CAMILA MILIANI CAPELINI

Análise do desempenho motor em tarefas de realidade virtual em pessoas com esclerose múltipla

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação
Orientador: Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro

São Paulo

2022

CAMILA MILIANI CAPELINI

Análise do desempenho motor em tarefas de realidade virtual em pessoas com esclerose múltipla

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Ciências

Programa de Ciências da Reabilitação
Orientador: Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro

São Paulo

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Capelini, Camila Miliani
Análise do desempenho motor em tarefas de realidade virtual em pessoas com esclerose múltipla / Camila Miliani Capelini. -- São Paulo, 2022.
Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Ciências da Reabilitação.
Orientador: Carlos Bandeira de Mello Monteiro.

Descritores: 1.Esclerose múltipla 2.Terapia de exposição à realidade virtual 3.Aprendizagem 4.Atividade motora 5.Fisioterapia 6.Reabilitação

USP/FM/DBD-191/22

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus avós:
Durval (in memorian), Lidia (in memorian), Francisco (in memorian) e Teresinha,
por me ensinarem tanto com sua simplicidade e amor,
e serem exemplo de bondade e dedicação.

AGRADECIMENTOS

São tantas as pessoas envolvidas neste trabalho, que sem a ajuda de todos, nada disso seria possível.

Agradeço aos meus pais Amauri e Maria Helena. A luta de vocês me fez chegar até aqui. Muito obrigada por tanto! Ao meu irmão Eduardo, por ser exemplo de carinho e amor.

Ao meu marido Carlos Eduardo, pelo companheirismo de todas as horas.

Aos meus amigos, pelos momentos de descontração necessários, mas também pelos momentos de apoio quando necessitei.

Um grande agradecimento ao Carlos, meu orientador, por permitir essa conquista. Às queridas amigas que levarei pra vida toda, parceiras na pesquisa, Talita, Ibis, Lilian, Silvia, entre tantas outras pessoas tão especiais, que me ajudaram muito.

À ABEM em especial, por acolher nossa pesquisa e atender excepcionalmente os pacientes. E aos queridos colegas de pesquisa que aqui conheci: Giulianna, Roger, Rosi, Mauricio, entre tantos outros envolvidos direta ou indiretamente.

Aos queridos pacientes, que com sua história e doação, permitem que muito se evolua no conhecimento através das pesquisas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS vii
LISTA DE FIGURAS E TABELAS viii
RESUMO ix
ABSTRACT xi
1. INTRODUÇÃO 1
2. MÉTODO 10
2.1 Casuística 11
2.2 Procedimento 12
2.3 Avaliação inicial 12
2.4 Tarefa motora e protocolo 16
2.5 Análise dos dados 19
3. RESULTADOS 21
3.1 Aquisição 23
3.2 Retenção 24
3.3 Transferência 25
3.4 Análise de correlação 25
4. DISCUSSÃO 27
5. CONCLUSÃO 34
6. ANEXOS 36
6.1 Anexo A – Autorização para pesquisa na instituição 37
6.2 Anexo B – Aprovação CEP 38
6.3 Anexo C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 39
6.4 Anexo D – Escala Expandida do Estado de Incapacidade - EDSS 42
6.5 Anexo E – Escala modificada do impacto da fadiga (MFIS) 44
7. REFERÊNCIAS* 45

LISTA DE SIGLAS

EM	Esclerose múltipla
GC	Grupo controle
RR	Remitente recorrente
PP	Primariamente progressiva
SP	Secundariamente progressiva
Ki	Kinect
Ts	Touchscreen
ABEM	Associação Brasileira de Esclerose Múltipla
PT	Primeira tentativa de fase de aquisição
UT	Última tentativa da fase de aquisição
R	Retenção
T	Transferência
TEALT	Teste de atenção alternada
TEADI	Teste de atenção dividida
MFIS	Escala modificada de impacto de fadiga
EDSS	Escala Expandida do Estado de Incapacidade

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

		Página
Figura 1	Desenho do estudo	13
Figura 2	Representação do participante realizando a tarefa de alcançar as bolhas pelos dispositivos: Touchscreen (A) e Kinect (B)	17
Figura 3	Protocolo do estudo	19
Tabela 1	Caracterização da amostra por subgrupos.	22
Tabela 2	Distribuição dos participantes com EM conforme classificação pela EDSS.	23
Figura 4	Número de bolhas estouradas pelos grupos EM e GC durante os estágios da aprendizagem motora.	24
Figura 5	Análise de correlação	26

RESUMO

Capelini CM. *Análise do desempenho motor em tarefas de realidade virtual em pessoas com esclerose múltipla* [Tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2022.

Introdução: A esclerose múltipla (EM) é uma doença desmielinizante autoimune que acomete o sistema nervoso central, de etiologia desconhecida e que evolui por surtos. A maior parte das pessoas com EM está inserida em programas de reabilitação contínuos com o objetivo de melhorar a funcionalidade, a qualidade de vida e função motora, incluindo terapia de Realidade Virtual (RV). Estudos comparando tarefas desenvolvidas em ambientes virtuais e a possível transferência para ambientes reais podem auxiliar na organização de programas de tratamento que melhorem o desempenho motor de pessoas com EM. **Objetivo**: Verificar se a prática das fases de aquisição e retenção usando uma interface específica (concreta ou abstrata) influenciará o desempenho na tarefa subsequente usando interface diferente (fase de transferência). **Método:** O estudo foi um ensaio clínico randomizado, desenvolvido na ABEM – Associação Brasileira de Esclerose Múltipla, localizado na cidade de São Paulo/SP. Participaram do estudo 56 voluntários com esclerose múltipla (EM) e 41 sem a doença, que compuseram o grupo controle (GC). Foram aplicadas avaliações físicas e psicológicas validadas para a população brasileira. Para responder ao objetivo, foi utilizado um jogo de computador apresentava bolhas em linhas e colunas na tela do computador que as pessoas deveriam atingir o maior número de bolhas durante 10 segundos (cada tentativa). Foram utilizados dois dispositivos de interação distintos: Kinect® (Ki) para interação abstrata e Touchscreen (Ts) para interação concreta, de acordo com o grupo de alocação dos

participantes. **Resultados**: Em ambos os grupos (Ki e Ts) houve melhora do desempenho no jogo durante a aquisição observada pelo aumento do número de bolhas alcançadas e manutenção na fase de retenção. No entanto, o dispositivo Kinect foi mais difícil para ambos os grupos (menos bolhas alcançadas). Na fase de transferência, o grupo EM que praticou a aquisição no dispositivo abstrato (Kinect) apresentou melhor desempenho quando mudou a prática para o Touchscreen (concreto). **Conclusão**: Concluímos que a prática de uma tarefa utilizando um dispositivo abstrato (maior dificuldade) proporciona melhor transferência de desempenho ao praticar uma tarefa semelhante posteriormente.

Descritores: Esclerose múltipla; Terapia de exposição à realidade virtual; Aprendizagem; Atividade motora; Fisioterapia; Reabilitação.

ABSTRACT

Capelini CM. *Analysis of motor performance in virtual reality tasks in people with multiple sclerosis [thesis].* São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2022.

Introduction: Multiple sclerosis (MS) is a central nervous system autoimmune demyelinating disease of unknown etiology that leads to various impairments. People with MS participate in continuous rehabilitation programs for improving functionality, quality of life and motor function, including Virtual Reality (VR) therapy. Studies comparing tasks developed in virtual environments and the possible transfer to real environments can assist in the organization of treatment programs that improve motor performance of people with MS. **Objective:** The main objective was to verify if practicing the acquisition and retention phases using a specific interface (concrete or abstract) will influence the performance in the subsequent task using different interface (transfer phase). **Method:** The study was a randomized clinical trial, developed at ABEM – Brazilian Association of Multiple Sclerosis, located in the city of São Paulo/SP. Participated in the study 56 volunteers with multiple sclerosis (MS) and 41 without the disease, who composed the control group (CG). Physical and psychological assessments validated for the Brazilian population were applied. To answer the objective, it was used a computer game that presented bubbles in lines and columns in the computer screen, that people should reach the greatest number of bubbles for 10 seconds (each attempt). Two different interaction devices were used: Kinect® (Ki) for abstract interaction and Touchscreen (Ts) for concrete interaction, according to the participants' allocation group. **Results:** In both groups, Ki and Ts, there was an improvement in game performance

during acquisition observed by increase in the number of bubbles and maintenance in retention phase. However, the Kinect device were more difficult for both groups (less bubbles reached). In the transfer phase the MS group that practice acquisition in the abstract device (Kinect) presented better performance when changed the practice to touchscreen (concrete). **Conclusion:** We concluded that the practice of a task using an abstract device (more difficulty) provides better transfer of performance when practice a similar task afterward.

Descriptors: Multiple sclerosis; Virtual reality exposure therapy; Learning; Motor activity; Physical therapy specialty; Rehabilitation.

1. INTRODUÇÃO

A esclerose múltipla (EM) é uma doença inflamatória, neurodegenerativa e progressiva do sistema nervoso central (SNC) de causa desconhecida, que apresenta como característica a desmielinização das fibras nervosas (1). Atualmente é considerada a causa mais comum de doenças neurológicas incapacitantes em adultos jovens, com idade entre 20 e 40 anos (2,3), sendo os sintomas neurológicos mais comuns a fraqueza muscular, dificuldades de locomoção e déficit de equilíbrio, alteração do tônus muscular, visão e sensibilidade prejudicadas, além de comprometimento das funções do sistema executivo (4,5).

Estima-se que atualmente 2,5 milhões de pessoas no mundo possuam a doença (6). No Brasil, sua prevalência é de uma estimativa de 15/100.000 habitantes (1), e é duas vezes mais comum em mulheres do que em homens (2). De etiologia desconhecida, há algumas hipóteses que indicam interação entre fatores ambientais ainda não identificados e suscetibilidade genética (3,7).

A EM pode evoluir de forma Remitente Recorrente (RR), ou progressiva, caracterizada pelos subtipos clínicos: Secundariamente Progressivo (SP) e Primariamente Progressivo (PP) (8). O tipo RR é definido por surtos clínicos ou aumento de lesões no sistema nervoso central (SNC), que geram grandes modificações fenotípicas. Os surtos são seguidos por recuperação parcial ou total das incapacidades, e não há progressão da doença entre os surtos (9). Por sua vez, o tipo PP também mostra alterações gerando lesões em SNC, porém não há surtos, havendo progressão da doença desde o seu início (8,10). A progressão neste subtipo ocorre dentro de meses ou anos, sendo um processo de deterioração que ocorre de maneira lenta e irreversível (11). O tipo SP é uma evolução da fase RR, cerca de 10 a 25 anos após a instalação da doença, promovendo uma incapacidade neurológica progressiva e contínua, com ou sem remissão das incapacidades (9).

Dependendo do número e localização das lesões, vários são os sintomas neurológicos decorrentes da EM, dentre os quais podemos destacar: distúrbios sensoriais, principalmente no que se referem à visão, além de fraqueza muscular, dificuldades de locomoção e déficit de equilíbrio, alteração de tônus muscular, e comprometimento da sensibilidade profunda. Além disso, ocorrem alterações das funções do sistema executivo, como atenção, memória, concentração e velocidade de processamento (4,5,12). Outro aspecto descrito de forma importante pelas pessoas com EM é a fadiga, que é caracterizada por sensação de cansaço físico ou mental profundo, perda de energia ou mesmo sensação de exaustão, afetando 75 a 90% dos casos (4).

