

## **Jogo sério para treinamento do equilíbrio em pacientes hemiparéticos por acidente vascular cerebral**

Serious game for balance rehabilitation of hemiparetic stroke patients

Juego serio para la rehabilitación del equilibrio de pacientes con accidente cerebrovascular hemiparético

Recebido: 01/08/2022 | Revisado: 28/08/2022 | Aceitado: 01/11/2022 | Publicado: 06/11/2022

### **Fabiane Maria Klitzke dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7603-7019>  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil  
E-mail: [fisioterapeuta.fabiane@gmail.com](mailto:fisioterapeuta.fabiane@gmail.com)

### **Fernando Luís Fischer Eichinger**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4385-4853>  
Universidade da região de Joinville, Brasil  
E-mail: [fernando.eichinger@univille.br](mailto:fernando.eichinger@univille.br)

### **Susana Cristina Domenech**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7517-0723>  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil  
E-mail: [susana.domenech@udesc.br](mailto:susana.domenech@udesc.br)

### **Fabício Noveletto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0310-4262>  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil  
E-mail: [bitbasico@gmail.com](mailto:bitbasico@gmail.com)

### **Maria Paula Engster**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0031-4697>  
Universidade Sociedade Educacional de Santa Catarina, Brasil  
E-mail: [mariapaula\\_engster@hotmail.com](mailto:mariapaula_engster@hotmail.com)

### **Ana Paula Marcelino de Aquino**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6814-9336>  
Hospital Municipal São José, Brasil  
E-mail: [annapaula\\_marcelino@hotmail.com](mailto:annapaula_marcelino@hotmail.com)

### **Felipe Neumann**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1223-8783>  
Universidade Sociedade Educacional de Santa Catarina, Brasil  
E-mail: [neumann.nf@gmail.com](mailto:neumann.nf@gmail.com)

### **Guilherme Tobias Andrioni Faccin**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9067-6308>  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil  
E-mail: [pukahuna@gmail.com](mailto:pukahuna@gmail.com)

### **Antonio Vinicius Soares**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6090-1423>  
Universidade da Região de Joinville, Brasil  
E-mail: [antonio.vinicius@univille.br](mailto:antonio.vinicius@univille.br)

### **Resumo**

**Introdução:** O desenvolvimento de softwares específicos com Jogos Sérios (JS) são promissores para utilização na fisioterapia. **Objetivo:** Desenvolver e testar a aplicabilidade de um JS para o treinamento do equilíbrio de pacientes hemiparéticos por Acidente Vascular Cerebral (AVC) **Método:** Indivíduos hemiparéticos por AVC foram avaliados pré e pós treinamento em termos de: mobilidade funcional (Timed Up and Go Test), velocidade de marcha (10 metros), força muscular de quadríceps femoral bilateral (Dinamometria portátil), equilíbrio (Escala de Equilíbrio de Berg) e percepção de autoconfiança (Questionário de autoeficácia após AVC). Para o treinamento foi desenvolvido um sistema composto por uma prancha de equilíbrio com sensores inerciais, um sistema microcontrolado e um sistema computacional que executa um JS. Estatística descritiva foram realizadas para caracterização dos indivíduos. Depois de verificar a normalidade dos dados, as diferenças entre o pré-teste e o pós-teste foram verificadas por meio do teste t de Student pareado e Teste de Wilcoxon utilizando como nível de significância  $p < 0,05$ . **Resultados:** Sete indivíduos terminaram o treinamento. Todas as variáveis apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ), exceto a força de quadríceps femoral no lado não parético. **Conclusão:** O desenvolvimento do JS representa uma possibilidade viável e muito promissora nesse campo. Estudos com número maior de indivíduos, com comparação entre essa

abordagem com as convencionais, bem como, o envolvimento de um grupo controle irá ampliar a compreensão dos potenciais terapêuticos deste recurso.

**Palavras-chave:** Acidente Vascular Cerebral; Jogos de vídeo; Paresia; Equilíbrio postural.

### Abstract

**Introduction:** The development of specific software with Serious Games (SG) is promising for use in physiotherapy. **Objective:** To develop and test the applicability of an SG for the balance training of hemiparetic patients after stroke. **Methods:** Hemiparetic stroke patients have evaluated pre and post-training in terms of functional mobility (Timed Up and Go Test), gait speed (10 meters), bilateral femoral quadriceps muscle strength (Hand-held Dynamometry), balance (Berg Balance Scale), and perception of self-efficacy (Self-efficacy questionnaire after stroke). For training, a system was developed consisting of a balance board with inertial sensors, a microcontroller system, and a computer system that executes a JS. Descriptive statistics were performed to characterize the individuals. After verifying the normality of the data, the differences between the pre-test and the post-test were verified using the paired Student's t-test and the Wilcoxon test using a significance level of  $p < 0.05$ . **Results:** Seven individuals completed the training. All variables showed statistically significant differences ( $p < 0.05$ ), except for the strength of the quadriceps muscle on the non-paretic side. **Conclusion:** The development of GS represents a viable and very promising possibility in this field. Studies with a larger number of individuals, comparing this approach with conventional ones, as well as the involvement of a control group will expand the understanding of the therapeutic potentials of this resource.

