

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

GABRIELA CORNELLY ROCHA

**APLICABILIDADE DE UM JOGO DESENVOLVIDO EM REALIDADE VIRTUAL PARA
O TREINO DO MEMBRO SUPERIOR DE PACIENTES PÓS ACIDENTE VASCULAR
CEREBRAL**

**Porto Alegre
2021**

Gabriela Cornely Rocha

APLICABILIDADE DE UM JOGO DESENVOLVIDO EM REALIDADE VIRTUAL PARA O
TREINO DO MEMBRO SUPERIOR DE PACIENTES PÓS ACIDENTE VASCULAR
CEREBRAL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Simões Dias
Co-orientador: Prof. Dr. Luciano Palmeiro Rodrigues

Porto Alegre
2021

CIP - Catalogação na Publicação

Rocha, Gabriela
APLICABILIDADE DE UM JOGO DESENVOLVIDO EM REALIDADE
VIRTUAL PARA O TREINO DO MEMBRO SUPERIOR DE PACIENTES
PÓS ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL / Gabriela Rocha. --
2021.
66 f.
Orientador: Alexandre Simões Dias.

Coorientador: Luciano Palmeiro Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Fisioterapia. 2. Realidade virtual. 3. Serious
Game. 4. Acidente Vascular Cerebral. I. Simões Dias,
Alexandre, orient. II. Palmeiro Rodrigues, Luciano,
coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

EPÍGRAFE

“Essencialmente, todas as expressões da natureza humana já produzidas, desde as pinturas de um homem das cavernas às sinfonias de Mozart e a visão de Einstein do universo, emergem da mesma fonte: o incansável trabalho dinâmico de grandes populações de neurônios interconectados.”

Miguel Nicolelis

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à minha professora de graduação, orientadora e colega de profissão, prof^a Daniele Rossato, pelo incentivo e parceria constante, mas principalmente, por me apresentar ao fantástico mundo da fisioterapia neurofuncional;

Aos meus orientadores, prof. Dr. Alexandre Simões Dias e prof. Dr. Luciano Palmeiro Rodrigues, agradeço pelo auxílio e confiança neste trabalho;

Aos meus gestores, Jivago Di Napoli e Karine Di Napoli, responsáveis pela área de reabilitação física da Associação Canoense de Deficientes Físicos - ACADEF, onde trabalho, pela compreensão e flexibilidade durante estes dois anos de pós-graduação;

Por fim, ao meu amor e companheiro de vida, Renato Lazarotti, pelo apoio incondicional e carinho, além de ser inspiração constante em minha vida,

Muito obrigada!

RESUMO

Introdução: O AVC é reconhecido como a doença mais incapacitante a nível mundial. Ocorre de forma súbita e pode acontecer por bloqueio do fluxo sanguíneo em algum vaso cerebral ou por hemorragia em território encefálico. Durante o processo de reabilitação em pacientes pós AVC, a fisioterapia neuromotora estimula de forma repetitiva movimentos frequentemente afetados após a lesão, buscando a recuperação do indivíduo. Porém, a repetição do movimento pode levar o paciente a se desinteressar pelo tratamento. A fim de manter o engajamento desses indivíduos durante o processo de reabilitação, jogos interativos com equipamentos de realidade virtual têm mostrado favorecer a maior participação e envolvimento do paciente na fisioterapia. **Objetivo:** Apresentar o desenvolvimento e a aplicabilidade de um jogo em realidade virtual não imersiva para o treino do membro superior de pacientes após o AVC, através de uma série de casos. **Métodos:** A pesquisa foi realizada na Unidade de Cuidados Especiais do Hospital de Clínicas de Porto Alegre com pacientes pós AVC em fase inicial de reabilitação. O jogo intitulado como AVenCer, baseia-se em encaixes de figuras geométricas, possuindo quatro fases distintas onde estimula-se os movimentos de flexo-extensão, abdução e adução de ombro; flexo-extensão de cotovelo, punho e dedos. Destreza manual, força de preensão palmar e nível de incapacidade foram as variáveis selecionadas para o desfecho, as quais foram avaliadas através do Teste de caixa e blocos, dinamometria de preensão palmar e escala de Rankin Modificada. **Resultados:** Participaram do estudo três pacientes pós AVC, com média de idade 51,3 anos, com lesão isquêmica. Dois pacientes participaram do experimento com gameterapia e um paciente foi atendido pela equipe da UCE de forma convencional. Nos pacientes do grupo intervenção, houve ganhos nos parâmetros de destreza manual, assim como, melhora nos dados do *game* como tempo de execução e pontuação. **Conclusão:** Apesar dos resultados serem preliminares devido ao tamanho da amostra, a utilização do *game* parece ser interessante para a melhora da destreza manual e força de preensão palmar de pacientes pós AVC em fase inicial de reabilitação.

