Na terapia com realidade virtual serão realizados exercícios guiados por um *vídeo game (Wii)*, sendo que você será posicionado em pé sobre uma plataforma com sensores para interação com os personagens utilizados pelos jogos que são visualizados na televisão. Na terapia com a realidade aumentada também serão usados jogos, a partir da leitura da sua imagem corporal e captura de movimentos que será projetada na televisão onde haverá interação com os elementos gráficos dos jogos. Nos dois casos os jogos duram 50 minutos e haverá intervalos para descanso entre as

partidas. Ao término das sessões se dará uma avaliação final para mensuração dos dados após o tratamento. Caso o senhor tenha participado de uma das terapias e a outra tiver mostrado benefícios superiores, esta será ofertada ao (à) senhor (a), ao final do estudo, para garantir que o seu tratamento seja o mais eficaz possível.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo o (a) senhor (a): recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Esclarecemos ainda, que o(a) senhor(a) não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação. Quanto ao transporte, não haverá custeio de passagens de ônibus, uma vez que o senhor(a) já vem ao ambulatório para o seu tratamento fisioterápico e não há custo adicional nenhum para seu deslocamento em função da pesquisa, pois a pesquisadora aproveitará os dias de suas atividades da fisioterapia para a coleta de dados da pesquisa. Alimentação não será fornecida em função do horário (após o almoço) e do curto tempo de permanência em atividade.

Os benefícios esperados envolvem a melhora do controle postural e da marcha, além da percepção, atenção, memória, raciocínio, linguagem dos integrantes. Os riscos durante sua participação são mínimos (dor muscular ou articular, fadiga, cansaço), pois os testes e o tratamento não preveem nenhum desconforto ou dano ao participante, porém caso ocorra algum eventual problema a pesquisadora conduzirá o seu tratamento de forma rápida e eficaz (no próprio ambulatório) até o desaparecimento dos sinais e sintomas referidos. Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar **Profa. Dra. Suhaila Smaili Santos (responsável pela pesquisa)**, Rua Luiz Natal Bonin, nº. 580, casa 26, Fones : 3321-5870 / 9979-2828 – e-mail: [suhaila@uel.br](mailto:suhaila@uel.br)), ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado

junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: [cep268@uel.br](mailto:cep268@uel.br).

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao (à) senhor(a).

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

**Pesquisador Responsável**

RG:21.878.044-8

<p>_____ (NOME POR EXTENSO DO SUJEITO DE PESQUISA), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar <b>voluntariamente</b> da pesquisa descrita acima.</p> <p>Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____</p> <p>Data: _____</p>
--

## ANEXOS

### ANEXO A. NORMAS DA REVISTA PHYSIOTHERAPY THEORY AND PRACTICE

#### About the Journal

Physiotherapy Theory and Practice is an international, peer-reviewed journal publishing high-quality, original research. Please see the journal's [Aims & Scope](#) for information about its focus and peer-review policy. Please note that this journal only publishes manuscripts in English. Physiotherapy Theory and Practice accepts the following types of article: Research reports, Qualitative research reports, Descriptive reports, Single subject research reports, Clinical technical notes, Professional theoretical articles, Case reports, and Systematic reviews.

#### Peer Review and Ethics

Taylor & Francis is committed to peer-review integrity and upholding the highest standards of review. Once your paper has been assessed for suitability by the editor, it will then be double blind peer reviewed by independent, anonymous expert referees. Find out more about [what to expect during peer review](#) and read our guidance on [publishing ethics](#).

#### Preparing Your Paper

All authors submitting to medicine, biomedicine, health sciences, allied and public health journals should conform to the [Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals](#), prepared by the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE).

#### Structure

Your paper should be compiled in the following order: title page; abstract; keywords; main text introduction, materials and methods, results, discussion; acknowledgments; declaration of interest statement; references; appendices (as appropriate); table(s) with caption(s) (on individual pages); figures; figure captions (as a list).

#### Word Limits

Please include a word count for your paper. There are no word limits for papers in this journal.

#### Style Guidelines

Please refer to these [quick style guidelines](#) when preparing your paper, rather than any published articles or a sample copy. Please use American spelling style consistently throughout your manuscript. Please use double quotation marks, except where “a

quotation is ‘within’ a quotation”. Please note that long quotations should be indented without quotation marks.

### Formatting and Templates

Papers may be submitted in Word or LaTeX formats. Figures should be saved separately from the text. To assist you in preparing your paper, we provide formatting template(s).

[Word templates](#) are available for this journal. Please save the template to your hard drive, ready for use. If you are not able to use the template via the links (or if you have any other template queries) please contact us [here](#). Figures should be saved separately from the text. The main document should be double-spaced, with one-inch margins on all sides, and all pages should be numbered consecutively. Text should appear in 12-point Times New Roman or other common 12-point font. Normally, only two categories of heading should be used. Major ones should be typed in capital letters in the middle of the page and underlined; sub-headings should be typed in lowercase and also underlined. Headings should not be numbered. Authors may give the names and e-mail addresses of up to four persons whom they judge would have appropriate knowledge and expertise to review their manuscript during the submission process.