**Keywords:** Stroke; Video games; Paresis; Postural balance.

### Resumen

**Introducción:** El desarrollo de software específico con Serious Games (SG) es prometedor para su uso en fisioterapia. **Objetivo:** Desarrollar y probar la aplicabilidad de un SG para el entrenamiento del equilibrio de pacientes hemiparéticos después de un accidente cerebrovascular. **Métodos:** Los pacientes con ictus hemiparéticos han evaluado antes y después del entrenamiento en términos de movilidad funcional (Timed Up and Go Test), velocidad de la marcha (10 metros), fuerza muscular del cuádriceps femoral bilateral (dinamometría manual), equilibrio (escala de equilibrio de Berg), y percepción de autoeficacia (Cuestionario de autoeficacia tras el ictus). Para la capacitación se desarrolló un sistema que consta de una tabla de equilibrio con sensores inerciales, un sistema de microcontrolador y un sistema informático que ejecuta un JS. Se realizó estadística descriptiva para caracterizar a los individuos. Después de verificar la normalidad de los datos, se verificaron las diferencias entre el pretest y el postest mediante la prueba t de Student pareada y la prueba de Wilcoxon utilizando un nivel de significación de  $p < 0,05$ . **Resultados:** Siete individuos completaron el entrenamiento. Todas las variables mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), excepto la fuerza del músculo cuádriceps del lado no parético. **Conclusión:** El desarrollo de GS representa una posibilidad viable y muy prometedora en este campo. Estudios con un mayor número de individuos, comparando este abordaje con los convencionales, así como la participación de un grupo control, ampliarán la comprensión de las potencialidades terapéuticas de este recurso.

**Palabras clave:** Accidente cerebrovascular; Videojuegos; Paresia; Equilibrio postural.

## 1. Introdução

O Acidente vascular cerebral (AVC) é uma disfunção neurológica que pode causar dependência funcional, além de prejuízos psicológicos, sociais e econômicos (Mittmann et al, 2012). O grau de incapacidade está relacionado com a necessidade de recursos, ou seja, quanto maior o grau de incapacidade maiores são os gastos relacionados (Mittmann et al, 2012; Dewilde et al, 2017).

A melhora do equilíbrio é um dos objetivos na reabilitação dos pacientes visando a independência funcional, já que seu déficit aumenta o risco de quedas, reduz a participação do indivíduo na sociedade e interfere na qualidade de vida após o AVC (Schmid et al, 2013).

A considerável necessidade de terapias por longos períodos pode ocasionar certa desmotivação nos pacientes atendidos exclusivamente por métodos convencionais, levando com frequência ao abandono nos programas de reabilitação (Dias et al, 2009). Tal fato deve estimular a busca por novas propostas que possam aumentar a satisfação e melhorar a adesão ao tratamento.

Alternativas tecnológicas vêm sendo estudadas, como os jogos digitais comerciais adaptados para fins terapêuticos. No entanto, cabe a discussão de que esses jogos comerciais não são criados para uma finalidade terapêutica, mas sim, o mero

entretenimento do usuário (Tay et al, 2018; Wüest et al, 2014). Para suprir essa demanda, os denominados Jogos Sérios (JS) representam uma alternativa promissora e viável para minimizar tais limitações (Noveletto et al, 2018; Noveletto et al 2019)

O desenvolvimento de JS específicos para a reabilitação possibilita a customização dos controle de intensidade, ajustes e fornecimento de feedback de acordo com os diferentes graus de comprometimento e necessidades individuais dos pacientes ( Noveletto et al 2019; Mubin et al, 2020; Tăut et al, 2017). Desta forma há a possibilidade de se inserir um fator motivacional na terapia, através de estratégias da gamificação, feedback, cenários virtuais, movimentação corporal usando de ludicidade que proporcionam um ambiente mais prazeroso ao paciente, descaracterizando um momento de “terapia” para um momento de descontração e desafio de si próprio.

Cabe lembrar que para o desenvolvimento deste tipo de tecnologia exige-se um esforço interdisciplinar, envolvendo profissionais da área tecnológica e da saúde, cada qual contribuindo com seu conhecimento específico aumentando as chances de sucesso e possibilitando o uso na prática clínica (Noveletto et al, 2018; ). Por isso, após o desenvolvimento do sistema, a eficácia de uso deve ser testada naquela população alvo para a qual a equipe inspirou-se na elaboração do problema de pesquisa. Esse fluxo de desenvolvimento possibilita corrigir erros, melhorar a interface, aumentar a segurança nos procedimentos e garantir a usabilidade para alcançar o objetivo terapêutico (Noveletto et al, 2020; Eichinger et al, 2018; Soares et al, 2014).

O objetivo deste estudo foi desenvolver e testar a aplicabilidade de um JS para o treinamento do equilíbrio de pacientes hemiparéticos pós-AVC.