Palavras-chave: Realidade virtual; Fisioterapia; Reabilitação; Acidente vascular cerebral.

ABSTRACT

Introduction: Stroke is recognized as the most disabling disease worldwide. It occurs suddenly and it can happen due to blockage of blood flow in some cerebral vessel or hemorrhage in brain territory. During the rehabilitation process in post-stroke patients, neuromotor physiotherapy is concerned with repetitively stimulating movements that are frequently affected after the injury, seeking the individual's functional recovery. However, repetitive stimulation can lead the patient to give up or lose interest in the treatment. In order to keep these individuals engaged during the rehabilitation process, interactive games with virtual reality equipment have shown greater patient participation and involvement in physical therapy. **Objective:** In this study, we intend to present the development and applicability of a game in non-immersive virtual reality through a series of cases. **Methods:** The research was carried out at the Special Care Unit of the Hospital de Clínicas de Porto Alegre with post-stroke patients in the initial phase of rehabilitation. The game entitled AVenCer, is based on fittings of geometric figures, having four distinct phases where the movements of flexion-extension, abduction and adduction of the shoulder are stimulated; flexion-extension of elbow, wrist and fingers. Hand dexterity, handgrip strength and disability level were the selected outcome variables, which were assessed using the box and blocks test, handgrip dynamometry and Modified Rankin scale. **Results:** Three post-stroke patients participated in the study, with a average age of 51.3 years, both with ischemic injury. Two patients participated in the game therapy experiment and one patient was treated by the UCE (special care unit) team in a conventional way. In the intervention group patients, there were gains in manual dexterity parameters, as well as improvement in game data such as execution time and score. **Conclusion:** Although the results are preliminary due to the sample size, the use of the game seems to be interesting for the improvement of manual dexterity and handgrip strength in post-stroke patients in the initial phase of rehabilitation.

Key-words: Virtual reality; Physiotherapy; Rehabilitation; Stroke.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Leapmotion Controller</i>	20
Figura 2 - <i>Layout</i> do AVenCer e posicionamento do paciente	22
Figura 3 - Fases do AVenCer.....	22
Figura 4 - Tela de criação do perfil do usuário	23
Figura 5 - Fluxo de pacientes no estudo.....	26
Figura 6 - Variáveis de desfecho do paciente A	32
Figura 7 - Variáveis de desfecho do paciente B	33
Figura 8 - Resultados alcançados pela paciente B com o uso do AVenCer.....	34
Figura 9 - Pontuação alcançada pela paciente B no <i>game</i> AVenCer.....	35
Figura 10 - Variáveis de desfecho do paciente C	36
Figura 11 - Resultados alcançados pelo paciente C com o uso do AVenCer.....	37
Figura 12 - Pontuações atingidas no AVenCer pelo paciente C.....	37

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Apresentação das fases, definições e movimentos solicitados no *game*.....23

Tabela 1 - Distribuição dos pacientes de acordo com o sexo, idade, dominância e comprometimento de membro superior, tipologia e etiologia do AVC.....30

Tabela 2 - Caracterização da amostra quanto ao Índice de Motricidade e Teste de Controle de Tronco.....31

QUADRO DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SIGLA	SIGNIFICADO
AVC	Acidente Vascular Cerebral
HCPA	Hospital de Clínicas de Porto Alegre
LMC	Leap Motion Controller
NIHSS	National Institutes of Health Stroke Scale
RV	Realidade Virtual
SNC	Sistema Nervoso Central
SUS	System Usability Scale
TCB	Teste de Caixa e Blocos
TOAST	Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment - Classificação etiológica do AVC
UCE	Unidade de Cuidados Especiais

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE QUADROS E TABELAS	9
QUADRO DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
1 INTRODUÇÃO	12
2 BASE TEÓRICA	15
2.1 AVC, reabilitação neurológica e o uso da realidade virtual.	15
3 JUSTIFICATIVA	19
4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Apresentação do game AVENCER	21
4.2 Critérios de inclusão estabelecidos:	25
4.3 Critérios de exclusão estabelecidos:	26
4.4 Procedimento de coleta	26
4.4.1 Revisão de Prontuário	26
4.4.2 Triagem dos pacientes	27
4.5 Aleatorização	27
4.6 Instrumentos de coleta de dados	28
4.7 Protocolo de pesquisa	30
GRUPO CONTROLE	30
GRUPO EXPERIMENTAL	30
5 RESULTADOS	31
5.1 Participantes	31
5.1.1 Características dos participantes	31
5.2 RELATO DOS CASOS	32
Paciente A	32
Paciente B	34
Paciente C	37
DISCUSSÃO	40
CONCLUSÕES	47
PERSPECTIVAS FUTURAS	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	55
APÊNDICE B - FICHA DE AVALIAÇÃO	57
ANEXO A - ARTIGO	59