### References

Please use this [reference guide](#) when preparing your paper. Taylor & Francis Editing Services To help you improve your manuscript and prepare it for submission, Taylor & Francis provides a range of editing services. Choose from options such as English Language Editing, which will ensure that your article is free of spelling and grammar errors, Translation, and Artwork Preparation. For more information, including pricing, [visit this website](#).

### Checklist: What to Include

1. Author details. Please ensure everyone meeting the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) [requirements for authorship](#) is included as an author of your paper. All authors of a manuscript should include their full name and affiliation on the cover page of the manuscript. Where available, please also include ORCIDiDs and social media handles (Facebook, Twitter or LinkedIn). One author will need to be identified as the corresponding author, with their email address normally displayed in the article PDF (depending on the journal) and the online article. Authors’ affiliations are the affiliations where the research was conducted. If any of the named co-authors moves affiliation during the peer-review process, the new affiliation can be given as a footnote. Please note that no changes to affiliation can be made after your paper is accepted. [Read more on authorship](#).

2. Should contain a structured abstract of 200 words. You may structure your abstract with the following headings: (a) Background or Introduction, (b) Objective or Purpose, (c) Methods, (d) Results, and (e) Conclusion.

3. You can opt to include a video abstract with your article. [Find out how these can help your work reach a wider audience, and what to think about when filming.](#)

4. Between 3 and 5 keywords. Read [making your article more discoverable](#), including information on choosing a title and search engine optimization.

5. Funding details. Please supply all details required by your funding and grantawarding bodies as follows:

For single agency grants

This work was supported by the [Funding Agency] under Grant [number xxxx].

For multiple agency grants

This work was supported by the [Funding Agency <] under Grant [number xxxx]; [Funding Agency >] under Grant [number xxxx]; and [Funding Agency &] under Grant [number xxxx].

6. Disclosure statement. This is to acknowledge any financial interest or benefit that has arisen from the direct applications of your research. [Further guidance on what is a conflict of interest and how to disclose it.](#)

7. Data availability statement. If there is a data set associated with the paper, please provide information about where the data supporting the results or analyses presented in the paper can be found. Where applicable, this should include the hyperlink, DOI or other persistent identifier associated with the data set(s). [Templates](#) are also available to support authors.

8. Data deposition. If you choose to share or make the data underlying the study open, please deposit your data in a [recognized data repository](#) prior to or at the time of submission. You will be asked to provide the DOI, preserved DOI, or other persistent identifier for the data set.

9. Supplemental online material. Supplemental material can be a video, dataset, fileset, sound file or anything which supports (and is pertinent to) your paper. We publish supplemental material online via Figshare. Find out more about [supplemental material and how to submit it with your article.](#)

10. Figures. Figures should be high quality (1200 dpi for line art, 600 dpi for grayscale and 300 dpi for colour, at the correct size). Figures should be supplied in one of our preferred file formats: EPS, PS, JPEG, TIFF, or Microsoft Word (DOC or DOCX) files are acceptable for figures that have been drawn in Word. For information relating to other file types, please consult our [Submission of electronic artwork](#) document.

11. Tables. Tables should present new information rather than duplicating what is in the text. Readers should be able to interpret the table without reference to the text. Please supply editable files.

12. Equations. If you are submitting your manuscript as a Word document, please ensure that equations are editable. More information about [mathematical symbols and equations](#).

13. Units. Please use [SI units](#) (non-italicized).

## Using Third-Party Material in your Paper

You must obtain the necessary permission to reuse third-party material in your article. The use of short extracts of text and some other types of material is usually permitted, on a limited basis, for the purposes of criticism and review without securing formal permission. If you wish to include any material in your paper for which you do not hold copyright, and which is not covered by this informal agreement, you will need to obtain written permission from the copyright owner prior to submission. More information on [requesting permission to reproduce work\(s\) under copyright](#).

## Disclosure Statement

Please include a disclosure statement, using the subheading “Disclosure of interest.” If you have no interests to declare, please state this (suggested wording: The authors report no conflict of interest). For all NIH/Wellcomefunded papers, the grant number(s) must be included in the declaration of interest statement. [Read more on declaring conflicts of interest](#).

## Clinical Trials Registry

In order to be published in a Taylor & Francis journal, all clinical trials must have been registered in a public repository at the beginning of the research process (prior to patient enrolment). Trial registration numbers should be included in the abstract, with full details in the methods section. The registry should be publicly accessible (at no charge), open to all prospective registrants, and managed by a not-for-profit organization. For a list of registries that meet these requirements, please visit the [WHO International Clinical Trials Registry Platform \(ICTRP\)](#). The registration of all clinical trials facilitates the sharing of information among clinicians, researchers, and patients, enhances public confidence in research, and is in accordance with the [ICMJE guidelines](#).

