

USABILIDADE E APLICABILIDADE DE JOGOS VIRTUAIS EM PESSOAS COM CONDIÇÃO NEUROLÓGICA

Aline Messias Bueno (IC) e Zodja Graciani (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackenzie

RESUMO

Os avanços recentes em tecnologia têm permitido aos terapeutas da reabilitação aplicar a Realidade Virtual (RV) nas avaliações e tratamentos. **Objetivo:** verificar a aplicabilidade e usabilidade do jogo computacional Movehero como recurso terapêutico em adultos com sequelas de condições neurológicas. **Método:** Trata-se de um ensaio clínico observacional transversal controlado com 16 adultos entre 31 e 59 anos, 10 homens e 6 mulheres, alocados em dois grupos (GE – pessoas com sequelas motoras decorrentes de condição neurológica e GC – pessoas sem condição neurológica de base e com desempenho típico). O protocolo consistiu na aplicação do jogo digital Movehero. Antes da caracterização da amostra aplicou-se o questionário de desconforto SSQ pré-jogo e após a prática, o SSQ foi reaplicado juntamente ao questionário System Usability Scale (SUS), a fim de verificar o nível de usabilidade. Os dados coletados foram analisados de modo descritivo e apresentados em valores percentuais, de média e desvio padrão. **Resultados:** Os resultados obtidos revelaram índices de usabilidade positiva tanto no GE - com pontuação média de 82,19 ($\pm 10,89$) - quanto no GC - com pontuação média de 89,37 ($\pm 7,53$). Além disso, não houve relatos de desconforto por parte dos participantes, conforme indicado pelos resultados do Questionário de Sintomatologia (SSQ). **Conclusão:** O jogo digital Movehero apresenta usabilidade positiva, o que indica um potencial para impactar positivamente o desempenho motor, podendo ser empregado na reabilitação de indivíduos com sequelas motoras decorrentes de condições neurológicas, desde que apresentem condições físicas adequadas e estabilidade em posição ortostática para a participação.

Palavras-chave: Realidade Virtual, Fisioterapia Neurofuncional, doenças do sistema nervoso

ABSTRACT

Recent advancements in technology have enabled rehabilitation therapists to incorporate Virtual Reality (VR) into assessments and treatments. **Objective:** To verify the applicability and usability of the exergame Movehero as a therapeutic resource for adults with neurological sequelae. **Method:** This is a controlled cross-sectional observational clinical trial involving 16 adults aged 31 to 59, 10 males and 6 females, allocated into two groups (EG - individuals with motor sequelae from neurological conditions, and CG - individuals without underlying neurological conditions and with typical performance). The protocol involved the application of the digital game Movehero. Prior to sample characterization, the SSQ discomfort questionnaire

was administered pre-game, and after practice, the SSQ was re-administered along with the System Usability Scale (SUS) questionnaire to assess usability levels. The collected data were analyzed descriptively and presented in percentage values, means, and standard deviations.

Results: The results obtained revealed positive usability scores both in the EG - with an average score of 82.19 (± 10.89) - and in the CG - with an average score of 89.37 (± 7.53). Additionally, there were no reports of discomfort from participants, as indicated by the Symptom Severity Questionnaire (SSQ) results. **Conclusion:** The digital game Movehero demonstrates positive usability, indicating potential to positively impact motor performance. It could be used in the rehabilitation of individuals with motor sequelae resulting from neurological conditions, provided they have suitable physical conditions and orthostatic stability for participation.

Keywords: Virtual Reality, Neurofunctional Physiotherapy, Nervous System Diseases

1. INTRODUÇÃO

O crescente avanço da tecnologia possibilita a ampla utilização em diversas áreas do conhecimento e progressos em pesquisas científicas e serviços. Esse conhecimento aplicado, quando utilizado na área da saúde, viabiliza a efetividade na prevenção, diagnóstico, tratamento e reabilitação de pessoas com deficiência física (ALBUQUERQUE, SCALABRIN, 2017).

Conceitua-se deficiência como a existência de comprometimentos nas funções ou estruturas do corpo, com desvio significativo ou perda, gerando como impacto um possível prejuízo ou incapacidade na interação do indivíduo com o meio sociocultural onde está inserido (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2003).

A deficiência física advinda de condições adquiridas na fase adulta sofreu um aumento na incidência devido ao envelhecimento global da população, violência e doenças crônicas e/ou degenerativas (BORGES *et al.*, 2012). Dentre elas, as causadas por condições neurológicas, como lesão medular, esclerose múltipla, doença de Parkinson e acidente vascular encefálico provocam restrições à participação plena e efetiva na sociedade, evidenciando a correlação entre deficiência física, mobilidade e reabilitação (BRASIL, 1999).