## **2. Metodologia**

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com humanos sob o parecer número 4241248 (CAAE:36032920100005365), o qual está de acordo com a Declaração de Helsinki. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi lido e assinado em duas vias pelo participante antes do início das coletas.

### **Participantes do estudo**

Foram selecionados indivíduos com cadastro no Serviço Especializado em Reabilitação (SER) no município de Joinville, Santa Catarina. Como critérios de inclusão, a presença de hemiparesia após AVC na fase crônica, idade superior a dezoito anos e capacidade de deambular independentemente com ou sem o auxílio de órteses. Os critérios de exclusão foram a presença de déficits auditivos, visuais e cognitivos severos, além de hemiparesia decorrente de outras patologias e incapacidade de deambular.

### **Instrumentos de medida**

Para avaliação da mobilidade funcional foi utilizado Timed Up and Go Test <sup>15</sup> que verificou a capacidade do indivíduo de levantar de uma cadeira, caminhar três metros, girar sobre o próprio eixo, retornar e se sentar novamente. O tempo foi cronometrado e registrado a média de três medidas em segundos.

A velocidade de marcha (Schmid et al, 2007) foi avaliada cronometrando o tempo que o indivíduo levava para percorrer 10 metros em um corredor demarcado.

A força muscular isométrica máxima do quadríceps femoral foi mensurada com um dinamômetro digital portátil (Chatillon®, Ametec Inc, com capacidade 1000 N. Para isso o indivíduo permaneceu em uma maca com o quadril e joelhos a 90 graus e os pés sem apoio no chão. O dinamômetro portátil foi posicionado no tornozelo e uma contração isométrica de cinco segundos foi solicitada. Foi utilizada a média de três repetições com intervalo de 30 segundos (Bohannon et al, 1998; Bohannon et al, 1987; Bohannon et al 2009).

O equilíbrio foi avaliado com a Escala de Equilíbrio de Berg (Araújo et al, 2019) que é o instrumento de medida mais utilizado em pesquisas clínicas que envolvem pacientes pós-AVC. Consiste em quatorze itens que pontuam de 0 a 4 cada totalizando uma pontuação máxima de 56 (Miyamoto et al, 2004). Pontuações menores que 45 indicam déficit de equilíbrio e consequentemente aumento no risco de quedas (Alghadir et al, 2018).

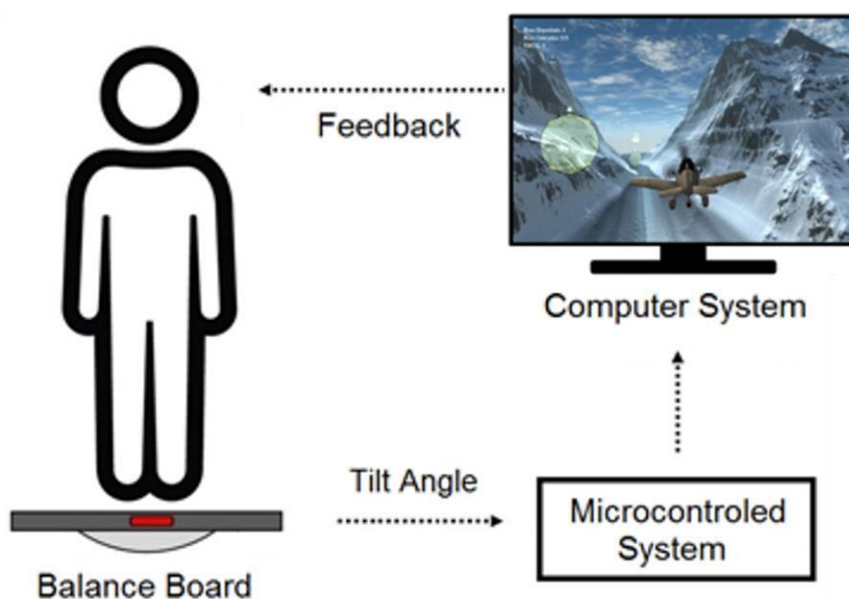
O Questionário de Autoeficácia após AVC (Jones et al, 2008; Makhoul et al, 2020) foi aplicado por meio de entrevista. Este possui treze questões para estimar a percepção de autoconfiança na realização de atividades de vida diárias do indivíduo, envolvendo a mobilidade, o autocuidado, o vestir-se e a motivação para continuar na reabilitação, entre outros.

Todos os testes foram realizados pré e pós protocolo de treinamento por um fisioterapeuta com experiência na aplicação destes.

### Sistema Biomédico (*FlyBalance*)

Software e hardware foram desenvolvidos para o treinamento do equilíbrio. O sistema é composto por uma prancha de equilíbrio com sensores inerciais, um sistema microcontrolado e um sistema computacional que executa um JS. A Figura 1 mostra esquematicamente os componentes do sistema. Durante o treinamento um cinto foi utilizado na região do quadril do paciente para minimizar os riscos de queda da prancha, no entanto sem interferir nas oscilações realizadas por ele, além disso foram dispostas barras paralelas laterais e anterior ao indivíduo para aumentar o nível de segurança.