## Complying With Ethics of Experimentation

Please ensure that all research reported in submitted papers has been conducted in an ethical and responsible manner, and is in full compliance with all relevant codes of

experimentation and legislation. All papers which report in vivo experiments or clinical trials on humans or animals must include a written statement in the Methods section. This should explain that all work was conducted with the formal approval of the local human subject or animal care committees (institutional and national), and that clinical trials have been registered as legislation requires. Authors who do not have formal ethics review committees should include a statement that their study follows the principles of the [Declaration of Helsinki](#).

#### Consent

All authors are required to follow the [ICMJE requirements](#) on privacy and informed consent from patients and study participants. Please confirm that any patient, service user, or participant (or that person's parent or legal guardian) in any research, experiment, or clinical trial described in your paper has given written consent to the inclusion of material pertaining to themselves, that they acknowledge that they cannot be identified via the paper; and that you have fully anonymized them. Where someone is deceased, please ensure you have written consent from the family or estate. Authors may use this [Patient Consent Form](#), which should be completed, saved, and sent to the journal if requested.

#### Health and Safety

Please confirm that all mandatory laboratory health and safety procedures have been complied with in the course of conducting any experimental work reported in your paper. Please ensure your paper contains all appropriate warnings on any hazards that may be involved in carrying out the experiments or procedures you have described, or that may be involved in instructions, materials, or formulae. Please include all relevant safety precautions; and cite any accepted standard or code of practice. Authors working in animal science may find it useful to consult the [International Association of Veterinary Editors' Consensus Author Guidelines on Animal Ethics and Welfare](#) and [Guidelines for the Treatment of Animals in Behavioural Research and Teaching](#). When a product has not yet been approved by an appropriate regulatory body for the use described in your paper, please specify this, or that the product is still investigational.

### Submitting Your Paper

This journal uses ScholarOne Manuscripts to manage the peer-review process. If you haven't submitted a paper to this journal before, you will need to create an account in ScholarOne. Please read the guidelines above and then submit your paper in [the relevant Author Centre](#), where you will find user guides and a helpdesk. If you are submitting in LaTeX, please convert the files to PDF beforehand (you will also need to upload your LaTeX source files with the PDF). Please note that Physiotherapy Theory and Practice uses [Crossref™](#) to screen papers for unoriginal material. By submitting your paper to Physiotherapy Theory and Practice you are agreeing to originality checks during the peerreview and production processes. On acceptance, we recommend that you keep a copy of your Accepted Manuscript. Find out more about [sharing your work](#).

## Data Sharing Policy

This journal applies the Taylor & Francis [Basic Data Sharing Policy](#). Authors are encouraged to share or make open the data supporting the results or analyses presented in their paper where this does not violate the protection of human subjects or other valid privacy or security concerns. Authors are encouraged to deposit the dataset(s) in a recognized data repository that can mint a persistent digital identifier, preferably a digital object identifier (DOI) and recognizes a long-term preservation plan. If you are

uncertain about where to deposit your data, please see [this information](#) regarding repositories. Authors are further encouraged to [cite any data sets referenced](#) in the article and provide a [Data Availability Statement](#).

At the point of submission, you will be asked if there is a data set associated with the paper. If you reply yes, you will be asked to provide the DOI, preregistered DOI, hyperlink, or other persistent identifier associated with the data set(s). If you have selected to provide a pre-registered DOI, please be prepared to share the reviewer URL associated with your data deposit, upon request by reviewers. Where one or multiple data sets are associated with a manuscript, these are not formally peer reviewed as a part of the journal submission process. It is the author's responsibility to ensure the soundness of data. Any errors in the data rest solely with the producers of the data set(s).

## Publication Charges

There are no submission fees, publication fees or page charges for this journal. Colour figures will be reproduced in colour in your online article free of charge. If it is necessary for the figures to be reproduced in colour in the print version, a charge will apply.

Charges for colour figures in print are £300 per figure (\$400 US Dollars; \$500 Australian Dollars; €350). For more than 4 colour figures, figures 5 and above will be charged at £50 per figure (\$75 US Dollars; \$100 Australian Dollars; €65). Depending on your location, these charges may be subject to local taxes.

## Copyright Options

Copyright allows you to protect your original material, and stop others from using your work without your permission. Taylor & Francis offers a number of different license and reuse options, including Creative Commons licenses when publishing open access. [Read more on publishing agreements](#).

## Complying with Funding Agencies

We will deposit all National Institutes of Health or Wellcome Trust-funded papers into PubMedCentral on behalf of authors, meeting the requirements of their respective open access policies. If this applies to you, please tell our production team when you receive your article proofs, so we can do this for you. Check funders' open access policy mandates [here](#). Find out more about [sharing your work](#).