1 INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC) é uma alteração súbita que ocorre devido ao bloqueio do fluxo sanguíneo gerando necrose do tecido cerebral (*WORLD HEALTH ORGANIZATION*, 2020; BRASIL, 2013b). A doença é reconhecida por ocupar o segundo lugar no índice de mortalidade e, o primeiro lugar como doença incapacitante. As sequelas deixadas pelo AVC irão depender do local de acometimento da lesão, podendo resultar em alteração de movimento e sensibilidade, fala, compreensão e percepção (BRASIL, 2013b; LINDSAY et al., 2019).

O déficit sensório-motor mais comum nesses pacientes é a hemiparesia de membro superior, atingindo de 55% a 75% dos casos. Altera a mobilidade e a coordenação do membro, dificultando a realização das atividades básicas de vida diária, como comer, vestir-se e lavar-se (CARNEIRO et al., 2016; POLLOCK et al., 2014).

Segundo as Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Acidente Vascular Cerebral (BRASIL, 2013a), o processo de recuperação da função deve ser iniciado o mais precocemente possível, evitando sequelas e minimizando incapacidades futuras, proporcionando o retorno do indivíduo às suas atividades cotidianas e sociais.

Na reabilitação neurofuncional, de acordo com Kleim e Jones (2008), o princípio do uso e desuso, a especificidade, repetição, intensidade e o tempo de terapia devem estar presentes. Porém, a repetição de movimentos e tarefas durante o tratamento, pode por vezes tornar ao paciente monótona e exaustiva a fisioterapia neurofuncional, dificultando a adesão do paciente ao tratamento (POLLOCK et al., 2014).

Dessa forma, a realidade virtual, vem sendo utilizada na fisioterapia com o intuito de aproximar os pacientes a um tratamento dinâmico e lúdico através de jogos, mantendo os objetivos da reabilitação com tarefas simuladas em um ambiente virtual, promovendo maior motivação e aderência durante o tratamento (MALFATTI; COUTINHO; SANTOS, 2011; CARNEIRO et al., 2016). De forma complementar, a fisioterapia tem utilizado desta tecnologia para a recuperação de pacientes que apresentam sequelas derivadas de danos ou distúrbios cerebrais, como o AVC, em casos traumato-ortopédicos e em atendimentos neuropediátricos. A imersão através da realidade virtual possibilita o treinamento de habilidades cognitivas e motoras (NUNES et al., 2011; ROCHA et al., 2021; MILAJERDI et al., 2021; ABBAS et al., 2021).

Nota-se que grande parte dos estudos com terapia de exposição à realidade virtual com pacientes neurológicos utiliza jogos comerciais para o tratamento, os mesmos utilizados para entretenimento e acessíveis a população geral, havendo bons resultados com o uso mas não possuindo a especificidade que o paciente necessita (AFSAR et al., 2018; SIN, LEE, 2013; SAPOSNIK et al., 2010; SAPOSNIK et al., 2016).

Quando há o desenvolvimento de um jogo com um objetivo e um público específico, este é classificado como *serious game*, justamente por apresentar seriedade em sua utilização mesmo tratando-se de um jogo (BURKE et al., 2009). O Sistema Interativo de Reabilitação e Exercício GestureTek (IREX®) é um exemplo, onde se utiliza a tecnologia de controle imersivo por vídeo para colocar os pacientes em ambientes virtuais com jogos sérios, prescritos por um profissional. Os ambientes de realidade virtual do sistema IREX são especificamente concebidos para reabilitar o paciente de forma precisa recomendada pelo terapeuta.

Kwon et al. (2012) utilizaram o sistema IREX® com jogos sérios de alcance e elevação de membro superior para pacientes com até 3 meses pós AVC. Participaram ao total 26 pacientes, os quais foram divididos em grupo controle e experimental. Ao final das intervenções, o grupo submetido a gameterapia mostrou resultados significativos nas avaliações funcionais de Fugl-Meyer e no Teste de Função Manual para pacientes em fase subaguda pós AVC.