Não há nenhuma cura conhecida para a EM, mas existem várias terapias voltadas para melhorar a função após um surto, impedindo novos episódios, e prevenindo dificuldades e deficiências decorrentes da doença. Terapias, incluindo medicamentos e reabilitação podem melhorar alguns sintomas, mas não alterar o curso da doença (2). A maior parte das pessoas com EM está inserida em programas contínuos de reabilitação com o objetivo de melhorar a funcionalidade, qualidade de vida e aumento da longevidade (9).

Uma modalidade de intervenção para pessoas com deficiência física que vem crescendo é o uso de Realidade Virtual (RV) (13–16). O uso da RV na reabilitação é um conceito moderno de tratamento baseado no uso de jogos e tarefas para estimular funções físicas, cognitivas ou psicológicas em pessoas com diferentes tipos de deficiência (17). Na RV, o usuário interage com o ambiente em 3D por meio de dispositivos de entrada remotos, como teclado ou mouse, ou por meio de dispositivos mais avançados, como câmera e/ou luvas especiais (18).

Os movimentos utilizados nos jogos eletrônicos, como Wii®, Kinect® ou a webcam de um computador por muitas vezes não apresentam muitas diferenças daqueles

realizados no dia-a-dia. Assim como nos jogos, a pessoa realiza uma tarefa para atingir uma meta e uma melhora funcional. Nos jogos existem pontuações de escores de desempenho, os quais são úteis para fornecer uma noção do desempenho para o próprio participante (feedback), assim como se torna útil em pesquisas pois possibilita a quantificação dos acertos ou erros, permitindo registrar a melhora funcional. As vantagens da RV são inúmeras e incluem a possibilidade de a atividade ser realizada em domicílio, ser conduzida on-line e com a interação com outros pacientes ou amigos (19).

Os efeitos de uma intervenção com RV para pessoas com EM tem sido alvo de estudos, como o realizado por Prosperini et al. (20), que utilizaram a plataforma de força do Nintendo Wii®, a qual pode ser uma alternativa mais econômica e eficaz para os pacientes com EM utilizarem em suas casas, porém os autores recomendam a supervisão por um fisioterapeuta.

Ainda sobre o uso da RV em programas de tratamento, é importante identificar dispositivos de interação que possibilitem melhor funcionalidade para pessoas com EM utilizarem o ambiente virtual, e que existam no mercado. Baram e Miller (21) afirmam que pesquisas que possam vincular a aprendizagem à RV teriam impacto importante na reabilitação da EM, devido à disfunção causada pelos danos em redes interneurais coordenadas.

Portanto, a implementação de ambientes virtuais para reabilitação motora em pessoas com EM pode ser considerada uma proposta interessante no programa terapêutico. Sampson et al. (22) fizeram uma intervenção para melhorar a função dos membros superiores em pessoas com EM utilizando estimulação elétrica funcional (FES) combinada com suporte robótico passivo durante a RV. Com uma amostra de conveniência de cinco pessoas com EM, resultados significativos após o treinamento mostraram uma melhor precisão no desempenho da tarefa de RV, tanto acompanhado

quanto não acompanhado pela FES; e menor comprometimento no membro superior que foi treinado. Os autores afirmam que a viabilidade da FES combinada com a assistência passiva do robô como uma intervenção potencialmente eficaz para melhorar o movimento e o controle do braço.

Massetti et al. (23) mostraram em uma revisão sistemática que as intervenções de RV em pacientes com EM, nos artigos revisados, otimizaram os sistemas de processamento e integração de informações sensoriais, possibilitando o controle postural antecipatório e mecanismo de resposta, e melhorando os parâmetros da marcha. No entanto, levantar a importância de pesquisas adicionais são necessárias para subsidiar os protocolos de reabilitação com RV e aumentar os efeitos do tratamento. Além disso algumas tecnologias apresentam viés em relação ao custo e forma de avaliação. Outros estudos também apontam para a necessidade de customização cuidadosa das estratégias de reabilitação, que devem levar em consideração as limitações motoras, sensoriais e cognitivas dos pacientes (24).

Baram e Miller (21), fizeram um estudo utilizando pistas de feedback visual para melhorar a função da marcha, por meio de um aparelho portátil de RV (um dispositivo de cabeça) que exibia um piso de ladrilhos virtual em um arranjo de xadrez durante a marcha. Após a marcha com as pistas visuais da RV, os pacientes com ataxia cerebelar (decorrentes da EM) apresentaram melhora na velocidade da caminhada e no comprimento da passada. Os autores indicam, portanto, que é possível usar as pistas virtuais para ajudar os pacientes com EM a controlar sua marcha.

Outros estudos também avaliaram o treinamento de RV no equilíbrio em pessoas com EM. Casuso-Holgado et al. (25) realizaram uma revisão sistemática e meta-análise para avaliar as evidências para o uso de RV em deficiências de equilíbrio e marcha na reabilitação de EM, e os resultados mostraram que o treinamento de equilíbrio com RV é

mais eficaz do que nenhuma intervenção para a melhora do controle postural. No entanto, não é mais eficaz do que o treinamento convencional (podendo ser considerado pelo menos tão eficaz quanto) e foram observados resultados inconclusivos para a reabilitação da marcha.

No estudo de Eftekharsadat et al. (26), 15 pacientes com EM foram submetidos a uma intervenção com RV, através de um programa de treinamento para melhora da estabilidade postural e foram comparados com 15 pacientes com EM sem intervenção. Todos os participantes foram avaliados em testes de risco de quedas e estabilidade postural, e houve melhora nos resultados, com índices significativamente maiores no grupo intervenção após 24 sessões de treino de equilíbrio quando comparado ao grupo de participantes com EM sem intervenção.

Gutierrez et al. (27) realizaram um estudo com 50 pacientes com EM, em que metade deles foi submetida a tratamento fisioterapêutico e a outra metade recebeu tratamento de telerreabilitação utilizando o console Xbox 360® monitorado por videoconferência. O objetivo do estudo foi demonstrar o potencial de um programa de telerreabilitação de realidade virtual para melhorar o equilíbrio e o controle postural em pacientes com EM. Os autores afirmam que a RV representa uma alternativa viável à fisioterapia para situações em que o tratamento convencional não está disponível, uma vez que os resultados mostraram melhora do equilíbrio em ambos os grupos.

Chanpimol et al. (28) avaliaram a aceitabilidade e os efeitos de uma intervenção de fisioterapia por telerreabilitação individualizada de 12 semanas, usando jogos virtuais com exercícios (*exergames*). A adesão foi mensurada e um questionário de satisfação foi aplicado. A escolha da telerreabilitação justifica-se pelo fato de que as pessoas com EM muitas vezes enfrentam barreiras significativas aos serviços de fisioterapia ambulatorial, incluindo déficits de mobilidade e falta de transporte, e a integração de *exergames* e

telessaúde nas práticas clínicas de fisioterapia pode superar essas barreiras. Após a intervenção, os participantes demonstraram melhoras significativas na velocidade da marcha e na distância da deambulação. Os participantes apresentaram alta taxa de adesão durante a intervenção e realizaram seu programa de exercícios em média 2,5 vezes por semana. Todos os participantes relataram que estavam "satisfeitos ou "muito satisfeitos" com sua experiência de telerreabilitação, usariam a telerreabilitação novamente e recomendariam a telerreabilitação a outras pessoas.

Pessoas com deficiência imersas em ambientes virtuais melhoram significativamente o seu nível de interação, fazendo com que o avanço tecnológico possibilite, também, a inclusão social e melhora da participação (29). A reabilitação pela RV em pessoas com EM gera motivação (23), sendo uma boa alternativa à reabilitação motora tradicional, que muitas vezes pode ser tediosa, influenciando negativamente a adesão dos pacientes (2).

Embora existam esses estudos sobre o uso da RV na EM, ainda há uma lacuna na literatura sobre a comparação do desempenho com a prática de uma tarefa sem contato físico (ambiente abstrato) e a mesma tarefa praticada com contato físico (ambiente concreto). De acordo com Monteiro et al. (30), em ambientes abstratos que caracterizam uma tarefa de RV, os participantes simulam que estão realizando uma determinada tarefa, desencadeando uma organização espaço-temporal do movimento diferente dos movimentos naturais em ambiente mais concreto, especialmente entre os participantes com distúrbios do movimento. Por exemplo, usar um dispositivo sem contato físico como o sistema Kinect, fornece informações abstratas e pode resultar em desempenho diferente em comparação com a mesma tarefa usando uma tela sensível ao toque, que oferece informações mais concretas com contato físico (31–33). O feedback tátil utilizado em tarefas concretas pode incluir a sensação de toque, temperatura e características de atrito

da superfície associadas ao objeto tocado (34) e esses feedbacks podem influenciar positivamente o desempenho.

Mesmo com os benefícios apontados pelos trabalhos apresentados, existem duas questões importantes na utilização da RV na reabilitação ainda sem uma resposta efetiva: 1) Há diferenças entre tarefas similares realizadas em ambiente real e virtual? e 2) Tarefas realizadas em ambiente virtual permitem transferências para o ambiente real?

Holm e Priglinger (35) citam que ambientes virtuais simulam objetos e tarefas do dia-a-dia, nas quais as pessoas devem reagir como se realizassem ações reais. No entanto, ao executar uma tarefa virtual sem feedback tátil (sem contato físico) provavelmente haverá diferença ao executar tarefa similar em ambiente real (com contato físico).

Portanto, a implementação de ambientes virtuais para reabilitação motora em pessoas com EM pode ser considerado como uma proposta interessante no programa terapêutico, mas os benefícios considerando a melhora de desempenho em ambiente virtual e a transferência para ambientes reais devem ser investigados.

Após as considerações apresentadas, no presente estudo avaliamos pessoas com EM e pessoas sem a doença (grupo controle) durante a realização de tarefas semelhantes, porém com duas formas diferentes de interação (interfaces) em um protocolo de aprendizagem motora. A tarefa consistia em pegar o máximo de bolhas possível no jogo virtual do computador, durante um período de tempo definido. Assim, um grupo praticou a fase de aquisição e retenção utilizando o sistema Kinect com movimento ondulatório das mãos (mais abstrato, sem toque físico) e o outro grupo utilizou o Touchscreen com contato digital (mais concreto, com toque físico). Além disso, após a fase de aquisição e retenção todos os participantes mudaram de interface (ou seja, os grupos que praticam a aquisição e retenção com Kinect mudaram para Touchscreen na fase de transferência e vice-versa).

O objetivo principal do presente estudo foi verificar se há diferenças na realização de uma mesma tarefa usando ambiente abstrato ou concreto. Além disso, nosso protocolo nos permitirá descobrir se praticar as fases de aquisição e retenção usando uma interface específica influenciará o desempenho na tarefa subsequente usando uma interface diferente (fase de transferência).

Levando em consideração que o sistema Kinect (dispositivo abstrato) não fornece feedback tátil e é relativamente novo para os participantes, seria mais difícil realizar a tarefa para as pessoas com EM e o grupo controle. No entanto, acreditamos que esta dificuldade durante a prática possibilitaria uma experiência que proporcionaria novas adaptações durante a aquisição e retenção, resultando em melhor transferência de desempenho para uma situação de ambiente mais real (um ambiente com mais características da vida real, como tela sensível ao toque). Assim, hipotetizamos que em todo protocolo o desempenho do grupo controle seria superior ao desempenho do grupo com EM, e que a tarefa realizada com o sistema Kinect (abstrato) apresentaria maior dificuldade de aquisição e retenção para ambos os grupos, mas com melhor desempenho ao transferir para a tela sensível ao toque.