## Open Access

This journal gives authors the option to publish open access via our [Open Select publishing program](#), making it free to access online immediately on publication. Many funders mandate publishing your research open access; you can check [open access funder policies and mandates here](#). Taylor & Francis Open Select gives you, your institution or funder the option of paying an article publishing charge (APC) to make an article open access. Please contact [openaccess@tandf.co.uk](mailto:openaccess@tandf.co.uk) if you would like to find out more, or go to our [Author Services website](#).

For more information on license options, embargo periods and APCs for this journal please go [here](#).

## My Authored Works

On publication, you will be able to view, download and check your article's metrics (downloads, citations and Altmetric data) via [My Authored Works](#) on Taylor & Francis Online. This is where you can access every article you have published with us, as well as your [free eprints link](#), so you can quickly and easily share your work with friends and colleagues. We are committed to promoting and increasing the visibility of your article. Here are some tips and ideas on how you can work with us to [promote your research](#).

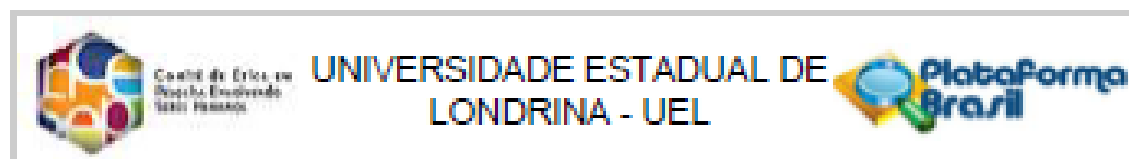
## Article Reprints

You will be sent a link to order article reprints via your account in our production system. For enquiries about reprints, please contact the Taylor & Francis Author Services team at [reprints@tandf.co.uk](mailto:reprints@tandf.co.uk). You can also [order print copies of the journal issue in which your article appears](#).

## Queries

Should you have any queries, please visit our [Author Services website](#) or contact us [here](#).

## ANEXO B. PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** EFETIVIDADE DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA VERSUS FISIOTERAPIA NEUROFUNCIONAL NO TRATAMENTO DE SINTOMAS MOTORES E NÃO MOTORES EM PACIENTES COM DOENÇA DE PARKINSON

**Pesquisador:** Hayslenne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 71686217.6.0000.5231

**Instituição Proponente:** CCS - Progr. de Pós-Grad. em Ciências da Reabilitação

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.289.247

## Apresentação do Projeto:

Ensaio clínico aleatório com modelo cruzado (crossover ou intra-sujeito) associado ao Programa de Pós Graduação em Ciências da Reabilitação, Segundo a pesquisadora a Doença de Parkinson é uma doença degenerativa e progressiva do sistema nervoso central que apresenta sintomas motores como tremor, fraqueza muscular, bradicinesia e instabilidade postural, e sintomas não motores como perturbações no sono, déficits cognitivos e alterações emocionais e sociais. A fisioterapia tem importante papel no tratamento de ambos os tipos de sintomas e promovem importantes melhorias, inclusive com recursos tecnológicos como instrumentos de tratamento. A Realidade Virtual e a Realidade Aumentada são ramos da Tecnologia da Informação que surgem como alternativas para complemento da terapia tanto nos sintomas motores como nos não motores na DP. Na fase 1 do estudo os participantes serão aleatoriamente distribuídos de acordo com a ordem de aplicação das intervenções e os indivíduos serão controle deles mesmos. Com intervalos de 7 dias entre cada intervenção (wash out), para não haver o risco de efeito acumulado da intervenção, todos os participantes serão submetidos a uma sessão de fisioterapia convencional, uma terapia com RV e uma terapia com RA, todas com duração de 50 minutos aleatoriamente. Antes e após cada sessão os sujeitos serão avaliados quanto aos seguintes desfechos: equilíbrio estático, equilíbrio dinâmico e fadiga. Também serão avaliados os sistemas