Um aspecto a ser destacado nas condições neurológicas é o caráter crônico que demanda cuidados contínuos associados à implantação de uma terapêutica adequada e eficaz. Diante desse cenário, os avanços tecnológicos oferecem aos profissionais de reabilitação novos instrumentos de intervenção em tarefas de aprendizagem motora, favorecendo a inclusão de pessoas com deficiência, em especial às deficiências geradas por condições neurológicas (SILVA *et al.*, 2013).

Os programas de intervenção voltados para indivíduos que sofrem de doenças neurológicas crônicas têm sua base no gerenciamento dos movimentos através do sistema nervoso central (SNC). Além disso, eles visam promover, prevenir e restaurar as funções sensoriais e motoras. Nesse contexto, a Fisioterapia Neurofuncional busca principalmente aperfeiçoar os padrões de movimento e a capacidade cardiorrespiratória. Isso resulta em uma melhoria substancial no desempenho funcional e na qualidade de vida global dos pacientes (GUIMARÃES, DO VALE, AOKI, 2016).

Para uma intervenção ter caráter eficiente, essa deve ser capaz de envolver, também, componentes motivacionais que favoreçam alterações nas estruturas e na funcionalidade do corpo, considerando que a motivação e a aceitação ao tratamento

são fatores decisivos para o sucesso da reabilitação, por garantirem melhor envolvimento, repetição e transferência de atos (BATISTA *et al.*, 2018).

A criação de novos meios tecnológicos a serem incorporados ao programa terapêutico, como a realidade virtual (RV), pode favorecer avaliações diagnósticas precisas e intervenções mais eficazes. Nesse contexto, a RV apresenta-se como um importante recurso no tratamento da Fisioterapia Neurofuncional, pois incrementa condutas por meio da imersão num ambiente multidimensional e multissensorial, garantindo interação entre o indivíduo e um dispositivo eletrônico em diferentes interfaces (LOBATO, LOBATO, FERREIRA, 2016).

Em complemento, a prática baseada em evidências exige resultados mais objetivos no processo de reabilitação, o que aumenta a necessidade do desenvolvimento de tecnologias e inovações. Nesta perspectiva, os *exergames* são descritos na literatura como modalidades ativas de vídeo games e possíveis ferramentas para a reabilitação, por combinar exercício físico com o entretenimento do jogo virtual (PENG, LIN, CROUSE, 2011; SKJÆRET *et al.*, 2016).

Os *exergames* permitem, ainda, a seleção do nível de dificuldade na prática do jogo, possibilitando que cada usuário inicie em nível desafiador, porém alcançável, e que progrida gradualmente em dificuldade de acordo com o desempenho obtido. Essa categoria de jogo, além de proporcionar ao usuário as habilidades citadas anteriormente, pode ser associada a mecanismos de imersão, que se referem ao uso de dispositivos multissensoriais responsáveis por captar os movimentos e comportamento do usuário e por provocar a sensação de realidade dentro do ambiente de realidade virtual (VAGHETTI, DA COSTA BOTELHO, 2010; HOLDEN, DYAR, 2002).

Outro aspecto a ser considerado é que as modificações do comportamento motor são resultantes da experiência e da prática, que levam à transferência da habilidade para diferentes contextos. Enquanto a aprendizagem é inferida por meio do desempenho, a melhora é obtida por meio da fluência do movimento, diminuição na falha de execução e redução no tempo de execução da tarefa (LI *et al.*, 2011).

O comprometimento dos sistemas motor e cognitivo proveniente das doenças neurológicas pode dificultar o processo de aquisição de habilidade motora, e a realidade virtual surge como estratégia à facilitação do processo de aprendizado motor (SILVA *et al.*, 2013).

Desta forma, o objetivo desse estudo foi verificar a usabilidade do jogo digital MoveHero praticado com os membros inferiores por pessoas com deficiência física decorrentes de lesão neurológica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No campo terapêutico, os avanços recentes em tecnologia digital têm permitido aos terapeutas da reabilitação aplicar a RV nas avaliações e tratamentos. Trata-se de uma modalidade alternativa e promissora aplicada nos processos que envolvem a recuperação funcional de pessoas com sequelas de condições de saúde neurológicas. O objetivo é otimizar o desempenho motor desejável e a plasticidade cerebral. (RATHINAM et al., 2019).