2. MÉTODO

2.1 Casuística

O estudo foi um ensaio clínico randomizado desenvolvido na ABEM - Associação Brasileira de Esclerose Múltipla (ANEXO A), localizada na cidade de São Paulo/SP registrada no número RBR-8d8rj7 do Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC). Participaram do estudo 56 voluntários com diagnóstico de esclerose múltipla (EM), confirmado previamente por médico especialista e por meio de exames clínicos e de neuroimagem; e 41 voluntários sem a patologia, que compuseram o grupo controle (GC). Todos os participantes selecionados para participar do estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO B), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (CAAE: 89788518.5.0000.0065) (ANEXO C).

Os critérios de inclusão para participação na pesquisa foram: concordância em participar da pesquisa; ter diagnóstico de Esclerose Múltipla, faixa etária entre 20 e 60 anos; pontuação na Escala Expandida do Estado de Incapacidade (EDSS) entre 0 e 8, ausência de surto nos últimos 2 meses; não ter sido submetido a cirurgia ou bloqueio neuromuscular químico nos membros superiores nos últimos seis meses; ausência de lesões de tronco encefálico e cerebelo; ausência de outras doenças neurológicas (tumores, doenças infecciosas ou lesões medulares), ortopédicas (distensões musculares, entorses, luxações, fraturas e quadros álgicos) ou doenças agudas significantes (doenças pulmonares e/ou cardíacas) em período de ocorrência.

O critério de exclusão foi dificuldade para realizar os jogos no computador decorrentes de limitações motoras (fadiga, deformidade ou fraqueza muscular em membros superiores que impeçam o movimento de aceno/ em ondas ou o toque na tela) e dificuldades visuais (neurite óptica e diplopia).

2.2 Procedimento

Após a triagem do processo de recrutamento, um esquema de randomização simples foi realizado usando o Microsoft Excel para Windows por um pesquisador independente não envolvido no recrutamento de participantes ou avaliações.

Os participantes dos dois grupos (EM e GC), foram aleatoriamente designados para um dos 2 subgrupos (Figura 1), no qual dois dispositivos de interação diferentes foram utilizados: Kinect® para interação abstrata e Touchscreen para interação concreta, de acordo com o grupo de alocação dos participantes. Os subgrupos de intervenção foram:

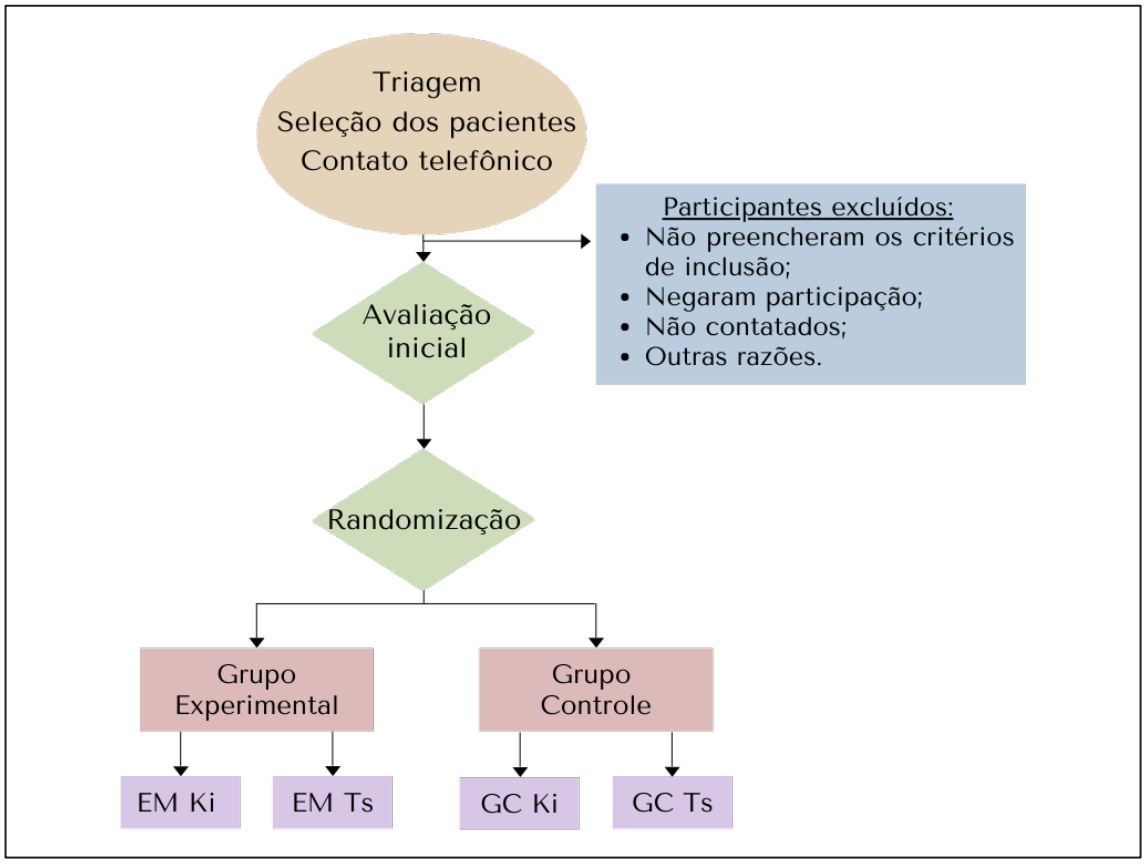
- *Interface Kinect (Ki):* tarefa abstrata – os participantes usaram um movimento de onda (aceno) para completar a tarefa.
- *Interface Touchscreen (Ts):* tarefa concreta – o participante utilizou o movimento da mão para tocar a tela e concluir a tarefa.

2.3 Avaliação inicial

Com o objetivo de caracterizar a amostra do estudo, além de propiciar a análise de possíveis influências das condições de funcionalidade dos participantes no desempenho das tarefas virtuais, foram aplicadas avaliações físicas e psicológicas validadas para a população brasileira.

Os testes foram aplicados aos participantes por um pesquisador avaliador e corrigidos por um auxiliar de pesquisa, ambos especializados na área; e o tratamento dos dados foi realizado por outro pesquisador cegado em relação aos resultados das avaliações.

Figura 1 - Desenho do estudo



Abreviações: EM = Esclerose Múltipla; GC = Grupo Controle; Ki = Kinect; Ts = Touchscreen.

Utilizou-se a Escala Expandida do Estado de Incapacidade - EDSS (36), para classificar a incapacidade da EM, e diferentes avaliações físicas, como a Escala Modificada de Impacto de Fadiga (MFIS) para avaliar a fadiga (37); Teste de caixa e blocos para avaliar a destreza manual (38); Teste do alcance funcional para avaliar a estabilidade do indivíduo (39–41). Além disso, utilizou-se como avaliação psicológica os Testes de Atenção Dividida e Alternada (TEALT e TEADI), referentes à capacidade da pessoa de dividir a atenção, ou seja, a capacidade de buscar mais de dois estímulos simultaneamente durante a tarefa (42).

A Escala Expandida do Estado de Incapacidade (Expanded Disability Status Scale – EDSS) classifica o impacto da doença nas funções das pessoas com EM, sendo uma forma de quantificar os níveis de incapacidades somadas durante a evolução da doença.

É subdividida em oito sistemas funcionais: funções piramidais, cerebelares, tronco encefálico, sensitivas, vesicais, intestinais, visuais e mentais. Com o escore final é possível caracterizar o estadiamento da incapacidade, sendo que quanto menor a pontuação, menor é o comprometimento pela doença (36) (ANEXO D).

A Escala Modificada do Impacto da Fadiga (MFIS), validada e adaptada ao português por Pavan et al. (37), foi utilizada para se avaliar a fadiga dos participantes com EM. A fadiga é um sintoma subjetivo que pode ser definido como sensação de cansaço físico ou mental profundo, perda de energia ou sensação de exaustão, com características diferentes daquelas observadas na depressão ou fraqueza muscular. A MFIS se trata de um questionário com 21 perguntas distribuídas entre os domínios: físico, cognitivo, psicossocial. Cada resposta varia de 0 a 4, totalizando 84 pontos, sendo que escores abaixo de 38 indicam ausência de fadiga e acima disso, quanto maior o escore, maior o grau de fadiga (ANEXO E).

Para correlacionar o desempenho dos voluntários nos jogos de RV com a destreza manual, foi utilizado o Teste de destreza manual da Caixa e Blocos (Box Block Test), validado para pessoas com EM. Este teste é composto por 150 blocos de madeira, confeccionados com 2,5cm², que são colocados um a um, em uma caixa do mesmo material. Com dimensões de 53,7cm de comprimento, 25,4 cm de largura, com bordas de 7,5 cm, separada ao meio por uma divisória de 15,2 cm de altura, gerando dois compartimentos de igual tamanho. Os avaliados devem passar o maior número de blocos de um lado ao outro durante um minuto. O resultado é quantificado pela quantidade de blocos transportados neste intervalo de tempo - blocos/minutos (38).

O teste do alcance funcional, inicialmente descrito por Duncan et al. (39), avalia a estabilidade do indivíduo, através da mensuração do máximo deslocamento anterior que o indivíduo realiza sem perder o equilíbrio e/ou dar um passo. Para tanto o sujeito foi

instruído a manter-se em pé, descalço, com a região dorsal perpendicular à parede, pés paralelos, sem encostar na parede, com flexão de ombro de 90° e cotovelo estendido. Uma fita métrica foi posicionada paralela ao chão na altura do acrômio da pessoa. A medida inicial corresponde à posição do 3° metacarpo (mão fechada), e posteriormente foi feita uma flexão de tronco à frente, chegando à medida final. O teste foi repetido 3 vezes, e calculada a média aritmética entre elas.

Já no Teste de alcance lateral, descrito por Brauer et al. (40), o paciente foi posicionado paralelo à parede, sem encostar, com pés descalços com 10 cm de distância entre a região medial dos calcanhares, abdução de ombro direito de 90° e cotovelo estendido. A fita métrica foi posicionada conforme descrito anteriormente, sendo a medida inicial a posição do 3° dedo na fita métrica. O voluntário foi instruído a deslocar-se o máximo possível para o lado, sem fletir os joelhos, rodar e/ou fletir o tronco, mantendo por 3 segundos, para registar o deslocamento máximo. Foram realizadas 3 tentativas e calculada a média aritmética para cada um dos lados. Para as pessoas que utilizam cadeira de rodas, utilizou-se uma adaptação em ambos os testes, na qual o paciente se manteve em sedestação na cadeira de rodas e os outros parâmetros continuaram iguais (41).

Dentre os testes de avaliação psicológica, o Teste de Atenção Dividida (TEADI) teve como objetivo fornecer uma medida referente à capacidade da pessoa para dividir a atenção, ou seja, a capacidade do indivíduo para procurar mais de dois estímulos simultaneamente. Já o teste de Atenção Alternada (TEALT) objetiva avaliar a capacidade que o sujeito tem para focar a atenção ora em um estímulo, ora em outro, de forma a alternar sua atenção. Estes testes são adequados para adultos de 18 a 72 anos de idade (42).