**Figure 1.** Components of Biomedical System (*FlyBalance*).



Fonte: Autores.

Na prancha instável utilizada para controlar o JS foi embarcado um sensor inercial que envia informações das oscilações anteroposteriores e laterolaterais realizadas pelo usuário.

As características e dimensões da prancha desenvolvida foram baseadas em estudos anteriores, onde o instrumento foi validado pelo método de validação concorrente com uma plataforma de força (Soares et al, 2009; Santos et al, 2015). A prancha de equilíbrio é composta por uma placa circular de madeira acoplada a uma semiesfera de resina epóxi. A placa de madeira tem

50 cm de diâmetro e 15 mm de espessura. A semiesfera tem uma flecha de 4,5 cm e é construída com base em uma esfera com um raio de 32 cm. O ângulo máximo de inclinação da prancha é 11 graus (Noveletto et al, 2018).

Para o treinamento do equilíbrio sobre a prancha foi desenvolvido o JS chamado FlyBalance, que tem como objetivo guiar um avião e fazer com que este passe dentro de alvos dispostos na tela. Quanto mais no centro do alvo o avião passar maior a pontuação (Figura 2).

**Figure 2.** Virtual game scenario of SG FlyBalance.



Fonte: Autores.

Os alvos podem ser programados pelo terapeuta, podendo ser modificados a distância, tamanho e posicionamento, de forma a atender os requisitos individuais de cada paciente, possibilitando aumentar o potencial terapêutico do jogo. Esse aspecto é importante e diferencia o JS de jogos convencionais, pois possibilita customizar a terapia. Além disso, respeitar o grau de limitação do indivíduo diminui a chance de frustrações e desmotivação. Essa dinâmica relaciona-se com a teoria de fluxo (Mirvis et al, 1991), que permite manter o jogo em um nível adequado mantendo sua concentração sem atingir extremos (muito fácil ou muito difícil). A pontuação do jogo também reflete o desempenho no jogo, sempre que um novo recorde de pontos acontece uma tela parabenizando o jogador aparece, o que favorece o engajamento e motivação na terapia.

## Procedimentos

Antes de iniciar o protocolo de avaliação e treinamento, os indivíduos foram familiarizados com a prancha e o jogo por cinco minutos. Nesse momento foram explicados o objetivo e a importância do treinamento de equilíbrio para essa população.

O equipamento foi disposto a três metros de distância de um televisor de 45 polegadas que estava posicionado ao nível dos olhos. Para subir na prancha instável os sujeitos deveriam estar descalços e os pés em posição confortável sem ultrapassar os ombros. Solicitou-se que os indivíduos viessem com roupas confortáveis.

O treinamento do equilíbrio com o JS FlyBalance ocorreu duas vezes por semana, durante dez semanas, totalizando vinte sessões de vinte minutos cada. Antes do treinamento com o jogo foi realizada uma mobilização passiva em todos os pacientes por aproximadamente cinco minutos. Para o treinamento, a prancha instável foi acoplada a elásticos em suas laterais, com o objetivo de exigir mais esforço dos indivíduos durante as oscilações. Para guiar o avião através dos alvos o indivíduo deveria realizar a transferência de peso entre os membros inferiores. Para o treinamento foi utilizado um sistema de pontuação apenas como fator motivador para o paciente. Quanto mais central ao alvo o avião passasse, maior era a pontuação. Instruções verbais foram associadas ao feedback visual durante a terapia. A distância dos alvos e a velocidade do avião eram modificadas conforme

a necessidade de cada indivíduo, evitando os extremos (muito fácil ou muito difícil), para manter o engajamento e ao mesmo tempo promover benefícios terapêuticos por meio do desafio. Os indivíduos foram monitorados durante todo treinamento, sendo verificados sua pressão arterial sistêmica e frequência cardíaca.

### Análise estatística

Os dados estatísticos foram analisados no software Statistical Package for the Social Sciences SPSS versão 20.0. Todos os parâmetros foram apresentados em termos de média e desvio padrão. Depois de verificar a normalidade dos dados, as diferenças entre o pré-teste e o pós-teste foram verificadas por meio do teste t de Student pareado e Teste de Wilcoxon (nível de significância  $p < 0,05$ ).

### 3. Resultados

Sete participantes terminaram o programa de tratamento. Três participantes não completaram o programa conforme os seguintes motivos: Desistência (1), Internação hospitalar (1) e necessidade de isolamento por suspeita de coronavírus – COVID19 (1).

O perfil epidemiológico e clínico dos participantes são mostrados na Tabela 1.

**Table 1.** Epidemiological and clinical profile of the participants.

Variables	n=7	
	m ±SD	f (%)
<b>Sex</b>		
- Female	-----	4
- Male	-----	3
<b>Hemiparesis</b>		
- Right	-----	7 (100)
- Left	-----	0 (0)
<b>Laterality</b>		
- Right-handed	-----	7 (100)
- Sinister	-----	0 (0)
- Ambidextrous	-----	0 (0)
<b>Age [years]</b>	59,4 ±11,4	-----
<b>Stroke Time [months]</b>	70,3 ±46,8	-----
<b>Stroke Type</b>		
- Ischemic	-----	7 (100)
- Hemorrhagic	-----	0 (0)
<b>Phase of the stroke</b>		
- Chronic	-----	7 (100)
- Subacute	-----	0 (0)
- Acute	-----	0 (0)

Abbreviations: n: total participants; m: media; SD: standard deviation; f: absolute frequency; %: percentage Frequency. Fonte: Autores.