Outro sistema considerado como jogo sério, foi relatado no estudo multicêntrico VIRTUES de Brunner et al. (2017), onde os autores realizaram um treinamento em RV com pacientes paréticos de membro superior em decorrência de AVC, após 3 meses de lesão, com participação de 120 pacientes. O sistema utilizado foi o YouGrabber (YouRehab Ltd, Schlieren, Suíça), o qual consiste em luvas com sensores, uma câmera infravermelha e um *software* de computador como tela. Desenvolvido para fins de reabilitação, ele compreende vários jogos que o terapeuta pode adaptar às reais habilidades motoras do paciente. Os diferentes modos de terapia incluem exercícios de alcance e preensão, movimentos seletivos dos dedos, supinação / pronação, movimentos de todo o braço e treinamento unimanual ou bimanual. Ao final, os autores concluíram que o treinamento em RV para o membro acometido não foi superior ao tratamento conservador, mas foi tão eficaz quanto a terapia convencional na fase subaguda após o AVC, podendo ser utilizada como complemento.

Entende-se que pesquisas que abordam novas tecnologias na área da saúde, em especial no setor de reabilitação, como *serious games* e seu uso com realidade

virtual, são importantes para o desenvolvimento de novos protocolos, manejos e abordagens no tratamento. O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um jogo em RV produzido especificamente para pacientes pós AVC e sua aplicabilidade para o treino do membro superior em uma série de casos.

2 BASE TEÓRICA

2.1 AVC, reabilitação neurológica e o uso da realidade virtual.

O Acidente Vascular Cerebral define-se pelo aparecimento rápido de sinais clínicos focais ou globais de origem vascular, com sintomatologia igual ou superior à 24 horas. (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020; BRASIL, 2013b). De forma imediata, após a oclusão do vaso no território cerebral, o sistema nervoso central (SNC) entra em sofrimento e ocorre a morte neuronal. De acordo com a estimativa de Saver (2006), a cada minuto com o vaso ocluído, há a morte de 1,9 milhões de neurônios e a perda de 14 bilhões de sinapses por minuto no AVC isquêmico.

A depender do local e da extensão da lesão, pode ocasionar distúrbio sensório-motor como também, cognitivo. O sinal mais comum é a fraqueza ou dormência repentina de face, braço e/ou perna de um lado do corpo, geralmente. Porém, o paciente pode apresentar outros sinais como dificuldade na fala e na compreensão, como dificuldade para engolir, visual, confusão mental, perda de equilíbrio, vertigens e cefaléia, e tratando-se de uma lesão muito grave pode causar morte súbita (BRASIL, 2013a; WHO, 2020).

O AVC acomete cerca de 13,5 milhões de pessoas ao ano a nível mundial, sendo reconhecido como a segunda causa de morte, com taxa de mortalidade estimada em 5,5 milhões de pessoas. É importante ressaltar ainda, que a doença ocupa a primeira causa de incapacidade e para a *World Stroke Organization*, a doença irá afetar uma a cada quatro pessoas ao longo da vida (GBD, 2016; LINDSAY et al., 2019; WSO, 2020). De acordo com a Sociedade Brasileira de Doenças Cerebrovasculares (SBDC, 2021), 70% das pessoas que são acometidas pelo AVC não retornam ao trabalho devido às sequelas e 50% necessitam de auxílio para o dia a dia.

Um dos grandes desafios da reabilitação neurofuncional voltada ao AVC, é a quantificação da dose-tratamento. Entende-se que o estímulo repetitivo, as informações do ambiente e a busca pela funcionalidade devem ser constantes, contudo, não há clareza na literatura sobre a dose de intervenção que deve ser oferecida no tratamento (LANG, LOHSE and BIRKENMEIER, 2015). Entender o conceito de dose ou volume de intervenção, pode trazer mudanças nos paradigmas de tratamento não farmacológico. É o que propõe Hayward et al. (2021) ao defender que a terminologia “dose” na

reabilitação, deve ser compreendida como multidimensional, deve ser flexível e que possa ser utilizada como guia para intervenções, sendo estruturada em:

- Duração de terapia ou tempo gasto na tarefa (minutos/horas)
- Cronograma de terapia (frequência de sessões, dias/semanas)
- Dificuldade da tarefa (baixo, médio e alto, por exemplo)
- Intensidade física (repetições de movimento, por exemplo)