**Endereço:** LABESC - Sala 14

**Bairro:** Campus Universitário

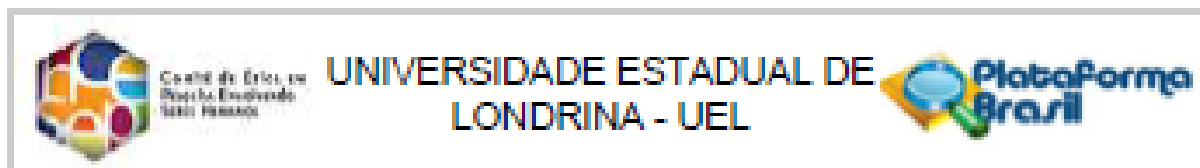
**CEP:** 86.057-970

**UF:** PR

**Município:** LONDRINA

**Telefone:** (43)3371-6465

**E-mail:** cep208@uel.br



Contribuição do Paciente: 2.289,247

cognitivo/sensório/perceptual e execução de dupla-tarefa. Os avaliadores não terão conhecimento a qual grupo os participantes pertencem. Todos os participantes serão avaliados na fase on da medicação. Na etapa 2 – ENSAIO CLÍNICO: A amostra será dividida em três grupos: grupo 1 (G1) = Fisioterapia convencional grupo 2 (G2) = fisioterapia convencional + RV e grupo 3 (G3) = fisioterapia convencional + RA). Todos os grupos serão avaliados no período pré intervenção e ao final da intervenção, os grupos serão reavaliados para a detecção das diferenças (ou não) dos desfechos analisados. Será realizado follow up dos grupos após um mês e após dois meses do término da intervenção para o acompanhamento dos efeitos da mesma e da efetividade do plano terapêutico com o passar do tempo. Todos os participantes serão avaliados e tratados na fase on da medicação. A amostra será formada por idosos com DP que participam do Grupo de Pesquisa em Fisioterapia Neurofuncional do Hospital Universitário Regional do Norte do Paraná. Serão critérios de inclusão: diagnóstico médico de doença de Parkinson, segundo os critérios do Banco de Cérebro de Londres, idade acima de 50 anos não institucionalizados, Escore Mini Mental que não caracterize déficit cognitivo. A hipótese do estudo é que o uso da Realidade Aumentada e Realidade Virtual no tratamento de sintomas motores e não motores na Doença de Parkinson é tão efetivo quanto a fisioterapia neurofuncional convencional.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:** Analisar a efetividade da terapia pelas tecnologias de informação (RV e RA) sobre sintomas motores e não motores em pacientes com DP.

#### **Objetivo Secundário:**

- Analisar o efeito agudo da fisioterapia convencional, da RV e da RA em desfechos motores e não motores na DP.
- Analisar a efetividade do tratamento convencional versus tratamento convencional associado ao tratamento com RV e com RA nos desfechos motores e não motores na DP.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Segundo a pesquisadora por se tratar de técnicas inócuas, a intervenção apresenta riscos mínimos aos indivíduos praticantes, inerentes aos riscos da faixa etária, como alteração de pressão arterial, sinais de fadiga, cansaço, dores musculares ou articulares. A pesquisadora responsável sempre está presente nos atendimentos e reúne experiência e os materiais necessários para minimizar e manejar esses riscos. Ao sinal de cansaço ou fadiga, os pacientes são orientados a comunicar a terapeuta e estes são colocados à descansar, sempre com o acompanhamento de um aluno/residente e do docente. Caso ocorra algum desses sinais os pacientes serão tratados no

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Telefone: (43)3371-5455

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

E-mail: cep068@uel.br



Centro de Estudos em  
Pesquisa Embevendo  
Saúde Humana

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 2.289.247

nosso próprio ambulatório que tem recursos materiais e humanos para o devido tratamento. Esses pacientes só retornarão às suas atividades quando estiverem completamente reabilitados. Adicionalmente, para minimizar esses riscos cada indivíduo terá um fisioterapeuta o auxiliando nas atividades propostas, de modo a ser uma sessão diretamente supervisionada, mesmo se tratando de uma intervenção em grupo. Como os pacientes já se deslocam e são frequentadores do ambulatório (para realizar o tratamento fisioterápico) não há riscos adicionais de deslocamento em detrimento da pesquisa, uma vez que acontece a coleta de dados juntamente com as atividades rotineiras dos pacientes no ambulatório.

Benefícios: melhoria dos sintomas motores e não motores na doença de Parkinson.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa é relevante,

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

A pesquisadora apresentou folha de rosto devidamente assinada, cronograma adequado e autorização da instituição co-participante. Declara financiamento próprio, orçamento detalhado e que os equipamentos e materiais foram adquiridos pelos pesquisadores. O TCLE foi apresentado em forma de convite e esclarece como os participantes da pesquisa serão submetidos à terapia com realidade virtual e terapia com realidade aumentada.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há pendências e inadequações,

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_963149.pdf	14/09/2017 11:35:59		Aceito
Outros	Parecer_HU.pdf	14/09/2017 11:35:24	Haysienne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento.docx	14/09/2017 11:30:32	Haysienne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	21/07/2017 12:21:07	Haysienne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

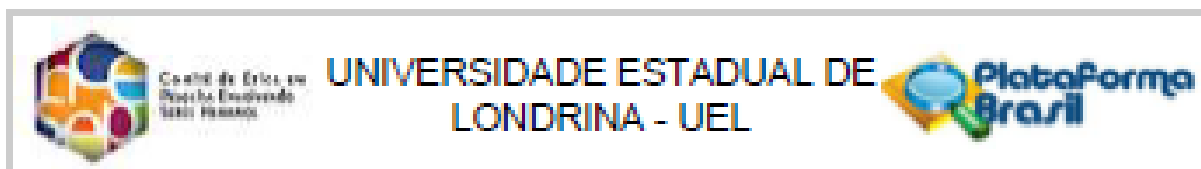
CEP: 86.057-970

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5465

E-mail: cep289@uel.br



Continuação do Parecer: 1.289.347

Orçamento	Orçamento.docx	21/07/2017 10:11:23	Haysienne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito
Cronograma	Cronograma.docx	20/07/2017 23:11:11	Haysienne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Realidade_Aumentada.docx	20/07/2017 22:55:00	Haysienne Andressa Gonçalves de Oliveira Araújo	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