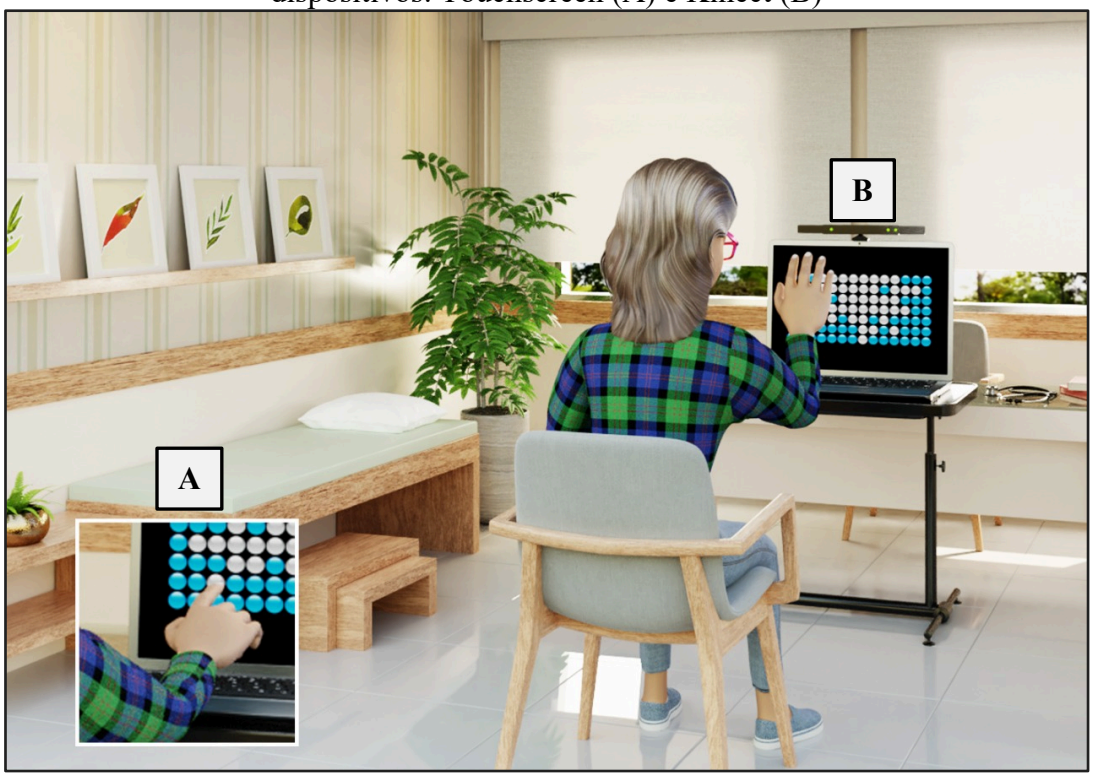
2.4 Tarefa motora e protocolo

Foi utilizado um jogo de computador denominado *"Reaching Bubbles"* (desenvolvido pelo grupo de Sistemas de Informação da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da EACH-USP). A tarefa foi apresentada na tela do computador, na qual 126 bolhas foram dispostas em linhas e colunas (Figura 2) cujo objetivo era que o participante alcançasse o maior número de bolhas durante 10 segundos (cada tentativa).

O programa oferece uma tarefa projetada para medir vários aspectos neuropsicológicos de planejamento, execução, organização espacial, que envolve a necessidade de intenção de se mover para alcançar um objeto virtual e o planejamento desta ação. Como vantagens para esta escolha pode-se citar a baixa demanda cognitiva, facilidade e adaptabilidade para uso em pessoas com EM.

Considerando as diferentes interfaces, optou-se por dois tipos: uma sem contato físico (mais abstrata) representada por Kinect® para Windows da Microsoft®, que consiste em um sensor que capta os movimentos do corpo (incluindo membros superiores). Além dessa, foi utilizada outra interface na qual é necessário o contato físico (toque na tela), ou seja, Touchscreen (mais concreta), onde os participantes realizaram a tarefa com um monitor sensível ao toque na tela do computador.

Figura 2 - Representação do participante realizando a tarefa de alcançar as bolhas pelos dispositivos: Touchscreen (A) e Kinect (B)



Fonte: autoria própria

Após a etapa dos testes físicos e psicológicos, os participantes realizaram as tarefas dos jogos virtuais individualmente em uma sala equipada com computador, mesa e cadeira, na presença do avaliador responsável por fornecer as instruções e registrar os resultados. A cadeira e apoio para os pés foram ajustados de acordo com a altura e necessidades do indivíduo, para estarem posicionados corretamente durante a realização da tarefa.

Os participantes foram orientados a se posicionarem sentados da maneira que julgaram mais confortável para manipular o dispositivo touchscreen ou mover o braço ao utilizar o sistema Kinect, sendo permitido apoio de antebraço e/ou punho na cadeira (ou cadeira de rodas) para minimizar o impacto de possíveis compensações de tronco. Se fosse o caso, podia permanecer sentado em sua própria cadeira de rodas.

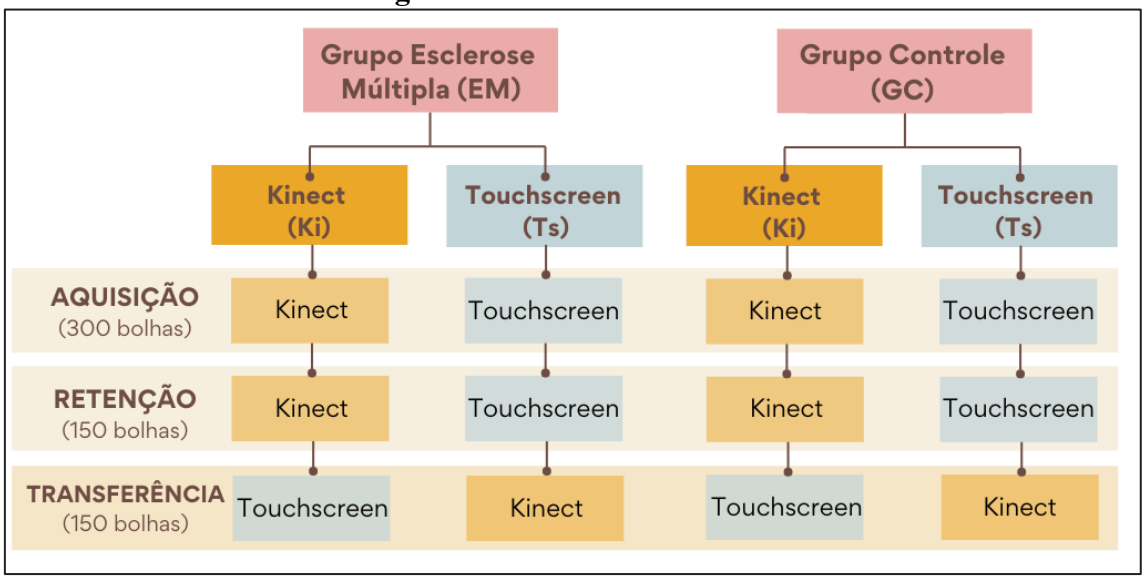
Antes de iniciar a tarefa, a pesquisadora explicou a tarefa de forma verbal e realizou uma demonstração do funcionamento do jogo e das interfaces (Kinect for Windows® ou toque na tela do computador - Touchscreen). Para a coleta de dados foi utilizado um computador Dell i7® com função Touchscreen.

Para responder à questão se tarefas realizadas em ambiente abstrato permitem transferências para o ambiente concreto e vice-versa, foi utilizado um protocolo de aprendizagem motora de curta duração como utilizado por (32,43,44) com fase de aquisição, retenção e transferência. O protocolo de aprendizagem motora, assim como a divisão em subgrupos de diferentes interfaces de interação com os jogos, está ilustrado na Figura 3. Um grupo fez a aquisição e retenção da tarefa na interface abstrata – Kinect e a transferência na interface concreta – Touchscreen (grupo Ki). O outro grupo realizou a sequência oposta, iniciando a aquisição e retenção na interface concreta – Touchscreen, e em seguida a transferência na interface abstrata – Kinect (grupo Ts).

Assim, os participantes realizaram o jogo *Reaching Bubbles* por quantas tentativas foram necessárias até atingir a quantidade de 300 bolhas na fase de aquisição. Após um período de descanso de 10 minutos, os participantes passaram para a fase de retenção com o objetivo de alcançar 150 bolhas, e ao final do protocolo eles tinham que alcançar 150 bolhas, na fase de transferência, utilizando o outro dispositivo de interação (diferente do utilizado na aquisição e retenção).

Em cada tentativa, o participante teve 10 segundos e a possibilidade de atingir 126 bolhas no total. A quantidade de tentativas não foi limitada, e o paciente foi orientado a atingir o máximo possível de bolhas em todas as tentativas.

Figura 3 – Protocolo do estudo



Abreviações: EM = Esclerose Múltipla; GC = Grupo Controle; Ki = Kinect; Ts = Touchscreen.

2.5 Análise dos dados

A caracterização dos participantes (idade, gênero, tipo de EM, tempo de diagnóstico) e as avaliações clínicas por meio de escalas funcionais foram analisadas através de análise estatística descritiva.

ANOVA One-way foi utilizado para indicar se houve diferença significante nas pontuações médias das escalas funcionais e idade, entre as interfaces Kinect (Ki) e Touchscreen (Ts), para os grupos esclerose múltipla (EM) e controle (GC).

Para as comparações entre grupos, interfaces e tentativas, a variável dependente utilizada foi o número de bolhas estouradas. As variáveis dependentes foram submetidas a 2 (grupo: EM, GC) por 2 (interface: Ki, Ts) por 2 (tentativa) ANOVA com medidas repetidas no último fator. Para o fator tentativa, comparações separadas foram feitas para aquisição (primeira tentativa da aquisição – PT versus última tentativa da aquisição – UT, retenção (UT versus tentativa da retenção – R), e transferência (UT versus tentativa da

transferência – T). Comparações post-hoc foram conduzidas usando o teste Tukey-HSD ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

Participaram deste estudo 97 pessoas, 56 no grupo esclerose múltipla (EM) e 41 no grupo controle (GC), pareados por idade e sexo. A tabela 1 mostra a caracterização da amostra nos grupos e subgrupos (Kinect – K e Touchscreen – T), as idades (média e desvio padrão) e o tempo de diagnóstico da doença, assim como o tipo de EM.

Tabela 1 – Caracterização da amostra por subgrupos

	Grupo EM		**Grupo Controle**	
	Ki	**Ts**	**Ki**	**Ts**
n	26	30	21	20
Gênero				
Mulher	19	19	14	12
Homem	7	11	7	8
Idade (média ± dp)	44,7 ± 10,4	44 ± 10,9	41 ± 10,81	40,9 ± 11,8
Tipo de EM				
RR	21	24	-	-
PP	2	2	-	-
SP	3	4	-	-
Tempo de diagnóstico				
Até 1 ano	3	1	-	-
De 1 a 3 anos	1	4	-	-
De 3 a 5 anos	4	3	-	-
De 5 a 10 anos	10	6	-	-
Acima de 10 anos	8	15	-	-
Sem informação		1	-	-

Abreviações: dp = desvio padrão; EM = Esclerose Múltipla; Ki = Kinect; PP = Primariamente progressiva; RR = Remitente recorrente; SP = Secundariamente Progressiva; Ts = Touchscreen.

A tabela 2 mostra o número de pessoas que pontuam em cada item da escala EDSS, individualmente em cada pontuação da escala, e agrupadas em categorias de acordo com o comprometimento, sendo a pontuação de 0 a 2 no EDSS correspondente a um comprometimento mínimo pela doença EM; de 3 a 4 um comprometimento moderado a grave; de 4,5 a 6,5 requer assistência nas tarefas do dia a dia; de 7 a 8 necessita de cadeira de rodas; e 9 restrito ao leito.