Um resumo dos resultados da avaliação com os instrumentos de medida utilizados está demonstrado na Tabela 2.

**Table 2.** Summary of the results of the controlled variables.

Variables	Pre (n = 7)	Post (n = 7)	p-value
TUGT (s)	20.2 (±10.6)	16.8 (±8.74)	0.008*x
GS(m/s)	0,7 (±0,4)	0,9± (0,4)	0.024*x
QFGp (kgf)	16.8 (±8.1)	20.7 (±10.9)	0.025*x
QGFnp (kgf)	24.2 (±9.8)	27.2 (±11.1)	0.089 x
BBS (0-56)	42.0 (±8.1)	47.6 (±5.9)	0.016*y
SSEQ (0-39)	28.1 (±6.7)	33.3 (±5.2)	0.031*y

\*level of significance  $p < 0.05$ ; n: total participants; x: student t test; y: Wilcoxon test; TUGT: Timed up and go test; GS: gait speed; QFGp: quadriceps femoris group strength of the paretic side; QGFnp: quadriceps femoris group strength of the non-paretic side; BBS: Berg Balance Scale; SSEQ: Stroke Self-Efficacy Questionnaire. Fonte: Autores.

Observa-se diferença estatística significativa em todas as variáveis, exceto na força muscular do quadríceps femoral não parético.

#### 4. Discussão

O objetivo deste estudo foi avaliar os potenciais benefícios de um sistema biomédico com JS para o treinamento do equilíbrio de pacientes hemiparéticos pós-AVC. De fato, no estudo foram encontrados resultados animadores no controle das variáveis estudadas.

Ao aliar a diversão contida nos jogos com a especificidade do treinamento de equilíbrio e a adequação às necessidades individuais decorrentes do comprometimento após o AVC, buscou-se diversificar a terapia para manter a estimulação e motivação nas sessões, já que o grau de recuperação após AVC depende muito da adesão dos pacientes no processo de reabilitação, que habitualmente acontece por longos períodos.

Alguns estudos demonstram a possibilidade de utilização de jogos digitais no cenário de recursos terapêuticos após AVC, sendo utilizado por diversas formas, plataformas e recursos (Soares et al, 2014; Araújo et al, 2014; Lee et al, 2019). No entanto, em relação aos jogos para o treinamento do equilíbrio observa-se a utilização de jogos comerciais na maioria dos estudos e o critério de escolha é a usabilidade (Bosse et al, 2016). Esse aspecto diferencia substancialmente a criação de hardwares e softwares específicos como o desenvolvido para essa pesquisa.

Assim como nosso objeto de estudo, o treinamento de equilíbrio, outras pesquisas com JS em indivíduos com AVC foram realizadas para avaliar a recuperação motora de membros inferiores (Noveletto et al 2019; Eichinger et al, 2020; Eichinger et al, 2018) e membros superiores (Araújo et al, 2014), com resultados benéficos em todos. Especificamente o treino de equilíbrio com JS têm demonstrado efetividade, ainda que utilizados em amostras pequenas vêm apresentando bons resultados nos instrumentos clínicos de avaliação pré e pós treinamento (Soares et al, 2009; Noveletto et al, 2018).

Em relação à mobilidade funcional avaliada pelo TUGT constatou-se significativas mudanças. Da mesma forma, um ensaio clínico randomizado (Cho et al, 2013) com a utilização de Realidade Virtual (RV) comparado à terapia convencional verificou melhorias significativas no TUGT em ambos os grupos, no entanto com resultados superiores no grupo experimental. Cabe ressaltar que diferente da RV, normalmente utilizada por meio de jogos comerciais, os JS são desenvolvidos para se adequarem a cada indivíduo, e desta forma possibilitar melhor controle nas variáveis de treinamento e adequação aos déficits.

Se analisarmos a mínima diferença clinicamente importante do TUGT para indivíduos com AVC, nota-se que nessa pesquisa houve uma diferença aproximada de 3.9 segundos, valor maior do que a diferença detectada para essa população que é de 2.9 segundos (Flansbjer et al, 2005). Este dado é relevante, já que as terapias desenvolvidas devem ser significativas e possam realmente interferir na funcionalidade. Incremento na mobilidade funcional também foi observado em um estudo que comparou o treinamento de indivíduos saudáveis com o treinamento de indivíduos hemiparéticos por AVC por meio um sistema semelhante ao aplicado nesta pesquisa (Memon et al, 2013).