Estudos recentes sobre a interação da visão e movimento por espelhamento, função do sistema do neurônio espelho e codificação de uma memória motora por observação, apresentam evidência do potencial das intervenções baseadas em realidade virtual para beneficiar pacientes com alteração de movimento devido a uma disfunção neurológica. O terapeuta é incentivado a usar a estimulação sensorial da RV como ferramenta para ativar conexões neurais alvos, críticas para a recuperação funcional (ALTSCHULER, 2005).

O potencial para uma recuperação funcional pode ser otimizada estimulando um número de processos neurofisiológicos que acontecem depois de uma lesão cerebral. As imagens criadas, a prática repetitiva em massa e a imitação podem facilitar a produção voluntária do movimento para otimizar a experiência de treino e evitar os efeitos deletérios do desuso (ADAMOVICH et al., 2009; BUCCINO et al., 2006; CELNIK et al., 2005; MALIK et al., 2017).

Quanto à utilização da RV na reabilitação física, Holden e Dyar (2002) citam que o aprendizado motor depende de fatores tais como a repetição, o feedback ao usuário e a motivação. Dessa forma, infere-se que o maior número de repetições leva a uma execução de movimentos mais precisa e ordenada por meio da estabilização funcional da tarefa, reduzindo a amplitude e variabilidade de erros, que será transmitido ao usuário como um estímulo positivo, motivando-o a prosseguir e melhorar ainda mais o seu desempenho.

Hurkmans, Van Den Berg-Emons e Stam (2010) complementam afirmando que a tarefa virtual é uma ferramenta terapêutica de fácil utilização devido à possibilidade de gerar motivação ao usuário por meio de uma atividade recreativa e dinâmica por meio de um ambiente divertido e desafiador, gerando um *feedback* visual e auditivo em tempo real sobre o progresso – mostrando-se um recurso

interessante quando comparado às condutas da fisioterapia convencional. Para Vieira e colaboradores (2014), além da prática virtual não impor qualquer tipo de perigo ou limitação física sobre os participantes, a realidade virtual pode promover uma maior integração das habilidades motoras e cognitivas, contribuindo para uma maior independência na execução das tarefas diárias.

A aprendizagem motora é adquirida, também, pela presença de um ambiente enriquecido e diferenciado, visando ao alcance de maiores avanços funcionais. Segundo Arya e colaboradores (2011), a sensação de imersão proporcionada pela realidade virtual facilita o desenvolvimento de diferentes estratégias para controle dos movimentos por meio da utilização das informações sensoriais disponibilizadas pelo ambiente virtual para efetivação da tarefa. Estudos como o de Gomez-Jordana Martin e colaboradores (2018) demonstraram que a realidade virtual imersiva pelo uso de um jogo imersivo e interativo com os óculos de RV podem melhorar significativamente o desempenho na marcha em pacientes com a doença de Parkinson. Todavia, faltam estudos que avaliem os benefícios de um tratamento com RV imersiva em comparação à RV não imersiva.

3. METODOLOGIA

Trata-se de ensaio clínico observacional, transversal, desenvolvido em parceria com o curso de Fisioterapia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil. A triagem foi realizada com os participantes que preencheram os critérios de elegibilidade desse estudo, e aceitaram participar por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da UPM (CAAE 96008518.0.0000.0084), número do Parecer: 5.107.068.

Após contato e recrutamento dos indivíduos foi agendada consulta para assinatura do TCLE e início das coletas. As avaliações ocorreram em um encontro, previamente agendado, individualmente, com duração prevista de 40 minutos em média.

Os participantes foram divididos em grupos formados de acordo com o perfil clínico para comparação de desempenho. Foram convidados a participar do estudo, por conveniência, adultos, com deficiência física causada por condição neurológica crônica que recebem atendimento fisioterapêutico na clínica de fisioterapia do curso de fisioterapia da Universidade Presbiteriana Mackenzie (Grupo Experimental). Para compor o Grupo Controle, participaram adultos sem condição de saúde de base, com desempenho típico, pareados por idade e sexo com o Grupo Experimental.

Quanto ao jogo digital utilizado para o teste de usabilidade optou-se pelo jogo computacional MoveHero, disponibilizado gratuitamente pelo Laboratório de Pesquisa e Aplicação Tecnológica em Reabilitação da Universidade de São Paulo - EACH – USP, desenvolvido para pessoas com deficiência física e cognitiva para que possam praticar reabilitação por meio de atividade física de uma forma gratuita e motivadora (RENATA MARTINS ROSA et al., 2023).