Tabela 2 – Distribuição dos participantes com EM conforme classificação pela EDSS.

Pontuação EDSS	Classificação pela EDSS	Grupo EM	
		Ki	Ts
0 – 2,5	Comprometimento mínimo	10 (38%)	13 (44%)
3 – 4	Comprometimento moderado a grave	7 (27%)	6 (20%)
4,5 – 6,5	Requer assistência nas tarefas do dia-a-dia	8 (31%)	10 (33%)
7 – 7,5	Necessita de cadeira de rodas	1 (4%)	1 (3%)

Abreviações: EM = Esclerose Múltipla; Ki = Kinect; Ts = Touchscreen.

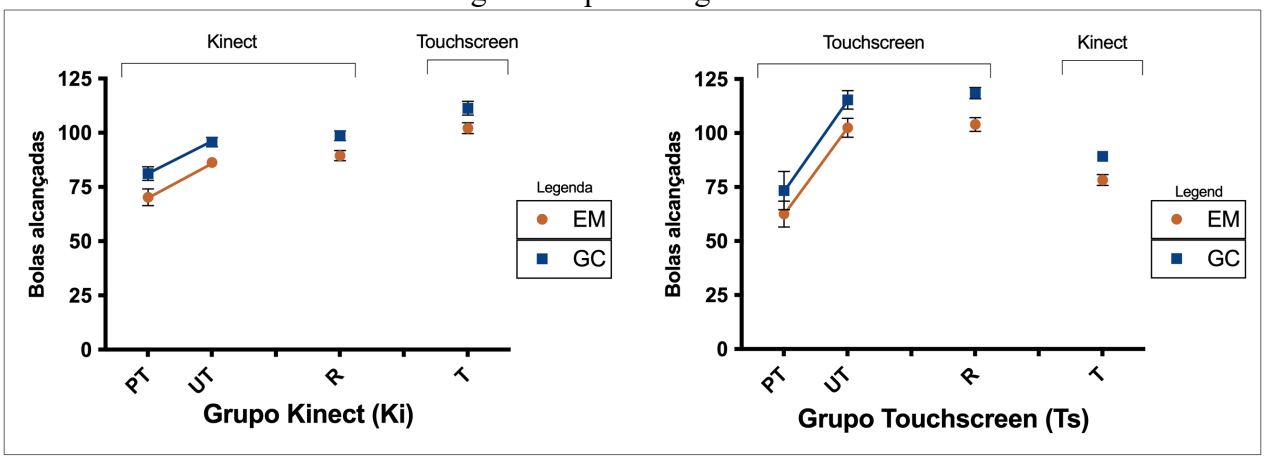
A seguir são apresentados os resultados do desempenho no jogo virtual *Reaching Bubbles*, em cada fase de aprendizagem motora. Estes resultados estão representados na Figura 4. A quantidade de bolhas estouradas na primeira (PT) e última (UT) tentativas da fase de aquisição referem-se ao número total de bolhas estouradas em uma única tentativa (de 10 segundos), dentro do protocolo de 300 bolhas da fase de aquisição.

3.1 Aquisição

Efeitos significativos foram encontrados para Tentativas, $F(1, 89) = 85.3$, $p < .001$, $\eta p2 = .49$, e Grupos, $F(1, 89) = 5.2$, $p = .026$, $\eta 2 = .06$. Esses resultados sugerem que os participantes aumentaram o número de bolhas estouradas da Primeira Tentativa (PT) ($M = 72 \pm 3$) pra Última Tentativa (UT) ($M = 100 \pm 3$) e o grupo EM teve a pior performance ($M = 82 \pm 3$) quando comparada ao GC ($M = 90 \pm 2$). No entanto, mesmo não havendo interação significativa, o teste post hoc encontrou diferença entre os grupos EM e GC que ocorreu apenas na última tentativa - UT ($M = 95 \pm 3$ e 105 ± 3 respectivamente).

Foi encontrada interação para tentativa por interface $F(1, 89) = 14.7$, $p < .001$, $\eta p2 = .14$. O teste post hoc mostrou que os indivíduos foram melhores no touchscreen (M= 109 ± 3) que no Kinect (M= 91 ± 3) mas apenas na última tentativa - UT.

Figura 4 – Número de bolhas estouradas pelos grupos EM e GC durante os estágios da aprendizagem motora.



Abreviações: EM = Grupo Esclerose Múltipla; GC = Grupo Controle; PT = primeira tentativa da fase de aquisição; R = retenção; T = transferência; UT = última tentativa da fase de aquisição.

3.2 Retenção

Não houve diferença significativa entre última tentativa (UT) e retenção (R) nos dois fatores: grupos e interface. Este resultado mostra que eles retiveram a habilidade adquirida na fase de aquisição.

Efeitos significativos foram encontrados para Grupos, $F(1, 88) = 13.2$, $p < .001$, $\eta p2 = .13$, e Interface $F(1, 88) = 31.6$, $p < .001$, $\eta p2 = .27$. Esses resultados sugerem que o GC apresentou melhor desempenho (M= 106 ± 3) quando comparado ao grupo EM (M= 96 ± 2), e um número maior de bolhas foi atingida na interface touchscreen (M = 109 ± 3) quando comparada ao Kinect (M = 93 ± 3).

3.3 Transferência

Efeitos significativos foram encontrados para Tentativas, $F(1, 87) = 9.4$, $p = .003$, $\eta p2 = .10$ e Grupos, $F(1, 87) = 15.5$, $p < .001$, $\eta p2 = .15$. Esses resultados sugerem que os participantes diminuíram o número de bolhas estouradas da Retenção ($M = 100 \pm 2$) para a Transferência ($M = 95 \pm 2$), e ainda, o GC teve um número maior de bolhas estouradas ($M = 103 \pm 3$) que o grupo EM ($M = 92 \pm 2$). Mesmo que não tenha ocorrido interação de tentativa por interface, o teste post-hoc mostrou que o grupo que fez a Aquisição e Retenção no touchscreen (LA $M = 109 \pm 3$) piorou o desempenho na transferência para o Kinect ($M = 83 \pm 2$), mas o grupo que fez a aquisição e retenção no Kinect ($M = 91 \pm 3$) melhorou o desempenho na transferência para o touchscreen ($M = 106 \pm 2$).

Além disso, para comparar se o desempenho na transferência foi melhor do que a primeira tentativa para ambos os grupos e sequências, realizamos comparações separadas entre a primeira tentativa de aquisição (PT) e a Transferência (T) de cada grupo em cada sequência. Para isso, utilizou-se o teste t de amostras independentes que mostrou que houve diferença significativa para o grupo EM entre PT do Grupo Ts e T do Grupo Ki na tela sensível ao toque ($p<0,001$), mas não foi encontrada significância para o PT do Grupo Ki e T do grupo Ts no Kinect. Em relação ao GC houve achados significativos para ambas as condições ($p= 0,040$ e $<0,001$, respectivamente).

3.4 Análise de correlação

A análise de correlação considerando as tentativas PT, UT, R e T e a melhora no número de bolhas estouradas (BE) da primeira pra última tentativa (diferença UT – PT)

foi feita para determinar que fatores (idade; alcance funcional anterior, à direita, e a esquerda; EDSS; teste de atenção alternada – TEALT; teste de atenção dividida – TEADI; teste de destreza manual da caixa e blocos; escala modificada do impacto da fadiga – MFIS) correlacionam-se com o grau de aprendizagem durante a prática para o grupo EM. Estes achados são apresentados na Figura 5. Nós consideramos os achados significantes quando $p < 0.05$.

Figura 5 - Análise de correlação

		Idade	*EDSS*	*TEALT*	*TEADI*	*Alcance funcional anterior*	*Alcance funcional lateral D*	*Alcance funcional lateral E*	*Teste Caixa e blocos*	*MFIS*
Diferença (UT – PT)	*r*	0,086	-0,19	-0,063	-0,002	-0,074	-0,061	-0,264	-0,214	-0,075
	p-value	0,541	0,181	0,668	0,991	0,6	0,664	0,056	0,124	0,595
PT	*r*	**-.369****	-0,168	-0,24	**-.316***	0,237	0,252	**.360****	**.385****	0,001
	p-value	**0,006**	0,239	0,096	**0,027**	0,087	0,068	**0,008**	**0,004**	0,997
UT	*r*	**-.350***	**-.464****	**-.376****	**-.387****	0,2	0,235	0,1	0,199	-0,099
	p-value	**0,01**	**0,001**	**0,008**	**0,006**	0,151	0,09	0,475	0,153	0,483
Retenção	*r*	-0,267	**-.512****	**-.509****	**-.397****	0,246	**.372****	0,244	0,268	-0,117
	p-value	0,056	**0**	**0**	**0,005**	0,079	**0,007**	0,082	0,054	0,408
Transferência	*r*	-0,119	-0,249	-0,191	**-.353***	**.502****	**.295***	**.385****	**.389****	**-.290***
	p-value	0,4	0,082	0,194	**0,014**	**0**	**0,034**	**0,005**	**0,004**	**0,037**

Abreviações: MFIS: escala de impacto de fadiga modificada; PT: primeira tentativa de fase de aquisição; TEALT: teste de atenção alternada; TEADI: teste de atenção dividida; UT: última tentativa da fase de aquisição.

4. DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo foi verificar se indivíduos com Esclerose Múltipla (EM) e sem EM (grupo controle - GC) apresentavam diferenças na realização de uma mesma tarefa utilizando as interfaces Kinect (abstrato) ou Touchscreen (concreto), e descobrir se praticando as fases de aquisição e retenção utilizando uma interface influenciaria o desempenho na interface do dispositivo de interação subsequente (fase de transferência).

Nossa hipótese foi parcialmente confirmada: o grupo controle apresentou melhor desempenho na maior parte do protocolo e a tarefa realizada com o dispositivo Kinect (abstrato) apresentou maior dificuldade na aquisição e retenção para ambos os grupos, mas com melhor desempenho de transferência para Touchscreen (concreto). No entanto, essa melhora de desempenho na fase de transferência só foi verificada no grupo EM. Esses resultados serão discutidos a seguir.

Comparação entre os grupos (EM e GC)

Foi possível observar nos resultados que em ambas as interfaces (Kinect - Ki e Touchscreen - Ts), houve uma melhora no desempenho do jogo para ambos os grupos (EM e GC), evidenciado pelo aumento no número de bolhas alcançadas, da primeira à última tentativa da fase de aquisição. Além disso, na fase de retenção, não houve diferença entre o desempenho da última tentativa de aquisição (UT) e retenção (R), o que indica que os participantes mantiveram a habilidade adquirida na fase de aquisição, em ambos os grupos (Ki e Ts). Esses resultados demonstraram que ambas as interfaces foram capazes de promover melhorias durante a prática.

No entanto, como hipotetizado, o GC teve uma pontuação melhor do que o grupo EM na maioria das fases do protocolo (ou seja, pessoas sem a doença alcançaram mais bolhas no jogo do que pessoas com EM).

Leocani et al. (24) corroboram esses resultados e, usando uma tarefa para rastrear um objeto alvo projetado na tela, demonstraram que o desempenho do grupo EM foi pior que o do GC. Dana, et al. (45) encontraram falta de precisão durante um estímulo visual computadorizado com resposta manual aplicado a pessoas com EM, demonstrando que déficits motores foram observáveis no grupo EM quando comparados ao GC.