Na revisão de Pollock et al., (2014), os autores afirmam que são comuns após um AVC, problemas relacionados com a função do braço, principalmente a dificuldade para realizar as atividades básicas de vida diária. A capacidade de manipulação de objetos, sejam estes, com diferentes formas, texturas e/ou tamanhos, relacionam-se com uma das principais funções da mão, sendo de suma importância para a interação do ser humano com o meio e independência de vida do indivíduo (LIMA; FRANCISCO; FREITAS, 2012). A destreza manual requer coordenação fina de movimentos e a capacidade de realizar certas manipulações, como girar e segurar, uso bimanual, assim como, passar um objeto de uma mão para a outra, utilizando movimentos de pinça e preensão. (NASCIMENTO et al., 2013). Entende-se, no entanto, que para indivíduos pós-AVC, a destreza manual pode ser facilmente comprometida conforme a área cerebral atingida no acidente, devendo estar entre os objetivos estabelecidos para a reabilitação deste paciente. (BRASIL, 2013b; POLLOCK *et al.*, 2014).

A realidade virtual é descrita como uma interface avançada para aplicações computacionais, utilizando de *hardwares* ou *softwares* que possibilitem o usuário a navegar e interagir, em tempo real, em um ambiente tridimensional gerado por esses dispositivos (LANGE et al., 2012). Através de uma janela constituída pela tela do monitor e pela tela de projeção, ou ainda, ser inserido no mundo virtual através de um capacete ou salas de multiprojeção, o usuário percebe o mundo virtual. Quando o jogador utiliza uma janela (tela do monitor), a realidade virtual é definida como não-imersiva, na qual o jogador é transportado parcialmente para o domínio do jogo, preservando seu senso de presença no mundo real. Já a realidade imersiva, transfere o jogador totalmente para o ambiente virtual, proporcionando interação com os objetos e assim sentindo suas reações, através de dispositivos multissensoriais (NUNES et al., 2011; LANGE et al., 2012).

Alguns estudos mostram a ativação de áreas cerebrais específicas quando observa-se movimentos realizados por outras pessoas ou movimentos espelhados, desenvolvidos pelo próprio indivíduo. A ativação desse sistema, conhecido por neurônios espelhos, aciona regiões no córtex sensório-motor como lobo frontal, parietal e temporal e pode induzir a reorganização cortical após lesões do sistema nervoso central. (ENG et al., 2007, MUKAMEL et al., 2007; PESSINI et al., 2018). A RV compreende o uso de tecnologia tridimensional através do ambiente computadorizado, permitindo que essa interação entre jogador e ambiente, aumente a taxa de disparo pelos neurônios espelho através da captação do movimento realizado pelo avatar ou figura espelhada (AUGUST et al., 2006; SMALL et al., 2012).

Para a produção de jogos para a reabilitação, denominados *Serious Games* (pois possuem objetivo específico e não apenas para entretenimento), torna-se necessário um planejamento específico e com maior cuidado comparado aos jogos comerciais, visto que este é voltado para o tratamento reabilitador do indivíduo (BURKE et al., 2009). Além de sequelas físicas, deve ser considerado os fatores emocionais para a elaboração do *game*, não exigindo tarefas extremamente difíceis que não sejam possíveis de serem realizadas, podendo desestimular o paciente. Ao contrário, o jogo para a reabilitação deve incentivar à continuação ao tratamento, podendo haver recompensas e frases de encorajamento durante as atividades exigidas. (MALFATTI; COUTINHO; SANTOS, 2011).

Nas revisões de Laver et al. (2015) e Pompeu et al. (2014), os consoles de RV mais utilizados para a reabilitação pós-AVC foram o Nintendo Wii e o Xbox 360 com o sensor Kinect da Microsoft, onde ambos, apresentam jogos envolvendo geralmente modalidades de dança e esporte, sendo possível o trabalho com membros superiores e inferiores, a depender do equipamento utilizado. Já a revisão mais recente de Laver et al. (2017), mostrou maior uso de *serious games* principalmente nas pesquisas de países asiáticos, mas, ainda contendo pesquisas com jogos comerciais, como o Nintendo Wii. Nesta revisão, três estudos brasileiros foram avaliados, e estes, utilizaram consoles comerciais com jogos não específicos (BARCALA et al., 2013; DA SILVA RIBEIRO et al., 2015; GALVÃO et al., 2015).

Ainda, a revisão sistemática sobre o uso da RV na reabilitação pós AVC de Laver et al. (2017), mostrou que dos 72 estudos revisados, vinte e dois ensaios testaram o uso da RV em comparação com a terapia convencional sobre a capacidade de movimentar o membro superior, porém, não houve melhora da função. Quando a realidade virtual foi

usada adicionalmente aos cuidados habituais, houve ganhos funcionais no braço acometido. Contudo, estes resultados devem ser interpretados com cautela, pois, embora haja um grande número de estudos, as pesquisas são geralmente pequenas e não apresentam boa qualidade metodológica.