Neste estudo de usabilidade, a prática virtual foi realizada com os membros inferiores. Para as coletas utilizou-se salas de apoio da instituição de ensino, com um espaço que comportava a mesa para apoio do notebook, espaço para o posicionamento do participante a um metro e cinquenta centímetros, com fundo neutro. Para captação dos movimentos, foi utilizada a webcam do notebook, modelo HP 240G7 Intel Core I5, posicionado sobre a mesa, horizontalmente, na frente do avaliado com distância referida acima. O participante foi orientado e após comandos realizou uma tomada teste para maior compreensão, em seguida calculou o desempenho em 2 tentativas.

O protocolo consistiu em: 1) Avaliação inicial, contemplou resgate de informações e dados pessoais; 2) Questionário “Simulator Sickness Questionnaire” (SSQ), utilizado para avaliação de sintomas de desconforto relacionados à interação em ambientes virtuais (*cybersickness*) pré-jogo (CARVALHO, COSTA, NARDI, 2011); 3) Tarefa teste seguida de duas tentativas 4) Questionário “Simulator Sickness Questionnaire” (SSQ) pós-jogo 5) Questionário de verificação da usabilidade System Usability Scale (SUS), adaptado pelo pesquisador, que foi aplicado imediatamente após a interação com o sistema a ser analisado, permitindo o registro das opiniões iniciais dos usuários ao interagirem com o sistema (BROOKE, 1996).

O questionário “Simulator Sickness Questionnaire” (SSQ) pré e pós-jogo é composto por uma série de itens que avaliam os sintomas típicos de enjoo de movimento, incluindo mal-estar generalizado, cansaço, dor de cabeça, vista cansada, dificuldade de manter o foco, náusea, tontura, sudorese, aumento da salivação, dificuldade de concentração, “cabeça pesada”, visão embaçada, vertigem, desconforto abdominal e refluxo. Os participantes do estudo são solicitados a avaliar a gravidade de cada sintoma em uma escala de classificação, como ausente, leve, moderado ou grave e pontuados de 0 a 3, respectivamente (CARVALHO, COSTA, NARDI, 2011). Já o questionário de verificação da usabilidade System Usability Scale (SUS) é composta por 10 itens, sendo que cada item é apresentado com uma afirmação e uma escala de concordância do tipo Likert de 5 pontos, variando de "Discordo totalmente" a "Concordo totalmente". Os itens pares são formulados

positivamente, enquanto os ímpares são formulados negativamente. Os itens foram os seguintes: 1) Eu jogaria este jogo novamente; 2) Eu acho o jogo desnecessariamente complexo; 3) Eu achei o jogo fácil de utilizar; 4) Eu preciso de alguém me auxiliando enquanto jogo; 5) Eu acho que as mecânicas de visualização e interação trabalham juntas; 6) Achei complicado entender as informações da tela (cor, direção, tempo e pontuação); 7) Acredito que outras pessoas terão facilidade em aprender a jogar; 8) Me atrapalhei com os controles do jogo; 9) Eu me senti confiante ao jogar e 10) Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir jogar. Após coletar as respostas dos usuários para cada item, calcula-se um escore de SUS somando os valores atribuídos a cada item e multiplicando o total por 2,5. Isso transforma o escore original em uma escala de 0 a 100, onde pontuações mais altas indicam uma maior percepção de usabilidade por parte dos usuários (BROOKE, 1996).

Para os critérios de inclusão considerou-se: (1) a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido; (2) diagnóstico clínico confirmado para as condições de saúde que levam à redução de mobilidade neurológica; (3) adultos na faixa etária de 31 a 59 anos. Serão excluídas pessoas com condições neurológicas adquiridas, ou em formas hereditárias que cursam com comorbidades como déficit intelectual e baixa visão e/ou que não compreenderam ou são incapazes de realizar as atividades propostas. Além daquelas que desistiram durante a aplicação protocolo ou que apresentaram deficiências funcionais, como déficit de equilíbrio, que impediram a realização das tarefas.

4. RESULTADO

Após recrutamento e avaliação prévia de 36 participantes, foram elegíveis e capazes de fazer a vivência do jogo computacional utilizando os membros inferiores apenas 16 participantes. Destes, 8 foram destinados ao Grupo Experimental, os quais apresentavam alguma deficiência física e 8 destinados ao Grupo Controle, típicos, ambos os grupos apresentaram 3 voluntários do sexo feminino e 5 do sexo masculino. Os resultados foram apresentados de maneira descritiva.