Podemos apenas especular sobre a correlação entre as escalas de avaliação da EM e o desempenho no jogo. A correlação mostrou que quanto maior a idade e menor a pontuação nos testes funcionais (ou seja, testes de caixa e blocos, alcance funcional e atenção), pior o desempenho na tarefa.

De maneira mais detalhada, exerceram correlação positiva/proporcional as variáveis dos testes caixa e blocos e alcance funcional (AF); e uma correlação negativa/inversa a EDSS e a fadiga (MFIS). Dessa forma, conforme menor a pontuação na caixa e blocos, o que indica menor destreza manual, menor é pontuação na primeira tentativa e transferência, o que significa pior desempenho no jogo. Também com relação ao AF, conforme menor o AF à direita, menor é pontuação na primeira tentativa e transferência, conforme menor o AF à esquerda, menor é pontuação na retenção e transferência, e conforme menor o AF anterior, menor é pontuação na transferência.

Sobre o EDSS, conforme maior a pontuação, indicando pior o quadro motor na EM, menor é a pontuação na última tentativa e na retenção, ou seja, menos bolhas estouradas. Com relação à escala de fadiga (MFIS), conforme maior a pontuação (maior fadiga), pior é o desempenho na transferência.

Com relação às avaliações psicológicas, exerceu correlação negativa/inversa as variáveis dos testes de atenção alternada – TEALT e atenção dividida – TEADI. Dessa forma, conforme maior a pontuação no TEALT, pior a atenção alternada, e menor é pontuação na última tentativa e retenção; e quanto maior a pontuação na TEADI, pior a atenção dividida, e menor é a pontuação na primeira e última tentativas, e na retenção. Todas as fases de aprendizagem sofrem influência da atenção, sendo que quanto pior a atenção, pior o desempenho.

Esses resultados estão de acordo com a literatura de que alterações motoras na EM decorrentes de fraqueza muscular (46), fadiga (4,47), espasticidade (48), dificuldade em funções do sistema executivo como atenção, memória, concentração, velocidade de processamento (5) poderiam ser responsáveis pelo pior desempenho no grupo EM. Além disso, a inconsistência no desempenho e a imprecisão na execução de tarefas motoras que envolvem sincronização de tempo podem estar relacionadas a alterações no Sistema Nervoso Central de pessoas com EM que repercutem em respostas lentas e atrasadas e afetam a eficácia da tarefa (45). Nesse contexto, Guimarães et al. (49) e Binétruy et al. (50) observaram que pessoas com EM apresentam déficit na velocidade de processamento da informação, principalmente devido à redução na velocidade de condução nervosa secundária a lesões desmielinizantes.

Comparação entre as interfaces utilizadas (Kinect e Touchscreen)

O uso da RV para atividades motoras em pessoas com EM ainda é um campo pouco investigado, principalmente em relação à prática de tarefas abstratas ou concretas (sendo que um determinado tipo de ambiente pode proporcionar mais dificuldade para a execução da prática, do que outro). Dessa forma, torna-se necessário investigar a

possibilidade de praticar uma tarefa em um ambiente abstrato e fornecer transferência para um ambiente concreto (ou seja, praticar uma tarefa em um ambiente abstrato pode promover um melhor desempenho em um ambiente concreto posteriormente). Assim, foi utilizado um protocolo de aprendizagem motora de curta duração em que os participantes praticam a aquisição e retenção em um ambiente específico e transferem o desempenho para o outro.

Considerando os diferentes ambientes, nossos resultados mostraram que a tarefa no ambiente concreto (touchscreen) promoveu melhor desempenho, pois ambos os grupos apresentaram mais bolhas alcançadas na interface Touchscreen quando comparado ao Kinect, durante as fases de aquisição e retenção. Provavelmente o uso de sensações táteis que caracterizam o touchscreen aumenta a sensibilidade dos estímulos e proporciona um canal de comunicação eficiente com melhor desempenho (51). Além disso, a apreensão de um objeto real envolve diferentes partes do sistema tátil e visual quando comparada aos gestos virtuais, nos quais a pessoa age como se fosse tocar um objeto real, mas com feedback sensório-motor diferente (52,53). Assim, a falta de feedback tátil pode ser responsável pelo pior desempenho no sistema Kinect.

Apesar do melhor desempenho em tarefa concreta, pensamos que o resultado mais importante do nosso estudo refere-se à fase de transferência. Observamos que ambos os grupos que praticaram a tarefa no Touchscreen durante a aquisição e retenção pioraram o desempenho na transferência para o Kinect. No entanto, ambos os grupos que praticam a aquisição e retenção com o sistema Kinect apresentaram melhor desempenho na transferência para a interface Touchscreen. Essa transferência de desempenho pode ser confirmada comparando a fase de retenção e transferência para ambos os grupos. Mais importante ainda, praticar primeiro uma tarefa abstrata teve mais influência no grupo MS e isso pode ser observado quando verificamos que indivíduos com EM que iniciaram a

prática no Kinect (abstrato primeiro) apresentaram melhor desempenho em touchscreen posteriormente quando comparados com o grupo com EM que iniciou no touchscreen (ou seja, a prática com Kinect proporcionou um aumento de desempenho na transferência para o touchscreen com maior valor do que quando comparado ao grupo com EM que iniciou no touchscreen).

Podemos considerar que este pode ser um primeiro passo para indicar que praticar uma tarefa abstrata para indivíduos com EM pode melhorar o desempenho em uma tarefa concreta posteriormente. Provavelmente o sistema Kinect é muitas vezes relativamente abstrato com objetos intangíveis, o que pode fornecer diretamente uma tarefa mais difícil (ou seja, ambos os grupos apresentaram pior desempenho durante a prática do Kinect), essa dificuldade durante a tarefa abstrata pode ser responsável pela adaptação sensório-motora e proporcionar um melhor desempenho na tarefa concreta depois.

Isso foi confirmado por alguns estudos que compararam o desempenho de pessoas com postura e movimento alterados em duas tarefas, que diferiam em seus graus de abstração (concreto ou abstrato). Assim, estudos com diferentes patologias como os de: Freitas et al. (31) e Massetti et al. (54) (distrofia muscular de Duchenne), Moraes et al. (55) (transtorno do espectro do autismo), Leal et al. (56) e Monteiro et al. (32) (paralisia cerebral) e Trevisan et al. (57) (esclerose lateral amiotrófica) encontraram resultados semelhantes onde o indivíduo com deficiência apresentou transferência de desempenho para uma tarefa concreta após praticar uma tarefa semelhante em um dispositivo abstrato de maior dificuldade como Kinect ou webcam.

Limitações e estudos futuros

Embora tenhamos encontrado resultados interessantes sobre o uso da RV em indivíduos com EM, podemos apontar algumas limitações: (1) a falta de familiaridade com os dispositivos sem contato físico pode influenciar nos resultados; (2) achamos que nossos resultados não podem ser extrapolados para outras tarefas de RV, provavelmente estudos futuros devem ser feitos para reforçar nossos achados. (3) usamos uma tarefa de RV não imersiva, mais estudos devem ser feitos com tarefas mais abstratas como RV imersiva, (4) não analisamos padrões de movimento durante a execução da tarefa, pois esses dados podem fornecer resultados interessantes para identificar adaptação e estratégias de compensação, sugerimos que estudos futuros sejam feitos com uma avaliação cinematográfica (5).

No presente estudo foi realizado um protocolo de um único dia, podendo um protocolo com duração mínima de 10 dias proporcionar melhores resultados no desempenho, e consideramos que isso deve ser abordado no futuro.

5. CONCLUSÃO

Concluiu-se que a implementação de um ambiente virtual para melhorar o desempenho de pessoas com EM pode ser considerada uma proposta interessante no programa terapêutico. Em nosso estudo, as pessoas com EM tiveram pior desempenho do que o grupo controle. No entanto, os indivíduos com EM melhoraram o desempenho motor em uma tarefa de RV com dispositivos de interação abstratos e concretos, porém o desempenho é melhor quando a aquisição ocorre em uma tarefa abstrata e mais difícil, e a transferência é feita para uma tarefa similar, mas no dispositivo de interação mais concreto.

6. ANEXOS

6.1 **Anexo A** – Autorização para pesquisa na instituição

ABEM – Associação Brasileira de Esclerose Múltipla

multiple sclerosis international federation

ANEXO I

Ao Comitê de Ética em Pesquisa do Sistema Plataforma Brasil,

Afirmo, para os devidos fins, que a Ana Maria Canzonieri autoriza a realização de coleta de dados para a execução do projeto de pesquisa intitulado "ANÁLISE DO DESEMPENHO MOTOR EM TAREFAS DE REALIDADE VIRTUAL EM PESSOAS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA", a partir do Consentimento Livre e Esclarecido dos pacientes e/ou responsáveis pelos pacientes com doenças neurológicas, que realizam acompanhamento clínico e terapêutico na instituição ABEM – Associação Brasileira de Eslcerose Múltipla, a pesquisa é responsabilidade do pesquisador Fisioterapeuta Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro da Escola de Artes Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo – EACH - USP.

São Paulo, 08 de junho de 2017.

Ana Maria Canzonieri
CRP 06/46571-6

Ana Maria Canzonieri

Supervisora Técnica/Psicóloga

6.2 **Anexo B** – Aprovação CEP

USP - FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FMUSP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DO DESEMPENHO MOTOR EM TAREFAS DE REALIDADE VIRTUAL EM PESSOAS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA

Pesquisador: Carlos Bandeira de Mello Monteiro

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 89788518.5.0000.0065

Instituição Proponente: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.728.404

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

SAO PAULO, 21 de Junho de 2018

Assinado por:
Maria Aparecida Azevedo Koike Folgueira
(Coordenador)

6.3 **Anexo C** – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME: .....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: ..... SEXO: M☐ F☐
DATA NASC: ...../...../.....
ENDEREÇO ..... Nº:..... APTO: .....
BAIRRO: ..... CIDADE: ..... CEP:.....
TELEFONE: (.....) .....

2.RESPONSÁVEL LEGAL .....
NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.) .....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: ..... SEXO: M☐ F☐
DATA NASC: ...../...../.....
ENDEREÇO ..... Nº:..... APTO: .....
BAIRRO: ..... CIDADE: ..... CEP:.....
TELEFONE: (.....) .....

DADOS SOBRE A PESQUISA

- TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: Análise do desempenho motor em tarefas de realidade virtual em pessoas com esclerose múltipla.

- PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Prof. Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro.

CARGO/FUNÇÃO: Professor / Fisioterapeuta
INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº 16531-F
UNIDADE DO HCFMUSP: Departamento de Fonoaudiologia, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

- AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO ☒ RISCO MÉDIO ☐

RISCO BAIXO ☐ RISCO MAIOR ☐

- DURAÇÃO DA PESQUISA: 24 meses

1 – **Desenho do estudo e objetivo(s):**

O objetivo desta pesquisa será verificar se dispositivos de interação mais abstratos (sem toque físico - mais virtual) permitem melhora de desempenho na tarefa, quando comparados com dispositivos mais concretos (com toque físico) em pessoas com esclerose múltipla. Assim como, verificaremos se a prática de uma tarefa em ambiente abstrato permite transferência de desempenho ao realizar tarefa similar em ambiente concreto e vice-versa. Os participantes serão

divididos em dois grupos, constituídos por indivíduos com e sem esclerose múltipla. Todos os participantes irão executar os mesmos procedimentos descritos no item 2.