3 JUSTIFICATIVA

A reabilitação neurofuncional baseia-se no estímulo repetitivo de movimentos com o objetivo de novas aquisições neuromotoras para pacientes que possuem sequelas neurológicas, como no AVC, a fim de recuperar funções e possibilitar o retorno desse indivíduo às suas atividades cotidianas e sociais. Contudo, este processo por vezes torna-se monótono e exaustivo para o paciente, dificultando sua adesão ao tratamento (LANG, LOHSE and BIRKENMEIER, 2015). A RV emerge como possibilidade de complementar o atendimento, de forma segura e dinâmica, engajando o paciente na terapêutica (BURKE et al., 2009).

Segundo Lohse et al., (2013), o sucesso do jogo depende da interatividade e do poder de escolha do usuário, apesar de serem distintos, há conectividade entre os dois conceitos. Para que o paciente possa interagir e assim definir qual caminho tomar no *game*, é necessário que ele faça uma escolha, e dessa forma cada escolha reflete uma interação no ambiente virtual. Para isso, podem ser criadas diferentes formas de alcance dos objetivos ou fases para o jogo, estimulando maior interação do paciente.

O estudo de Brunner et al. (2017) utilizou um equipamento produzido para a reabilitação, chamado de YouGrabber. No estudo, os autores pesquisaram sobre a eficácia do treinamento em RV na reabilitação de membro superior em comparação ao treinamento convencional na fase subaguda após o AVC, participando 102 participantes de cinco centros de reabilitação. O grupo experimental recebeu 60 minutos diários de gameterapia através do jogo sério YouGrabber, 5 vezes por semana em um período de 30 dias, e o grupo controle, recebeu atendimentos fisioterapêuticos convencionais focados em exercícios de motricidade fina e grossa, durante o mesmo período que o outro grupo. Apesar de apresentar ganhos funcionais após a aplicação, a RV não foi superior ao tratamento conservador, sendo indicada pelos autores como dispositivo complementar à reabilitação.

Já no estudo randomizado de LIN (2020), o objetivo foi investigar a eficácia do treinamento em RV na força muscular, estado de humor e estado funcional em pacientes após acidente vascular cerebral agudo. Ao todo, 145 pacientes participaram da pesquisa, onde os dois grupos receberam terapia convencional (5 sessões de 60 minutos por semana) e o grupo experimental recebeu 5 dias de treinamento a mais em realidade virtual (15 minutos, 2 vezes ao dia). Ao final, foi observado que ambos os grupos apresentaram aumento de força muscular e melhora do estado funcional. As

diferenças significativas encontradas foram em relação ao estado de humor, onde o grupo experimental teve maior diminuição de depressão e ansiedade.

Os autores YOUNG-BIN et al., (2019) também relatam o uso da aplicação da realidade virtual em pacientes pós-AVC, contudo, em casos crônicos e em ambiente ambulatorial. No estudo, os grupos controle e experimental foram treinados 30 minutos por dia, 3 dias por semana, durante 6 semanas, com o grupo experimental realizando a RV através do dispositivo Joystim em ambulatório, um equipamento de vídeo-game com controle baseado em ações do membro superior, como movimento de pinça e giro de maçaneta, por exemplo. Os autores relatam que o uso da RV apresentou aumento nos parâmetros de força e destreza manual dos pacientes.

A tecnologia VR é uma modalidade recente, porém, promissora quando pensa-se em reabilitação motora em pacientes pós AVC. Sabe-se que para ganhos neuromotores, a intensidade, a prática orientada à tarefa e a repetição de movimentos devem estar presentes na terapia para a geração de estímulos à neuroplasticidade e assim, resultar em aprendizado motor (KHAN, PODLASEK & SOMAA, 2021).

Com a utilização de tarefas gamificadas através da tecnologia em realidade virtual, é possível delimitar os objetivos da tarefa/atividade, definir frequência e intensidade através de recursos de game design, proporcionando maior engajamento e motivação para a participação do paciente na terapia (KHAN, PODLASEK & SOMAA, 2021). Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um jogo sério para pacientes pós AVC e sua aplicabilidade em indivíduos hospitalizados na fase inicial de reabilitação.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Estudo caracterizado como um ensaio clínico randomizado para analisar a aplicabilidade de um game desenvolvido em realidade virtual não imersiva para trabalho do membro superior de pacientes hospitalizados por AVC em fase aguda e sub-aguda: tratando-se de uma série de casos até este momento de coleta de dados.