LONDRINA, 21 de Setembro de 2017

---

Assinado por:  
Rocana Lopes  
(Coordenador)

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Telefone: (43)3371-8485

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-070

E-mail: cep268@uel.br

**ANEXO C. UNIFIED PARKINSON'S DISEASE RATING SCALE (UPDRS)****II. ACTIVITIES OF DAILY LIVING** (for both "on" and "off")**5. Speech**

0 = Normal.

1 = Mildly affected. No difficulty being understood.

2 = Moderately affected. Sometimes asked to repeat statements.

3 = Severely affected. Frequently asked to repeat statements.

4 = Unintelligible most of the time.

**6. Salivation**

0 = Normal.

1 = Slight but definite excess of saliva in mouth; may have nighttime drooling.

2 = Moderately excessive saliva; may have minimal drooling.

3 = Marked excess of saliva with some drooling.

4 = Marked drooling, requires constant tissue or handkerchief.

**7. Swallowing**

0 = Normal.

1 = Rare choking.

2 = Occasional choking.

3 = Requires soft food.

4 = Requires NG tube or gastrostomy feeding.

**8. Handwriting**

0 = Normal.

1 = Slightly slow or small.

2 = Moderately slow or small; all words are legible.

3 = Severely affected; not all words are legible.

4 = The majority of words are not legible.

**9. Cutting food and handling utensils**

0 = Normal.

- 1 = Somewhat slow and clumsy, but no help needed.
- 2 = Can cut most foods, although clumsy and slow; some help needed.
- 3 = Food must be cut by someone, but can still feed slowly.
- 4 = Needs to be fed.

### **10. Dressing**

- 0 = Normal.
- 1 = Somewhat slow, but no help needed.
- 2 = Occasional assistance with buttoning, getting arms in sleeves.
- 3 = Considerable help required, but can do some things alone.
- 4 = Helpless.

### **11. Hygiene**

- 0 = Normal.
- 1 = Somewhat slow, but no help needed.
- 2 = Needs help to shower or bathe; or very slow in hygienic care.
- 3 = Requires assistance for washing, brushing teeth, combing hair, going to bathroom.
- 4 = Foley catheter or other mechanical aids.

### **12. Turning in bed and adjusting bed clothes**

- 0 = Normal.
- 1 = Somewhat slow and clumsy, but no help needed.
- 2 = Can turn alone or adjust sheets, but with great difficulty.
- 3 = Can initiate, but not turn or adjust sheets alone.
- 4 = Helpless.

### **13. Falling** (unrelated to freezing)

- 0 = None.
- 1 = Rare falling.
- 2 = Occasionally falls, less than once per day.
- 3 = Falls an average of once daily.
- 4 = Falls more than once daily.

**14. Freezing when walking**

0 = None.

1 = Rare freezing when walking; may have start hesitation.

2 = Occasional freezing when walking.

3 = Frequent freezing. Occasionally falls from freezing.

4 = Frequent falls from freezing.

**15. Walking**

0 = Normal.

1 = Mild difficulty. May not swing arms or may tend to drag leg.

2 = Moderate difficulty, but requires little or no assistance.

3 = Severe disturbance of walking, requiring assistance.

4 = Cannot walk at all, even with assistance.

**16. Tremor** (Symptomatic complaint of tremor in any part of body.)

0 = Absent.

1 = Slight and infrequently present.

2 = Moderate; bothersome to patient.

3 = Severe; interferes with many activities.

4 = Marked; interferes with most activities.

**17. Sensory complaints related to parkinsonism**

0 = None.

1 = Occasionally has numbness, tingling, or mild aching.

2 = Frequently has numbness, tingling, or aching; not distressing.

3 = Frequent painful sensations.

4 = Excruciating pain.

**III. MOTOR EXAMINATION****18. Speech**

0 = Normal.

1 = Slight loss of expression, diction and/or volume.

2 = Monotone, slurred but understandable; moderately impaired.

3 = Marked impairment, difficult to understand.

4 = Unintelligible.

### **19. Facial Expression**

0 = Normal.

1 = Minimal hypomimia, could be normal "Poker Face".

2 = Slight but abnormal diminution of facial expression.

3 = Moderate hypomimia; lips parted some of the time.

4 = Masked or fixed facies with severe or complete loss of facial expression; lips parted 1/4 inch or more.

### **20. Tremor at rest** (head, upper and lower extremities)

0 = Absent.

1 = Slight and infrequently present.

2 = Mild in amplitude and persistent. Or moderate in amplitude, but only intermittently present.

3 = Moderate in amplitude and present most of the time.