2 – Descrição dos procedimentos que serão realizados, com seus propósitos e identificação:

Você será posicionado confortavelmente em uma cadeira ou em sua própria cadeira de rodas, quando for o caso. Antes de iniciar a tarefa, será explicado verbalmente o funcionamento do jogo, juntamente com uma demonstração feita pelo examinador. Você irá realizar uma série de jogos de computador utilizando apenas as teclas do computador, o toque na tela, ou a câmera (webcam) do notebook, que irá captar os seus movimentos. Esses jogos irão registrar seu desempenho motor e tempo para executar as tarefas. Informamos que o tempo estimado de sua participação será de 45 minutos.

3 – Descrição dos desconfortos e riscos esperados nos procedimentos do item 2:

A coleta de dados não causa nenhum risco para o voluntário, porém poderá provocar desconfortos devido ao número de repetições. Caso ocorra desconforto, será realizada uma pausa no protocolo, até que o voluntário se sinta confortável em retomar o procedimento e continuar a tarefa.

4 – Benefícios para o participante:

Não há nenhum benefício direto esperado com sua participação, a não ser a diversão característica do uso de jogos virtuais. Porém, com este trabalho poderemos responder várias perguntas sobre como pessoas com Esclerose Múltipla conseguem ou não fazer algum movimento. Estes dados irão ajudar vários familiares e deficientes a entender melhor a Esclerose Múltipla. Os benefícios virão a partir dos resultados do estudo, na medida em que fornecerão dados para o tratamento de outros pacientes.

5 – Relação de procedimentos alternativos que possam ser vantajosos, pelos quais o paciente pode optar:

Não há procedimentos alternativos.

6 – Garantia de acesso:

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro, que pode ser encontrado na EACH – USP no endereço Rua Arlindo Béttio, 1000 – Ermelino Matarazzo – São Paulo, telefone: (11) 99953-0716, a investigadora executante é a Fisioterapeuta Camila Miliani Capelini, que pode ser encontrada pelo telefone (11) 96430-7979. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) –Av. Dr. Arnaldo, 455 – Instituto Oscar Freire – 1º andar– tel: 3061-8004, FAX: 3061-8004– E-mail: cep.fmusp@hcnet.usp.br

7 – É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição:

Caso não queira mais participar do trabalho, você tem a liberdade de retirar seu consentimento e não será prejudicado ou cobrado de nada, sendo garantida a continuidade do seu tratamento na instituição.

8 – Direito de confidencialidade:

Os resultados desta pesquisa serão divulgados em congressos e publicações em revistas científicas, no entanto, o nome dos participantes é confidencial e não será exposto em momento algum.

9 – Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas:

Se quiser saber mais sobre este trabalho ou tiver alguma dúvida do que estamos fazendo com suas respostas, estamos à disposição para ajudar e se necessário podemos mostrar o trabalho com mais detalhes. É garantido o acesso, a qualquer momento, às informações sobre procedimento, riscos e benefícios relacionados à pesquisa.

10 – Despesas e compensações:

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

11 - Compromisso do pesquisador:

Nos comprometemos em utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo: "Análise do desempenho motor em tarefas de realidade virtual em pessoas com esclerose múltipla". Eu discuti com o Dr. Carlos Bandeira de Mello Monteiro sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades, prejuízos, ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido no meu atendimento neste serviço.

Data ____/____/____

_____

Assinatura do paciente/representante legal

(Somente para o responsável do projeto)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Data ____/____/____

_____

Assinatura do responsável pelo estudo

Pesquisadora executante: Fisioterapeuta Camila Miliani Capelini (11) 96430-7979

6.4 **Anexo D** – Escala Expandida do Estado de Incapacidade - EDSS

Kurtzke Expanded Disability Status Scale (EDSS)

- ☐ 0.0 - Normal neurological exam (all grade 0 in all Functional System (FS) scores*).
- ☐ 1.0 - No disability, minimal signs in one FS* (i.e., grade 1).
- ☐ 1.5 - No disability, minimal signs in more than one FS* (more than 1 FS grade 1).
- ☐ 2.0 - Minimal disability in one FS (one FS grade 2, others 0 or 1).
- ☐ 2.5 - Minimal disability in two FS (two FS grade 2, others 0 or 1).
- ☐ 3.0 - Moderate disability in one FS (one FS grade 3, others 0 or 1) or mild disability in three or four FS (three or four FS grade 2, others 0 or 1) though fully ambulatory.
- ☐ 3.5 - Fully ambulatory but with moderate disability in one FS (one grade 3) and one or two FS grade 2; or two FS grade 3 (others 0 or 1) or five grade 2 (others 0 or 1).
- ☐ 4.0 - Fully ambulatory without aid, self-sufficient, up and about some 12 hours a day despite relatively severe disability consisting of one FS grade 4 (others 0 or 1), or combination of lesser grades exceeding limits of previous steps; able to walk without aid or rest some 500 meters.
- ☐ 4.5 - Fully ambulatory without aid, up and about much of the day, able to work a full day, may otherwise have some limitation of full activity or require minimal assistance; characterized by relatively severe disability usually consisting of one FS grade 4 (others or 1) or combinations of lesser grades exceeding limits of previous steps; able to walk without aid or rest some 300 meters.
- ☐ 5.0 - Ambulatory without aid or rest for about 200 meters; disability severe enough to impair full daily activities (e.g., to work a full day without special provisions); (Usual FS equivalents are one grade 5 alone, others 0 or 1; or combinations of lesser grades usually exceeding specifications for step 4.0).
- ☐ 5.5 - Ambulatory without aid for about 100 meters; disability severe enough to preclude full daily activities; (Usual FS equivalents are one grade 5 alone, others 0 or 1; or combination of lesser grades usually exceeding those for step 4.0).
- ☐ 6.0 - Intermittent or unilateral constant assistance (cane, crutch, brace) required to walk about 100 meters with or without resting; (Usual FS equivalents are combinations with more than two FS grade 3+).

- ❑ 6.5 - Constant bilateral assistance (canes, crutches, braces) required to walk about 20 meters without resting; (Usual FS equivalents are combinations with more than two FS grade 3+).
- ❑ 7.0 - Unable to walk beyond approximately 5 meters even with aid, essentially restricted to wheelchair; wheels self in standard wheelchair and transfers alone; up and about in wheelchair some 12 hours a day; (Usual FS equivalents are combinations with more than one FS grade 4+; very rarely pyramidal grade 5 alone).
- ❑ 7.5 - Unable to take more than a few steps; restricted to wheelchair; may need aid in transfer; wheels self but cannot carry on in standard wheelchair a full day; May require motorized wheelchair; (Usual FS equivalents are combinations with more than one FS grade 4+).
- ❑ 8.0 - Essentially restricted to bed or chair or perambulated in wheelchair, but may be out of bed itself much of the day; retains many self-care functions; generally has effective use of arms; (Usual FS equivalents are combinations, generally grade 4+ in several systems).
- ❑ 8.5 - Essentially restricted to bed much of day; has some effective use of arm(s); retains some self-care functions; (Usual FS equivalents are combinations, generally 4+ in several systems).
- ❑ 9.0 - Helpless bed patient; can communicate and eat; (Usual FS equivalents are combinations, mostly grade 4+).
- ❑ 9.5 - Totally helpless bed patient; unable to communicate effectively or eat/swallow; (Usual FS equivalents are combinations, almost all grade 4+).
- ❑ 10.0 - Death due to MS.

---

*Excludes cerebral function grade 1.

Note 1: EDSS steps 1.0 to 4.5 refer to patients who are fully ambulatory and the precise step number is defined by the Functional System score(s). EDSS steps 5.0 to 9.5 are defined by the impairment to ambulation and usual equivalents in Functional Systems scores are provided.

Note 2: EDSS should not change by 1.0 step unless there is a change in the same direction of at least one step in at least one FS.

Sources: Kurtzke JF. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). Neurology. 1983 Nov;33(11):1444-52.

Haber A, LaRocca NG. eds. Minimal Record of Disability for multiple sclerosis. New York: National Multiple Sclerosis Society; 1985.

6.5 **Anexo E** – Escala modificada do impacto da fadiga (MFIS)

Nome:_____ Data: ____/____/_____

Descrição das questões	Nunca 0	Raro 1	Poucas vezes 2	Muitas vezes 3	Sempre 4
1. Eu tenho estado menos atento (a)					
2. Eu tenho tido dificuldades de prestar atenção pôr longos periodos					
3. Eu tenho sido incapaz de pensar claramente					
4. Eu tenho sido desajeitado e descoordenado					
5. Eu tenho estado esquecido					
6. Eu tenho tido que me adequar nas minhas atividades fisicas					
7. Eu tenho estado menos motivado para fazer qualquer coisa que requer esforço fisico					
8. Eu tenho estado menos motivado para participar de atividades sociais					
9. Eu tenho estado limitado nas minhas habilidades para fazer coisas fora de casa					
10. Eu tenho dificuldades em manter esforço fisico pôr longos periodos					
11. Eu tenho tido dificuldades em tomar decisões					
12. Eu tenho estado menos motivado para fazer algo que requer pensar					
13. Meus músculos têm sentido fraqueza					
14. Eu tenho estado fisicamente desconfortável					
15. Eu tenho tido dificuldades em terminar tarefas que requerem esforço pensar					
16. Eu tenho tido dificuldades em organizar meus pensamentos quando estou fazendo coisas em casa ou no trabalho					
17. Eu tenho estado menos capaz de completar tarefas que requerem esforço fisico					
18. Meu pensamento tem estado mais lento					
19. Eu tenho tido dificuldades em concentração					
20. Eu tenho limitação nas minhas atividades fisicas					
21. Eu tenho precisado descansar com mais frequência ou pôr longos periodos					

Considerações: O formato das respostas permite escores de 0 a 4 para cada item. O dominio fisico permite escores de 0 a 36, o cognitivo de 0 a 40 e o psicossocial de 0 a 8. O escore total da MFIS é dado pela soma dos três dominios e varia de 0 a 84 pontos. Valores abaixo de 38 correspondem à ausência de fadiga, e acima deste valor, quanto maior o escore, maior o grau de fadiga do individuo.

FONTE: PAVAN, K., SCHMIDT,K., MARANGONI, B., MENDES, M.F., TILBERY, C.P., LIANZA, S. Esclerose múltipla:adaptação transcultural e validação da escala modificada de impacto de fadiga. Arq. Neuro-Psiquiatr., vol. 65, p. 669-673, 2007.

7. REFERÊNCIAS*

1. Callegaro D, Goldbaum M, Morais L, Tilbery CP, Moreira MA, Gabbai AA, et al. The prevalence of multiple sclerosis in the city of São Paulo, Brazil, 1997. *Acta Neurologica Scandinavica.* 2001;104(4):208–13.

2. Lozano-Quilis JA, Gil-Gómez H, Gil-Gómez JA, Albiol-Pérez S, Palacios-Navarro G, Fardoun HM, et al. Virtual rehabilitation for multiple sclerosis using a kinect-based system: Randomized controlled trial. *JMIR Serious Games*. 2014;2(2).

3. Compston A, Coles A. Multiple sclerosis. *Lancet*. 2002;359(9313):1221–31.

4. Khan F, Amatya B, Galea M. Management of fatigue in persons with multiple sclerosis. *Front Neurol.* 2014;5:177.

5. Alves B, Angeloni R, Azzalis L, Pereira E, Perazzo F, Rosa PC, et al. Esclerose múltipla: revisão dos principais tratamentos da doença. *Saúde e meio ambiente: Revista interdisciplinar*. 2014;3(2):19–34.