Quanto à caracterização da amostra, o estudo apresentou média de idade total de 45,93(\pm 9,65) anos. A média de idade do Grupo Experimental foi de 46,75 anos (\pm 10,14) e do Grupo Controle foi de 45,125 anos (\pm 9,76).

Em relação a hipótese diagnóstica, o Grupo Experimental contou com 1 participante com lesão medular, 1 com neuropatia periférica, 1 com Acidente

Vascular Cerebral, 1 com Parkinson, 2 com polineuropatia periférica e 2 com Paralisia Cerebral.

No contexto da avaliação por meio do questionário de sintomatologia (SSQ) realizado pré e pós jogo, é notável que nenhum dos participantes tenha mencionado qualquer tipo de desconforto associado à execução de movimentos envolvendo os membros inferiores. Essa observação vale tanto para o período anterior à prática quanto para o subsequente. Isso sugere que, segundo os relatos dos participantes, não houve ocorrência de sensações desagradáveis, dores ou outros sintomas relacionados ao jogo como mal-estar generalizado, cansaço, dor de cabeça, vista cansada, dificuldade de manter o foco, náusea, tontura, sudorese, aumento da salivação, dificuldade de concentração, “cabeça pesada”, visão embaçada, vertigem, desconforto abdominal e refluxo enquanto eles estavam envolvidos na atividade.

Por fim, apresenta-se a seguir os resultados descritivos de usabilidade intermediados pelo questionário SUS. Todos os participantes preencheram as questões. A média obtida do escore total foi de 85,78(\pm 9,46). O grupo experimental apresentou um escore de 82,19 (\pm 10,89) e o Grupo controle apresentou um escore de 89,37 (\pm 7,53).

A respeito do questionário SUS aplicado ao grupo experimental, todos os participantes afirmaram que jogariam novamente este jogo; quanto ao grau de dificuldade, 62,5% concordaram ser um jogo fácil, 50% afirmaram necessitar de auxílio durante o jogo, 62,5% concordaram sobre as mecânicas do jogo de visualização e interação trabalharem juntas e sobre as informações na tela (cor, direção, tempo e pontuação) serem fáceis de entender; 62,5% acredita que outras pessoas terão facilidade em aprender a jogar, 62,5% não se atrapalhou com os comandos do jogo, 87,5% se sentiu confiante ao jogar, 100% não precisou aprender coisas novas para jogar, 100% relatou que jogaria este jogo em uma sessão de fisioterapia, 100% achou o jogo divertido, 100% não achou frustrante e entediante e 100% dos participantes se sentiram felizes enquanto jogava.

No que diz respeito ao Grupo Controle, 75% dos participantes expressaram a intenção de jogar novamente o jogo. Quanto à dificuldade, 100% dos participantes concordaram que o jogo é fácil. Além disso, 100% afirmaram não necessitar de auxílio durante o jogo. A respeito das mecânicas de visualização, interação do jogo e das informações na tela, como cor, direção, tempo e pontuação, 87,5% concordaram que elas trabalham de forma integrada. Todos os participantes acreditam que outras pessoas terão facilidade em aprender a jogar, não tiveram

dificuldade com os comandos do jogo, e não precisaram adquirir novos conhecimentos para jogar e, também, jogariam o jogo em uma sessão de fisioterapia. Em relação ao entretenimento, todos acharam o jogo divertido e não frustrante ou entediante, e afirmaram sentir-se felizes enquanto jogavam.

5. DISCUSSÃO

Verificou-se que o jogo Movehero apresenta uma usabilidade positiva de 85,78%. Isso indica a viabilidade de sua utilização como um recurso complementar à abordagem convencional da fisioterapia. Estudos conduzidos por GOUDMAN et al. (2022); KEEFE et al., 2012; CHEN et al., 2022 e KIPER et al., 2013 destacam os ganhos proporcionados pela tecnologia no âmbito da reabilitação, a personalização das intervenções terapêuticas, impulsionada pela tecnologia, permite uma abordagem mais precisa e adaptativa, considerando a individualidade de cada paciente. Essa abordagem sob medida não apenas otimiza os resultados, mas também fortalece a motivação e o engajamento dos pacientes, tornando o processo de reabilitação mais envolvente. Além disso, a ampla gama de ferramentas tecnológicas, como realidade virtual, biofeedback e dispositivos vestíveis, enriquece as opções terapêuticas, permitindo exercícios mais eficazes e diversificados.