4 = Marked in amplitude and present most of the time.

### **21. Action or Postural Tremor of hands**

0 = Absent.

1 = Slight; present with action.

2 = Moderate in amplitude, present with action.

3 = Moderate in amplitude with posture holding as well as action.

4 = Marked in amplitude; interferes with feeding.

### **22. Rigidity** (Judged on passive movement of major joints with patient relaxed in sitting position. Cogwheeling to be ignored.)

0 = Absent.

1 = Slight or detectable only when activated by mirror or other movements.

2 = Mild to moderate.

3 = Marked, but full range of motion easily achieved.

4 = Severe, range of motion achieved with difficulty.

**23. Finger Taps** (Patient taps thumb with index finger in rapid succession.)

0 = Normal.

1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.

2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.

3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.

4 = Can barely perform the task.

**24. Hand Movements** (Patient opens and closes hands in rapid succession.)

0 = Normal.

1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.

2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.

3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.

4 = Can barely perform the task.

**25. Rapid Alternating Movements of Hands** (Pronation-supination movements of hands, vertically and horizontally, with as large an amplitude as possible, both hands simultaneously.)

0 = Normal.

1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.

2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.

3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.

4 = Can barely perform the task.

**26. Leg Agility** (Patient taps heel on the ground in rapid succession picking up entire leg. Amplitude should be at least 3 inches.)

0 = Normal.

1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.

2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.

3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.

4 = Can barely perform the task.

### **27. Arising from Chair**

(Patient attempts to rise from a straight backed chair, with arms folded across chest)

0 = Normal.

1 = Slow; or may need more than one attempt.

2 = Pushes self-up from arms of seat.

3 = Tends to fall back and may have to try more than one time, but can get up without help.

4 = Unable to arise without help.

### **28. Posture**

0 = Normal erect.

1 = Not quite erect, slightly stooped posture; could be normal for older person.

2 = Moderately stooped posture, definitely abnormal; can be slightly leaning to one side.

3 = Severely stooped posture with kyphosis; can be moderately leaning to one side.

4 = Marked flexion with extreme abnormality of posture.

### **29. Gait**

0 = Normal.

1 = Walks slowly, may shuffle with short steps, but no festination (hastening steps) or propulsion.

2 = Walks with difficulty, but requires little or no assistance; may have some festination, short steps, or propulsion.

3 = Severe disturbance of gait, requiring assistance.

4 = Cannot walk at all, even with assistance.

**30. Postural Stability** (Response to sudden, strong posterior displacement produced by pull on shoulders while patient erect with eyes open and feet slightly apart. Patient is prepared.)

0 = Normal.

1 = Retropulsion, but recovers unaided.

2 = Absence of postural response; would fall if not caught by examiner.

3 = Very unstable, tends to lose balance spontaneously.

4 = Unable to stand without assistance.

**31. Body Bradykinesia and Hypokinesia** (Combining slowness, hesitancy, decreased arm swing, small amplitude, and poverty of movement in general.)

0 = None.

1 = Minimal slowness, giving movement a deliberate character; could be normal for some persons. Possibly reduced amplitude.

2 = Mild degree of slowness and poverty of movement which is definitely abnormal. Alternatively, some reduced amplitude.

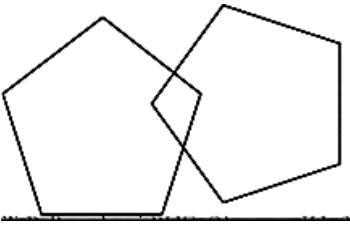
3 = Moderate slowness, poverty or small amplitude of movement.

4 = Marked slowness, poverty or small amplitude of movement.