Estudo realizado na Unidade de Cuidados Especiais do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

4.1 Apresentação do *game* AVENCER

O processo de criação e desenvolvimento do game teve início em novembro de 2017 a junho de 2018. Para o seu desenvolvimento, houve uma parceria entre os fisioterapeutas idealizadores do projeto e profissionais programadores da área de Jogos Digitais do laboratório VIZLab da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, localizada na cidade de São Leopoldo/RS-Brasil.

A idealização do game surgiu através da vontade dos fisioterapeutas em proporcionar um atendimento que permitisse uma terapia dinâmica e interessante dentro do ambiente hospitalar. Para isso, decidimos utilizar tecnologia em realidade virtual não imersiva para pacientes internados devido a quadros de AVC em fase aguda e sub-aguda, especificamente voltado à função do membro superior acometido.

O *hardware* escolhido foi o *Leap Motion Controller* – LMC (Leap Motion, Inc., San Francisco, CA, USA), um dispositivo que quando conectado a um notebook é capaz de rastrear e captar o movimento de mãos e dedos a partir de seus sensores e emissores infravermelhos (LEAP MOTION, 2020) (Figura 1). A escolha por este *hardware* deu-se pela praticidade de transporte devido ao seu tamanho e peso (80 mm C x 30 mm L x 11,3 mm A, 32 gramas); profundidade de zona de interação (profundidade entre 10 cm a 60 cm de preferência, até 80 cm no máximo) e facilidade na higienização do equipamento. Para a execução e desenvolvimento do sistema foi utilizado o suporte de ferramentas SDK *Leap Motion* e o desenvolvedor Unity 3D versão 2017.3, ambos gratuitos.

Figura 1 - *Leapmotion Controller*

Fonte: LEAP MOTION (2020).

O processo de desenvolvimento do jogo foi dividido em 12 passos até o resultado final:

Etapa 1: Revisão do planejamento, objetivos e adaptação para a realidade virtual.

Etapa 2: Desenvolvimento do *level design*: foram montados 4 mapas com desafios diferentes e gradativamente mais difíceis.

Etapa 3: Criação de menus de navegação para criação de perfis de jogadores, utilização de perfis já criados e entre outros.

Etapa 4: Criação do fluxo de jogo: início, meio e fim.

Etapa 5: Desenvolvimento do algoritmo de entrada e saída de dados do jogo para fácil inserção em documento de texto externo.

Etapa 6: Início do balanceamento do jogo, melhorando desafios e alterando cronômetros para tornar possível a conclusão de todos os desafios.

Etapa 7: Criação da tela de *gameplay*. Torna-se possível realizar uma contagem regressiva ao início de cada etapa, com um cronômetro visível e uma câmera auxiliar mostrando o cenário com uma perspectiva lateral. Essa câmera ajuda na identificação da altura e da profundidade do cenário.

Etapa 8: Adição de gatilhos visuais durante as interações com os objetos, facilitando o entendimento do jogador ao que está acontecendo no momento da sua movimentação através do *Leap Motion*.

Etapa 9: Adição de música ao menu principal, adição de sons a cada interação com objetos durante o *gameplay* e adição de música ao final de cada desafio.

Etapa 10: Menção aos envolvidos no projeto e alteração na tela de finalização de cada desafio, agora o jogador saberá quanto tempo demorou nesse mapa e sua respectiva pontuação.

Etapa 11: Revisão de todas as etapas anteriores.

Etapa 12: Últimas modificações, escolha do nome e finalização do jogo.