Entretanto, durante a fase de recrutamento dos participantes e a avaliação inicial, observou-se que nem todos os indivíduos possuíam condições físicas adequadas para sustentar a postura ortostática e se engajar na atividade do jogo. É notável que pacientes afetados por condições neurológicas, tais como acidente vascular cerebral, doença de Parkinson e lesões medulares, frequentemente enfrentam desafios para manter a estabilidade postural e executar tarefas diárias com segurança. Isso é resultante da interação complexa de fatores, incluindo limitações sensoriais, motoras e cognitivas. (ALASHRAM et al., 2020). A compreensão aprofundada desses elementos, aliada à necessidade de excluir alguns participantes, indica que uma avaliação prévia do equilíbrio em posição ortostática e da força muscular deve ser estabelecida como critério prévio para a participação no jogo que envolve os membros inferiores (ALASHRAM et al., 2020; WIRZ et al., 2018).

Quanto ao perfil dos participantes, não se observou diferenças de desempenhos entre homens e mulheres, portanto, o sexo parece não determinar a performance do jogo. Porém, um estudo com amostragem maior pode apresentar resultados distintos, já que muitos estudos mostram as diferenças fisiológicas entre homens e mulheres, as quais englobam aspectos como massa muscular, força física,

composição corporal e metabolismo, influenciando suas capacidades atléticas de maneira distinta. Homens, em média, tendem a possuir maior massa muscular e força absoluta devido a níveis mais elevados de testosterona, enquanto mulheres demonstram maior eficiência em atividades de resistência devido a uma menor fadigabilidade muscular. (BASSETT et al., 2020)

Quanto aos riscos e desconfortos que o jogo poderia levar, verificou-se por intermédio do questionário SSQ que o jogo Movehero não gera sintomas como vertigem, náusea, dores de cabeça, tonturas com os olhos abertos e fechados, “visão embaçada” e sensação de “cabeça pesada”, tal dado pode ser justificado pela interface e por ser um jogo não imersivo. No que se refere ao grau de imersão, a classificação dos sistemas de realidade virtual (RV) em imersivos, semi-imersivos ou não imersivos envolve uma análise cuidadosa do nível de desconexão percebido entre o ambiente real e o virtual durante a interação. A variação desses níveis de imersão é crucial para a experiência do paciente ao utilizar esses sistemas.

Embora os sistemas imersivos ofereçam a promessa de uma experiência envolvente e rica em detalhes, foi identificado um efeito indesejado conhecido como "cybersickness" (enjoo de movimento virtual) associado a esses sistemas. Embora os dispositivos de RV de gerações mais recentes tenham conseguido diminuir em parte essa questão, alguns sintomas ainda persistem, sendo especialmente notáveis em pacientes com distúrbios neurológicos. Este fenômeno reforça a necessidade de avaliar individualmente a tolerância e os possíveis riscos antes de aplicar terapias baseadas em RV, especialmente em pacientes que já possuem vulnerabilidades neurológicas. A compreensão desses efeitos adversos é essencial para aprimorar o design e a implementação de tecnologias de realidade virtual, assegurando que os benefícios terapêuticos superem quaisquer riscos potenciais. (CASERMAN et al., 2021; KIPER et al., 2013)

No que tange à importância do escore SUS e à evidência de usabilidade positiva destacada no presente estudo, a relevância reside na habilidade de objetivamente quantificar a usabilidade de um sistema ou produto, refletindo a perspectiva dos usuários em uma medida numérica que reflète a eficácia, eficiência e satisfação do sistema em termos de interação. Um escore SUS mais elevado demonstra uma usabilidade positiva, denotando que os usuários perceberam a experiência de uso como mais intuitiva, descomplicada e gratificante. Uma pontuação elevada indica que os elementos de navegação, interação e aprendizado fluem de maneira mais natural para os usuários, ampliando as chances de alcançar os objetivos de forma eficaz e com menor esforço (BROOKE, 1996; SAURO, 2009).

Contudo, é imperativo ressaltar que a avaliação positiva da usabilidade não está restrita apenas ao valor numérico, mas também engloba uma compreensão profunda das expectativas e necessidades dos usuários, a capacidade de atendê-las e a criação de uma experiência coesa alinhada com as preferências. Portanto, um escore SUS elevado representa um indicador valioso de usabilidade, embora deva ser interpretado em conjunto com outras análises e feedback dos usuários, a fim de obter uma compreensão completa da experiência do usuário e direcionar aprimoramentos contínuos (BROOKE, 1996; SAURO, 2009).