**ANEXO D. ESCALA DE HOEHN & YAHR MODIFICADA****ESTÁGIO DA DP**

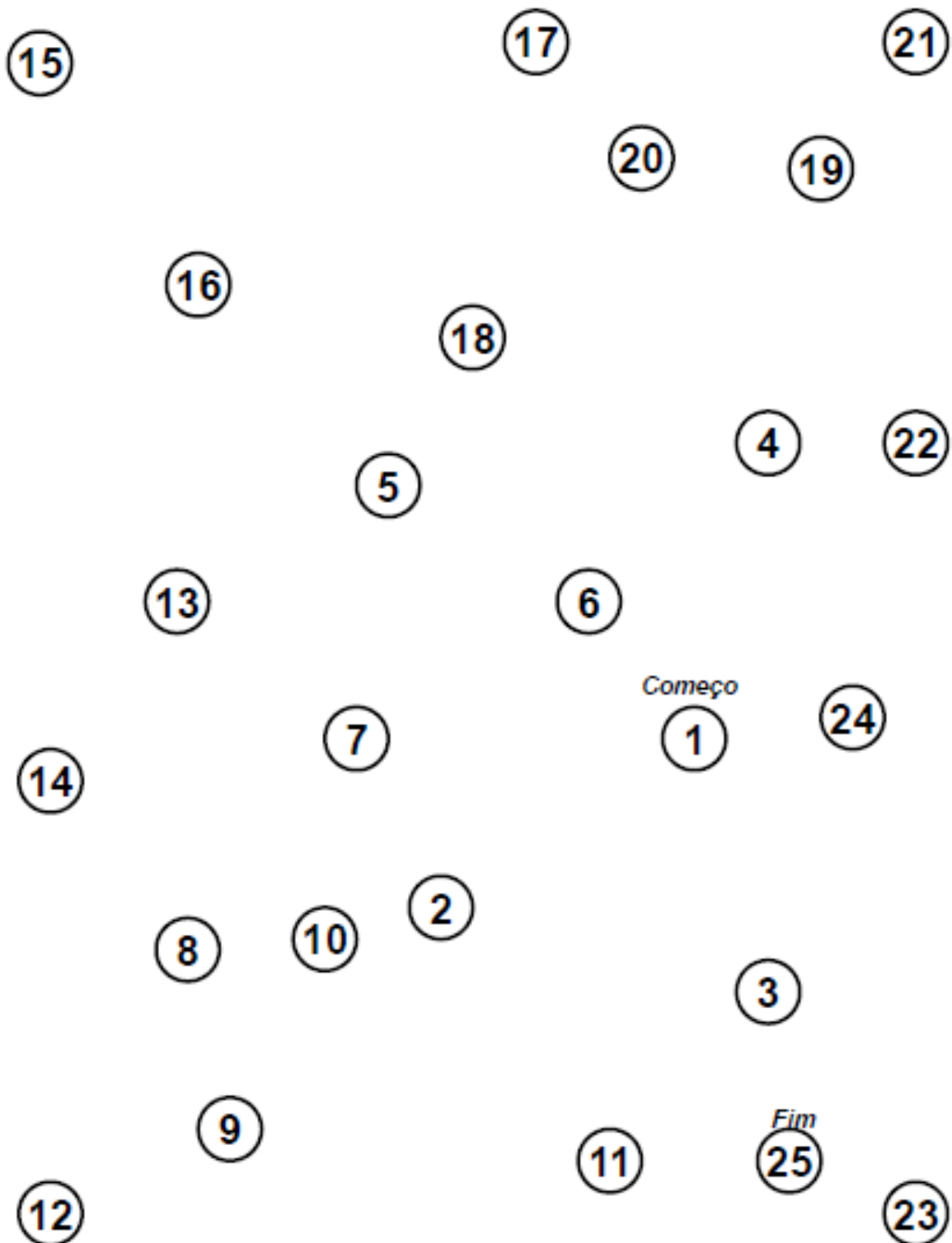
- ( ) **ESTÁGIO 0** Nenhum sinal da doença
- ( ) **ESTÁGIO 1** Doença unilateral
- ( ) **ESTÁGIO 1,5** Envolvimento unilateral e axial
- ( ) **ESTÁGIO 2** Doença bilateral sem déficit de equilíbrio
- ( ) **ESTÁGIO 2,5** Doença bilateral leve, com recuperação no “teste do empurrão”
- ( ) **ESTÁGIO 3** Doença bilateral leve a moderada; alguma instabilidade postural; capacidade para viver independente
- ( ) **ESTÁGIO 4** Incapacidade grave, ainda capaz de caminhar ou permanecer de pé sem ajuda
- ( ) **ESTÁGIO 5** Confinado à cama ou cadeira de rodas a não ser que receba ajuda.

**ANEXO E. MINI EXAME DO ESTADO MENTAL (MEEM)**

Orientação temporal (5 pontos)	Qual a hora aproximada?	
	Em que dia da semana estamos?	
	Que dia do mês é hoje?	
	Em que mês estamos?	
	Em que ano estamos?	
Orientação espacial (5 pontos)	Em que local estamos?	
	Que local é este aqui?	
	Em que bairro nós estamos ou qual o endereço daqui?	
	Em que cidade nós estamos?	
	Em que estado nós estamos?	
Registro (3 pontos)	Repetir: CARRO, VASO, TIJOLO	
Atenção e cálculo (5 pontos)	Subtrair: $100-7 = 93-7 = 86-7 = 79-7 = 72-7 = 65$	
Memória de evocação (3 pontos)	Quais os três objetos perguntados anteriormente?	
Nomear 2 objetos (2 pontos)	Relógio e caneta	
Repetir (1 ponto)	“Nem aqui, nem ali, nem lá”	
Comando de estágios (3 pontos)	Apanhe esta folha de papel com a mão direita dobre-a ao meio e coloque-a no chão	
Escrever uma frase completa (1 ponto)	Escrever uma frase que tenha sentido	
Ler e escrever (1 ponto)	“Feche seus olhos”	
Copiar diagrama (1 ponto)		

## ANEXO F. TRAIL MAKING TEST

## PARTE A



## PARTE B