Outro aspecto analisado foi a velocidade da marcha, uma importante medida clínica que é capaz de categorizar os indivíduos em deambuladores domiciliares ( $< 0,4\text{m/s}$ ), comunitários com limitações ( $0,4 - 0,8\text{ m/s}$ ) e comunitários ( $>0,8\text{ m/s}$ ) (Bowden et al, 2008). Nosso estudo demonstrou que o uso do JS promoveu uma mudança de categoria ( $0,7 \pm 0,4$ ) para ( $0,9 \pm 0,4$ ) podendo interferir e resultar em melhor função e qualidade de vida (Schmid et al, 2007).

Essa melhora nos testes de deambulação pode estar relacionados também ao aumento da força muscular do quadríceps femoral parético que foi incrementada, já que existe uma associação entre a força e velocidade de marcha (Eichinger et al, 2020; Soares et al, 2020)

O JS utilizado nesta pesquisa foi desenvolvido para o treinamento específico do equilíbrio. O incremento médio nas medidas de pós-testes do grupo de pacientes avaliados pela Escala de Berg também foi significativo. Sabe-se que pontuações menores que 44 indicam alto risco de quedas. Os pacientes envolvidos neste estudo melhoraram o desempenho acima da mínima diferença clínica significativa que é de 2,7 pontos (Alghadir et al, 2018).

O feedback visual do JS desta pesquisa, fornecido ao indivíduo através do posicionamento dos alvos, incentiva a descarga de peso nos membros inferiores, já que motivado em manter bom desempenho no jogo, o indivíduo tem necessidade de transferir o peso tanto no lado parético quanto no lado não parético para acertar o alvo. Em indivíduos hemiparéticos é comum a assimetria na descarga de peso entre os membros inferiores, que é menor no membro parético. Isso pode ter influenciado na melhora do equilíbrio avaliada pela EEB, já que essa assimetria impede a realização adequada de funções como se levantar de uma cadeira, subir degraus, além de outras atividades que são avaliadas nesta escala (Costa et al, 2006). Essas atividades são importantes para todos, e um bom desempenho nelas impacta positivamente a participação na sociedade. Isso pode ter refletido na autoconfiança dos sujeitos após o treinamento, já que obtivemos diferença significativa no QAE-AVC.

Os JS vêm sendo testados e esforços estão sendo realizados pelos pesquisadores para melhorar a qualidade e variabilidade dos jogos de acordo com os objetivos terapêuticos (Noveletto et al, 2020; Eichinger et al, 2018; Noveletto et al, 2018; Pereira et al, 2020). A busca por abordagens eficientes e motivadoras visam proporcionar maior recuperação funcional dos pacientes (Pereira et al, 2020). Somados a isso, a viabilidade do recurso terapêutico passa pela viabilidade expressa pelo baixo custo, especialmente tratando-se de países em desenvolvimento (Noveletto et al, 2018). Por isso o JS proposto, criado especificamente para indivíduos com AVC pode ser uma opção de terapia para que a população possa usufruir de algo que além de melhorar seu déficit, pode promover maior independência e sensação de segurança no dia a dia, tudo isso de forma lúdica.

## 5. Conclusão

Os resultados encontrados neste estudo são encorajadores, pois os benefícios aos pacientes foram evidentes nas variáveis controladas. De fato, os jogos digitais podem amenizar o tédio das sessões de reabilitação, em geral, muito longas e cansativas, porém necessárias no processo de reabilitação. No entanto, é importante não se esquecer do aspecto terapêutico do jogo. Assim, o desenvolvimento dos JS preenche essa lacuna e representa uma possibilidade viável e muito promissora nesse campo.



Embora os resultados dessa pesquisa sejam animadores, novos estudos são necessários para ampliar o número de pacientes, comparar essa abordagem com as convencionais, bem como, envolver um grupo controle para ampliar a compreensão dos potenciais terapêuticos deste recurso.