Após a prática, algumas recomendações foram oferecidas para consideração no desenvolvimento de futuros produtos, enfatizando a importância de conduzir estudos com uma amostra mais ampla, uma vez que o número atual não atinge significância estatística para conclusões sólidas. Como medida para melhorar a experiência, sugere-se aprimorar a clareza das informações visuais na tela, como a cor das bolas exibidas e o contorno da pessoa em prática. Essa melhoria visa proporcionar aos participantes uma visualização mais nítida e menos confusa, contribuindo para o cumprimento eficaz dos objetivos do jogo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo atual propõe que o jogo digital Movehero, oferecido gratuitamente pelo Laboratório de Pesquisa e Aplicação Tecnológica em Reabilitação da Universidade de São Paulo - EACH - USP, surge como uma alternativa viável para práticas fisioterapêuticas. A tecnologia e usabilidade positiva são indicativas do potencial para impactar positivamente o desempenho motor, podendo ser empregado na reabilitação de indivíduos com sequelas motoras decorrentes de condições neurológicas, desde que apresentem condições físicas adequadas e estabilidade em posição ortostática para a participação.

Recomenda-se, portanto, a condução de estudos mais amplos a fim de validar e explorar plenamente os resultados obtidos, juntamente com a definição de protocolos apropriados.

7. REFERÊNCIAS

ADAMOVICH; S.V. et al. Sensiromotor Training in virtual reality: a review. **Neuro Rehabilitation**. Philadelphia, v. 25, n. 1, p1-21, 2009.

ALASHRAM, A. R. et al. Effects of Physical Therapy Interventions on Balance Ability in People with Traumatic Brain injury: a Systematic Review. **NeuroRehabilitation**, v. 46, n. 4, p. 1–12, 30 maio 2020.

ALBUQUERQUE, Erika Crisóstomo; SCALABRIN, Edson Emílio. O uso do computador em programas de reabilitação neuropsicológica. **Psicologia argumento**, v. 25, n. 50, p. 269-275, 2017.

ALTSCHULER, Eric Lewin. Interaction of vision and movement via a mirror, *Perception* 34(9) (2005), 1153–1155. **Perception**, New York, USA, v. 34, p. 1153-1155, 1 set. 2005.

BASSETT, A. J. et al. The Biology of Sex and Sport. **JBJS Reviews**, v. 8, n. 3, p. e0140, 1 mar. 2020.

BATISTA, Anny Jéssica et al. Perfil epidemiológico do setor de neurologia da clínica escola de fisioterapia da faculdade ingá no ano de 2013. **REVISTA UNINGÁ REVIEW**, v. 17, n. 2, 2018.

BORGES, Ana Maria Fernandes et al. Percepção das pessoas com lesão medular sobre a sua condição. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 33, n. 3, p. 119-125, 2012.

BRASIL. **Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999**. Regulamenta a Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção, e dá outras providências, 1999.

BROOKE, John et al. SUS-A quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, v. 189, n. 194, p. 4-7, 1996.

BUCCINO, Giovanni *et al.* Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. **Cognitive and Behavioral Neurology**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 55-63, 14 mar. 2006.

CARVALHO, Marcele Regine de; COSTA, Rafael Thomaz da; NARDI, Antonio Egidio. Simulator Sickness Questionnaire: tradução e adaptação transcultural. **J. bras. psiquiatr**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 4, p. 247-252, 2011.

CASERMAN, P. et al. Cybersickness in current-generation virtual reality head-mounted displays: systematic review and outlook. **Virtual Reality**, 10 abr. 2021.

CELNIK, Pablo *et al.* Encoding a motor memory in the older adult by action observation. **Neuroimage**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 677-684, 24 ago. 2005. DOI <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.07.03>.

CHEN, J.; OR, C. K.; CHEN, T. Effectiveness of Using Virtual Reality–Supported Exercise Therapy for Upper Extremity Motor Rehabilitation in Patients With Stroke: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. **Journal of Medical Internet Research**, v. 24, n. 6, p. e24111, 20 jun. 2022.

GÓMEZ-JORDANA, L. I. et al. Crossing Virtual Doors: A New Method to Study Gait Impairments and Freezing of Gait in Parkinson's Disease. **Parkinson's Disease**, v. 2018, p. 1–8, 9 ago. 2018.

GOUDMAN, L. et al. Virtual Reality Applications in Chronic Pain Management: Systematic Review and Meta-analysis. **JMIR Serious Games**, v. 10, n. 2, p. e34402, 10 maio 2022.