6. Lopes KN, Alberto L, Nogueira C, Nóbrega FR, Alvarenga-Filho H, Maria R, et al. Limitação funcional, fadiga e qualidade de vida na forma progressiva primária da Esclerose Múltipla. *Revista Neurociências*. 2010;18(1):13–17.

7. Willer CJ, Dyment DA, Risch NJ, Sadovnick AD, Ebers GC, Group CCS. Twin concordance and sibling recurrence rates in multiple sclerosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2003;100(22):12877–82.

8. Lublin FD. New multiple sclerosis phenotypic classification. *European Neurology.* 2014;72:1–5.

9. O'Connor P. Key issues in the diagnosis and treatment of multiple sclerosis: An overview. *Neurology*. 2002;59:S1-33.

*De acordo com:
Adaptado de International Committee of Medical Journals Editors (Vancouver).
Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias da FMUSP. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia A.L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de S. Aragão, Suely C. Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.
Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com List of Journals Indexed in Index Medicus.

10. Lucchinetti C, Bruck W. The pathology of primary progressive multiple sclerosis. *Mult Scler.* 2004;10(3):S23–30.

11. Pender MP. The pathogenesis of primary progressive multiple sclerosis: Antibody-mediated attack and no repair? *J Clin Neurosci.* 2004;11(7):689-692.

12. Cardoso FAG. Atuação fisioterapêutica na esclerose múltipla forma recorrente-remitente. *Revista Movimenta.* 2010;3(2):69–75.

13. Barton GJ, Hawken MB, Foster RJ, Holmes G, Butler PB. The effects of virtual reality game training on trunk to pelvis coupling in a child with cerebral palsy. *J Neuroeng Rehabil.* 2013;10:15.

14. Burdea GC, Cioi D, Kale A, Janes WE, Ross SA, Engsberg JR. Robotics and gaming to improve ankle strength, motor control, and function in children with cerebral palsy – a case study series. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2013;21(2):165–73.

15. Mitchell L, Ziviani J, Oftedal S, Boyd R. The effect of virtual reality interventions on physical activity in children and adolescents with early brain injuries including cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2012;54(7):667–71.

16. Riener R, Dislaki E, Keller U, Koenig A, van Hedel H, Nagle A. Virtual reality aided training of combined arm and leg movements of children with CP. *Stud Health Technol Inform.* 2013;184:349–55.

17. Gonçalves DC, Fernani L, Tereza M, Prado A, Fell RF, Largueza Dos Reis N, et al. Motor intervention in children with school learning difficulties. *Journal of Human Growth and Development.* 2013;23(2):209–14.

18. Yanovich E, Ronen O. The use of virtual reality in motor learning: a multiple pilot study review. *Adv Phys Educ.* 2015;5(03):188-93.

19. Hurkmans HL, van den Berg-Emons RJ, Stam HJ. Energy expenditure in adults with cerebral palsy playing Wii Sports. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(10):1577–81.

20. Prosperini L, Fortuna D, Giannì C, Leonardi L, Marchetti MR, Pozzilli C. Home-based balance training using the Wii balance board: a randomized, crossover pilot study in multiple sclerosis. *Neurorehabil Neural Repair.* 2013;27(6):516–25.

21. Baram Y, Miller A. Virtual reality cues for improvement of gait in patients with multiple sclerosis. *Neurology*. 2006;66(2):178-181.

22. Sampson P, Freeman C, Coote S, Demain S, Feys P, Meadmore K, et al. Using Functional Electrical Stimulation Mediated by Iterative Learning Control and Robotics to Improve Arm Movement for People with Multiple Sclerosis. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2016;24(2):235–48.

23. Massetti T, Trevizan IL, Arab C, Favero FM, Ribeiro-Papa DC, de Mello Monteiro CB. Virtual reality in multiple sclerosis - A systematic review. *Mult Scler Relat Disord.* 2016;8:107-12.

24. Leocani L, Comi E, Annovazzi P, Rovaris M, Rossi P, Cursi M, et al. Impaired short-term motor learning in multiple sclerosis: Evidence from virtual reality. *Neurorehabilitation and Neural Repair.* 2007;21(3):273–8.

25. Casuso-Holgado MJ, Martín-Valero R, Carazo AF, Medrano-Sánchez EM, Cortés-Vega MD, Montero-Bancalero FJ. Effectiveness of virtual reality training for balance and gait rehabilitation in people with multiple sclerosis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2018;32(9):1220-34.

26. Eftekharsadat B, Babaei-Ghazani A, Mohammadzadeh M, Talebi M, Eslamian F, Azari E. Effect of virtual reality-based balance training in multiple sclerosis. *Neurological Research.* 2015;37(6):539–44.

27. Gutiérrez RO, Galán Del Río F, Cano-De La Cuerda R, Alguacil Diego IM, Diego A, González RA, et al. A telerehabilitation program by virtual reality-video games improves

balance and postural control in multiple sclerosis patients. *NeuroRehabilitation.* 2013;33(4):545–54.

28. Chanpimol S, Benson K, Maloni H, Conroy S, Wallin M. Acceptability and outcomes of an individualized exergaming telePT program for veterans with multiple sclerosis: a pilot study. *Arch Physiother.* 2020;10:18.
29. Shih CH, Chang ML, Shih CT. A new limb movement detector enabling people with multiple disabilities to control environmental stimulation through limb swing with a gyration air mouse. *Research in Developmental Disabilities.* 2010;31(4):875–80.
30. de Mello Monteiro CB, Massetti T, da Silva TD, van der Kamp J, de Abreu LC, Leone C, et al. Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2014;35(10):2430–7.
31. de Freitas BL, da Silva TD, Crocetta TB, Massetti T, de Araújo LV, Coe S, et al. Analysis of different device interactions in a virtual reality task in individuals with Duchenne muscular dystrophy-a randomized controlled trial. *Frontiers in Neurology*. 2019;10:24.
32. de Mello Monteiro CB, Massetti T, da Silva TD, van der Kamp J, de Abreu LC, Leone C, et al. Transfer of motor learning from virtual to natural environments in individuals with cerebral palsy. *Res Dev Disabil.* 2014;35(10):2430–7.
33. de Mello Monteiro CB, Jakabi CM, dos Santos Palma GC, Torriani-Pasin C, Junior C de MM. Aprendizagem motora em crianças com paralisia cerebral. *Journal of Human Growth and Development*. 2010;20(2):250–62.
34. Park ES, Park C il, Cho SR, Lee JW, Kim EJ. Assessment of autonomic nervous system with analysis of heart rate variability in children with spastic cerebral palsy. *Yonsei Med J.* 2002;43(1):65–72.
35. Holm R, Priglinger M. Virtual reality training as a method for interactive and experience-based learning. In: Intelligent Energy Conference and Exhibition. OnePetro; 2008.

36. Kurtzke JF. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*. 1983;33(11):1444.

37. Pavan K, Schmidt K, Marangoni B, Mendes MF, Tilbery CP, Lianza S. Esclerose múltipla: adaptação transcultural e validação da escala modificada de impacto de fadiga. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 2007;65:669–73.

38. Mendes MF, Tilbery CP, Balsimelli S, Moreira MA, Cruz AMB. Teste de destreza manual da caixa e blocos em indivíduos normais e em pacientes com esclerose múltipla. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria.* 2001;59:889–94.

39. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol.* 1990;45(6):M192–7.

40. Brauer S, Burns Y, Galley P. Lateral reach: a clinical measure of medio-lateral postural stability. *Physiotherapy Research International.* 1999;4(2):81–8.

41. Thompson M, Medley A. Forward and lateral sitting functional reach in younger, middle-aged, and older adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy.* 2007;30(2):43–8.

42. Rueda FJM, Muniz M. Evidência de validade convergente entre testes para avaliação da atenção concentrada, dividida e alternada. *Estudos Interdisciplinares em Psicologia.* 2012;3(2):162–81.

43. da Silva TD, Ribeiro-Papa DC, Coe S, Malheiros SRP, Massetti T, Junior C de MM, et al. Evaluation of speed-accuracy trade-off in a computer task to identify motor difficulties in individuals with Duchenne Muscular Dystrophy-a cross-sectional study. *Res Dev Disabil.* 2020;96:1-9.

44. de Mello Monteiro CB, da Silva TD, de Abreu LC, Fregni F, de Araujo LV, Ferreira FHIB, et al. Short-term motor learning through non-immersive virtual reality task in individuals with down syndrome. *BMC Neurology.* 2017;17(1):1–8.

45. Dana A, Rafiee S, Gholami A. Motor reaction time and accuracy in patients with multiple sclerosis: effects of an active computerized training program. *Neurological Sciences.* 2019;40(9):1849–54.

46. Hoang PD, Gandevia SC, Herbert RD. Prevalence of joint contractures and muscle weakness in people with multiple sclerosis. *Disabil Rehabil.* 2014;36(19):1588–93.

47. Broch L, Simonsen CS, Flemmen HØ, Berg-Hansen P, Skardhamar Å, Ormstad H, et al. High prevalence of fatigue in contemporary patients with multiple sclerosis. *Mult Scler J Exp Transl Clin.* 2021;7(1):1-10.

48. Rizzo MA, Hadjimichael OC, Preiningerova J, Vollmer TL. Prevalence and treatment of spasticity reported by multiple sclerosis patients. *Multiple Sclerosis Journal.* 2004;10(5):589–95.

49. Guimarães J, Sá MJ. Cognitive dysfunction in multiple sclerosis. *Front Neurol.* 2012; 3:74.

50. Binétruy M, Chopard G, Laurent E, Galmiche J, Vandel P, Moreau T, et al. Slowing of information processing speed without motor slowing in multiple sclerosis observed during two crossing-off tasks. *Rev Neurol (Paris).* 2016;172(3):225–30.

51. Spence C. Crossmodal attention and multisensory integration: implications for multimodal interface design. In: Proceedings of the 5th international conference on Multimodal interfaces. 2003. p. 3.

52. Goodale MA, Jakobson LS, Keillor JM. Differences in the visual control of pantomimed and natural grasping movements. *Neuropsychologia*. 1994;32(10):1159–78.

53. van der Kamp J, Rivas F, van Doorn H, Savelsbergh G. Ventral and dorsal system contributions to visual anticipation in fast ball sports. *International Journal of Sport Psychology.* 2008;39(2):100.

54. Massetti T, Favero FM, Menezes LDC de, Alvarez MPB, Crocetta TB, Guarnieri R, et al. Achievement of virtual and real objects using a short-term motor learning protocol in people with duchenne muscular dystrophy: a crossover randomized controlled trial. *Games Health J.* 2018;7(2):107–15.

55. Moraes ÍAP, Silva TD, Massetti T, Menezes LDC, Ribeiro VF, Tropiano LMCC, et al. Fractal correlations and linear analyses of heart rate variability in healthy young people with different levels of physical activity. *Cardiology in the Young.* 2019;29(10):1236–42.

56. Leal AF, da Silva TD, Lopes PB, Bahadori S, de Araújo LV, da Costa MVB, et al. The use of a task through virtual reality in cerebral palsy using two different interaction devices (concrete and abstract) - A cross-sectional randomized study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2020;17:1-10.

57. Trevizan IL, Silva TD, Dawes H, Massetti T, Crocetta TB, Favero FM, et al. Efficacy of different interaction devices using non-immersive virtual tasks in individuals with Amyotrophic Lateral Sclerosis: A cross-sectional randomized trial. *BMC Neurology.* 2018;18(1):209.