## Referências

- Alghadir, A. H., Al-Eisa, E. S., Anwer, S., & Sarkar, B. (2018). Reliability, validity, and responsiveness of three scales for measuring balance in patients with chronic stroke. *BMC Neurology*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12883-018-1146-9>
- Araújo F, Oliveira F, Carvalho D, et al. (2019). Evaluation instruments for physical therapy using virtual reality in stroke patients : a systematic review. *Epub ahead of print*. DOI: 10.1016/j.physio.2019.05.005.
- Araújo, M., Postól, M., Diogo Bruckheimer, A., Da, M., Hounsell, S., Woelner, S., & Soares, A. (2014). Realidade virtual: efeitos na recuperação do membro superior de pacientes he- miparéticos por acidente vascular cerebral Virtual reality: effects on upper limb recovery in hemiparetic patients after stroke. <http://www.acm.org.br/revista/pdf/artigos/1267.pdf>
- Barcala L, Colella F, Araujo MC, et al. (2011). Análise do equilíbrio em pacientes hemiparéticos após o treino com o programa Wii Fit. *Fisioter em Mov* ; 24: 337–343.
- Bertemes-Filho, P. (2018). Biomedical Serious Game System for Balance Rehabilitation of Hemiparetic Stroke Patients. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering: A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 26(11), 2179–2188. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2018.2876670>
- Bohannon, R. W., & Andrews, A. W. (1998). Relationships between Impairments in Strength of Limb Muscle Actions following Stroke. *Perceptual and Motor Skills*, 87(3\_suppl), 1327–1330. <https://doi.org/10.2466/pms.1998.87.3f.1327>
- Bohannon, R. W., & Smith, M. B. (1987). Assessment of Strength Deficits in Eight Paretic Upper Extremity Muscle Groups of Stroke Patients with Hemiplegia. *Physical Therapy*, 67(4), 522–525. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.4.522>
- Bohannon RW. Dynamometer measurements of grip and knee extension strength: are they indicative of overall limb and trunk muscle strength? *Percept Mot Skills* 2009; 108: 339–42.
- Bowden, M. G., Balasubramanian, C. K., Behrman, A. L., & Kautz, S. A. (2008). Validation of a Speed-Based Classification System Using Quantitative Measures of Walking Performance Poststroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22(6), 672–675. <https://doi.org/10.1177/1545968308318837>
- Bosse, R., Soares, A. V., & da Silva Hounsell, M. (2016). Serious Games for Balance Improvement: A Systematic Literature Mapping. *New Advances in Information Systems and Technologies*, 73–82. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-31307-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-31307-8_8)
- Cho, K. H., & Lee, W. H. (2013). Virtual walking training program using a real-world video recording for patients with chronic stroke: a pilot study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 92(5), 371–380; quiz 380-382, 458. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31828cd5d3>
- Costa MCF, Bezerra PP, de Oliveira APR. Impacto da hemiparesia na simetria e na transferência de peso : repercussões no desempenho funcional. *Rev Neurociência* 2006; 14: 10–13.
- Dewilde, S., Annemans, L., Peeters, A., Hemelsoet, D., Vandermeeren, Y., Desfontaines, P., Brouns, R., Vanhooren, G., Cras, P., Michielsens, B., Redondo, P., & Thijs, V. (2017). Modified Rankin scale as a determinant of direct medical costs after stroke. *International Journal of Stroke*, 12(4), 392–400. <https://doi.org/10.1177/1747493017691984>
- De, R., Dias, S., Levy, I., Sampaio, A., Da, L., & Taddeo, S. (2009). *Fisioterapia x wii: a introdução do lúdico no processo de reabilitação de pacientes em tratamento fisioterápico*. [http://www.sbgames.org/papers/sbgames09/culture/short/cults8\\_09.pdf](http://www.sbgames.org/papers/sbgames09/culture/short/cults8_09.pdf)
- Eichinger FLF, Soares AV, Noveletto F, et al. Serious game for locomotor rehabilitation of hemiparetic stroke patients. *Fisioter em Mov* 2020; 33: 15–25.
- Ibrahim, A., Singh, D. K. A., & Shahar, S. (2017). “Timed Up and Go” test: Age, gender and cognitive impairment stratified normative values of older adults. *PLOS ONE*, 12(10), e0185641. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185641>
- Jones, F., Partridge, C., & Reid, F. (2008). The Stroke Self-Efficacy Questionnaire: measuring individual confidence in functional performance after stroke. *Journal of Clinical Nursing*, 17(7b), 244–252. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2008.02333.x>
- Lee, H. S., Park, Y. J., & Park, S. W. (2019, June 18). The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BioMed Research International*. <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2019/7595639/>
- Lexell, J., Flansbjerg, U.-B., Holmbäck, A. M., Downham, D., & Patten, C. (2005). Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 37(2), 75–82. <https://doi.org/10.1080/16501970410017215>
- Makhoul, M. P., Pinto, E. B., Mazzini, N. A., Winstein, C., & Torriani-Pasin, C. (2020). Translation and validation of the stroke self-efficacy questionnaire to a Portuguese version in stroke survivors. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/10749357.2020.1713555>
- Masson, E. (2018, July 15). *Serious game for rehabilitation of the lower limb of hemiparetics patients after stroke*. EM-Consulte. <https://www.em-consulte.com/article/1227857/article/serious-game-for-rehabilitation-of-the-lower-limb->
- Memon MQ, Macdonald IA. (2012). Assessment of diurnal and ethnic influences on the systemic cardiovascular response to forearm occlusion in healthy white

European and Pakistani male. *Pakistan J Med Sci* ; 28: 149–153.

Mirvis PH. (1990). Flow: The Psychology of Optimal Experience. Flow: The Psychology of Optimal Experience, by Csikszentmihalyi Michael. New York: Harper & Row, 303 pp., cloth. *Acad Manag Rev* 1991; 16: 636–640.