GUIMARÃES, Maria Talita dos Santos; DO VALE, Vanessa Donato; AOKI, Tsutomu. Os benefícios da fisioterapia neurofuncional em pacientes com Esclerose Lateral Amiotrófica: revisão sistemática. **ABCS Health Sciences**, v. 41, n. 2, 2016.

HURKMANS, H. L.; VAN DEN BERG-EMONS, R. J.; STAM, H. J. Energy Expenditure in Adults With Cerebral Palsy Playing Wii Sports. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 91, n. 10, p. 1577–1581, out. 2010.

HOLDEN, Maureen K.; DYAR, Thomas. Virtual Environment Training-A New Tool for Neurorehabilitation?. **Neurology Report**, v. 26, n. 2, p. 62-71, 2002.

JU LIU, Chiung *et al.* Predicting hand function in older adults: evaluations of grip strength, arm curl strength, and manual dexterity. **Aging clinical and experimental research**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 753-760, 30 ago. 2016. DOI <https://doi.org/10.1007/s40520-016-0628-0>

KRONBAUER, Airton Leite; SCHOR, Paulo; CARVALHO, Luis Alberto Vieira De. Medida da visão e testes psicofísicos. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia, 2008.

KEEFE, F. J. et al. Virtual reality for persistent pain: A new direction for behavioral pain management. **Pain**, v. 153, n. 11, p. 2163–2166, nov. 2012.

KIPER, P. et al. The application of virtual reality in neuro-rehabilitation: motor re-learning supported by innovative technologies. *Med Rehabil* 2013; 17(4): 29-36

LI, Jennifer X. et al. Acquisition of neural learning in cerebellum and cerebral cortex for smooth pursuit eye movements. **Journal of Neuroscience**, v. 31, n. 36, p. 12716-12726, 2011.

LOBATO, B. C. et al. A realidade virtual como recurso inovador na reabilitação de crianças e adolescentes com deficiência. **Pedagogia em Ação**, v. 8, n. 2, 2016.

MALIK, Arshad Nawaz *et al.* Effects of virtual reality training on mobility and physical function in stroke. **J Pak Med Assoc.**, [S. l.], v. 67, n. 10, p. 1618-1620, 2 out. 2017.

MARIM, E.A.; LAFASSE, R. OKAZAKI V.H.A. Inventário de preferência lateral global (IPLAG). **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 6, n. 3, p. 14-23, 2011.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. CIF: classificação internacional de funcionalidade, incapacidade e saúde. 2003.

PENG, Wei; LIN, Jih-Hsuan; CROUSE, Julia. Is playing exergames really exercising? A meta-analysis of energy expenditure in active video games. **Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking**, v. 14, n. 11, p. 681-688, 2011.

RATHINAM, C. et al. Effectiveness of virtual reality in the treatment of hand function in children with cerebral palsy: A systematic review. **Journal of hand therapy**, 2018.

RENATA MARTINS ROSA et al. Analysis of Heart Rate, Perception of Physical Effort and Performance of Individuals with Down Syndrome Submitted to a Protocol of Virtual Games for Home-Based Telerehabilitation. **Healthcare**, v. 11, n. 13, p. 1894–1894, 30 jun. 2023.

SAURO, Jeff. **Measuring Usability With The System Usability Scale (SUS)**, [s.l.], February, 2011. Disponível em: <https://measuringu.com/sus/>. Acesso em: 01 de Outubro de 2021.

SILVA, T. D. et al. Aprendizagem motora em tarefa virtual na Paralisia Cerebral. **Temas Desenvolv**, v. 104, p. 47-53, 2013.

SKJÆRET, Nina et al. Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy. **International journal of medical informatics**, v. 85, n. 1, p. 1-16, 2016.

VAGHETTI, César Augusto Otero; DA COSTA BOTELHO, Silvia Silva. Ambientes virtuais de aprendizagem na educação física: uma revisão sobre a utilização de Exergames. **Ciências & Cognição**, v. 15, n. 1, p. pp. 64-75, 2010.

VIEIRA, Gisele de Paula et al. Realidade virtual na reabilitação física de pacientes com Doença de Parkinson. **Rev. bras. crescimento desenvolv. hum.**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 31-41, 2014. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010412822014000100005&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 21 ago. 2023.

WIRZ, M.; VAN HEDEL, H. J. A. Chapter 24 - Balance, gait, and falls in spinal cord injury. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978044463916500020?via%3Dihub>>. Acesso em: 17 ago. 2023.

Contatos: aline_messiasbueno@hotmail.com e zodjagracioni@gmail.com