Miyamoto, S. T., Lombardi Junior, I., Berg, K. O., Ramos, L. R., & Natour, J. (2004). Brazilian version of the Berg balance scale. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37(9), 1411–1421. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2004000900017>

Mittmann, N., Seung, S. J., Hill, M. D., Phillips, S. J., Hachinski, V., Coté, R., Buck, B. H., Mackey, A., Gladstone, D. J., Howse, D. C., Shuaib, A., & Sharma, M. (2012). Impact of disability status on ischemic stroke costs in Canada in the first year. *The Canadian Journal of Neurological Sciences. Le Journal Canadien Des Sciences Neurologiques*, 39(6), 793–800. <https://doi.org/10.1017/s0317167100015638>

Mubin, O., Alnajjar, F., Al Mahmud, A., Jishtu, N., & Alsinglawi, B. (2020). Exploring serious games for stroke rehabilitation: a scoping review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 1–7. <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1768309>

Noveletto, F., Soares, A. V., Eichinger, F. L. F., Domenech, S. C., Hounsell, M. da S., & Filho, P. B. (2020). Biomedical Serious Game System for Lower Limb Motor Rehabilitation of Hemiparetic Stroke Patients. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering: A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 28(6), 1481–1487. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2020.2988362>

Noveletto, F., Soares, A. V., Mello, B. A., Sevegnani, C. N., Eichinger, F. L. F., Hounsell, M. D. S., & Pereira, V. A., Eldebrando, L., Silva, H. E. da, Eichinger, F. L. F., Noveletto, F., & Soares, A. V. (2020). Biomedical system to evaluate pulmonary function in patients with post-stroke hemiparesis. *Fisioterapia Em Movimento*, 33(1). <https://doi.org/10.1590/1980-5918.033.AO38>

Noveletto, F., Hounsell, M. D. S., Soares, A. V., Eichinger, F. L. F., Sagawa, Y., & Bertemes Filho, P. (2018). Stronger: A serious game framework for post-stroke rehabilitation. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 61, e487. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.05.1135>

Noveletto, F., Filho, P. B., & Hounsell, M. da S. (2019, June 11). *Sistema Biomédico para Avaliação e Reabilitação Motora em Hemiparéticos por AVC*. Sol.sbc.org.br; SBC. <https://doi.org/10.5753/sbcas.2019.6286>

Santos, F. M. K. dos, Mendes, F. V., Woellner, S. S., Borges Júnior, N. G., & Soares, A. V. (2015). Use of visual feedback for balance training in hemiparetic Stroke patients. *Fisioterapia Em Movimento*, 28(2), 241–249. <https://doi.org/10.1590/0103-5150.028.002.ao04>

Schmid, A. A., Van Puymbroeck, M., Altenburger, P. A., Miller, K. K., Combs, S. A., & Page, S. J. (2013). Balance Is Associated with Quality of Life in Chronic Stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 20(4), 340–346. <https://doi.org/10.1310/tsr2004-340>

Schmid, A., Duncan, P. W., Studenski, S., Lai, S. M., Richards, L., Perera, S., & Wu, S. S. (2007). Improvements in Speed-Based Gait Classifications Are Meaningful. *Stroke*, 38(7), 2096–2100. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.106.475921>

Soares, A. V., Woellner, S. S., Andrade, C. dos S., Mesadri, T. J., Bruckheimer, A. D., & Hounsell, M. da S. (2014). The use of Virtual Reality for upper limb rehabilitation of hemiparetic Stroke patients. *Fisioterapia Em Movimento*, 27(3), 309–317. <https://doi.org/10.1590/0103-5150.027.003.ao01>

Soares, A. V., Hochmüller, A. C. O. de L., Silva, P. da, Fronza, D., Woellner, S. S., & Noveletto, F. (2009). Biorretroalimentação para treinamento do equilíbrio em hemiparéticos por acidente vascular encefálico: estudo preliminar. *Fisioterapia E Pesquisa*, 16(2), 132–136. <https://doi.org/10.1590/s1809-29502009000200007>

Tay, E. L., Lee, S. W. H., Yong, G. H., & Wong, C. P. (2018). A systematic review and meta-analysis of the efficacy of custom game based virtual rehabilitation in improving physical functioning of patients with acquired brain injury. *Technology and Disability*, 30(1-2), 1–23. <https://doi.org/10.3233/tad-170184>

Tăut, D., Pinteau, S., Roovers, J.-P. W. R., Mañanas, M.-A., & Băban, A. (2017). Play seriously: Effectiveness of serious games and their features in motor rehabilitation. A meta-analysis. *NeuroRehabilitation*, 41(1), 105–118. <https://doi.org/10.3233/nre-171462>

Vinicius-Soares, A., Juvêncio-de-Oliveira, C. T., Fischer-Eichinger, F. L., & Noveletto, F. (2020). Factors influencing locomotor capacity of hemiparetic post-stroke patients. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 21(4), 135–142. <https://doi.org/10.24875/rmn.20000118>

Wüest, S., van de Langenberg, R., & de Bruin, E. D. (2013). Design considerations for a theory-driven exergame-based rehabilitation program to improve walking of persons with stroke. *European Review of Aging and Physical Activity*, 11(2), 119–129. <https://doi.org/10.1007/s11556-013-0136-6>

Wüest, S., Borghese, N. A., Pirovano, M., Mainetti, R., van de Langenberg, R., & de Bruin, E. D. (2014). Usability and Effects of an Exergame-Based Balance Training Program. *Games for Health Journal*, 3(2), 106–114. <https://doi.org/10.1089/g4h.2013.0093>