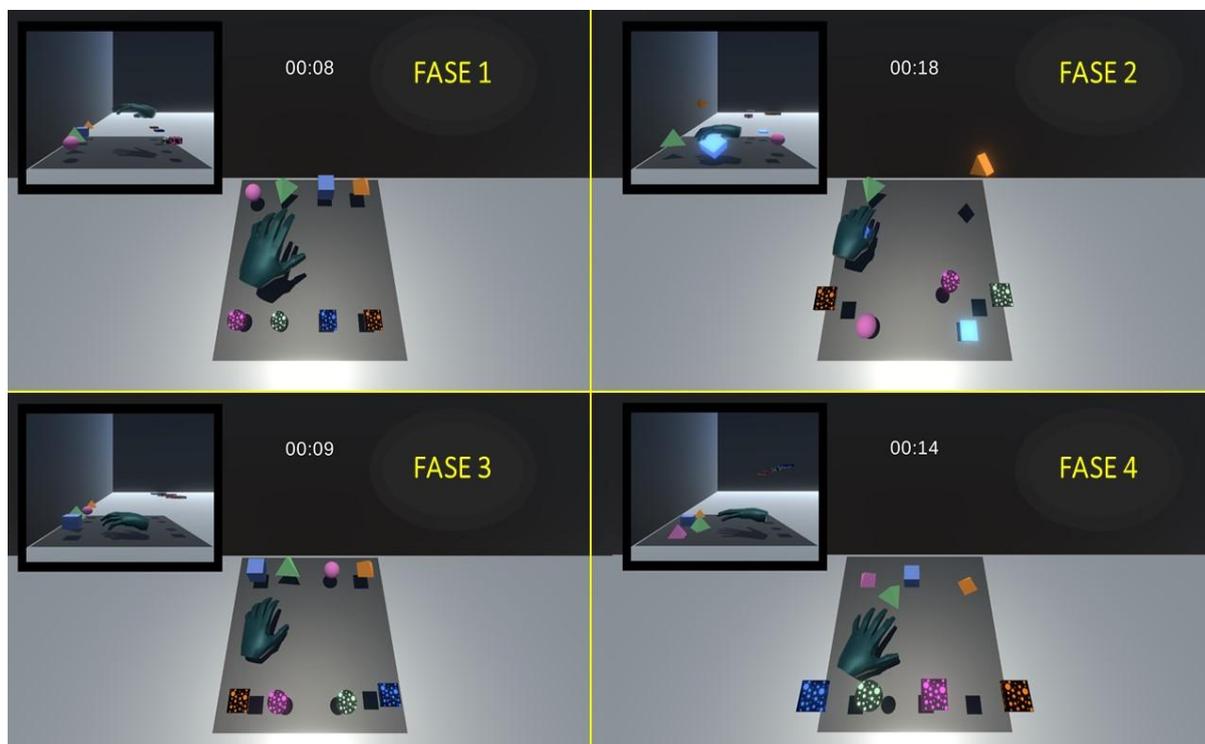
O nome AVenCer foi escolhido em referência a “vencer o AVC”. Este *game* possui objetivos de encaixes de figuras geométricas de diferentes cores, possuindo quatro fases distintas apresentadas no Quadro 1. Em cada nível, existem quatro figuras geométricas sob a pontuação de 25 pontos cada, somando 100 pontos em cada fase e totalizando o valor de 400 pontos para o jogo completo. Ao final de cada desafio, uma mensagem positiva e motivadora pode ser lida na tela do *game*. Dessa maneira, o paciente é estimulado a realizar movimentos de flexo-extensão, abdução e adução de ombro, flexo-extensão de cotovelo, punho e dedos em todos os níveis, possibilitando o alcance dos objetivos como também o trabalho de motricidade fina do usuário através do feedback visual, o qual conta com uma visão frontal e lateral da janela do *game* (Figura 2 e 3).

Ainda, o jogo apresenta um painel inicial para a coleta de informações pessoais do jogador (Figura 4), como o tipo de AVC ocorrido, a etiologia do acidente com a escala TOAST e o preenchimento da escala de incapacidade de Rankin modificada, cujos dados, tempo e pontuação alcançados, são automaticamente salvos em um documento de texto titulado com o nome de cada usuário. O tempo máximo que o AVenCer se mantém ativo para cada jogador é de 10 (dez) minutos, sendo que não há tempo pré-definido para cada fase.

Figura 2 – *Layout* do AVenCer e posicionamento do paciente.

Fonte: ROCHA et al. (2021)

Figura 3 - Fases do AVenCer



Fonte: Arquivos do autor.

Quadro 1 - Apresentação das fases, definições e movimentos solicitado no *game*.

Fase	Definição
1	Objetos alinhados em seus encaixes, pequena altura dos mesmos, sem ação da gravidade virtual
2	Objetos desalinhados de seus encaixes, pequena altura dos mesmos, sem ação da gravidade virtual
3	Objetos desalinhados de seus encaixes, média altura dos mesmos, sem ação da gravidade virtual
4	Objetos alinhados com seus encaixes, grande altura dos mesmos, com ação da gravidade virtual
Movimentos solicitados	
Flexo-extensão de ombro; abdução e adução de ombro; flexo-extensão de cotovelo; flexo-extensão de punho; flexo-extensão de dedos.	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 – Tela de criação de perfil do usuário.

Criação de perfil

Data de internação:

Nome:

Idade:

Sexo:

Braço dominante:

Braço Acometido:

Tipo de AVC:

TOAST:

Rankin:

Fonte: Arquivos do autor.

4.2 Critérios de inclusão estabelecidos:

Pacientes com diagnóstico de um único AVC isquêmico ou hemorrágico, a partir de 24h após a lesão, de ambos os sexos, maiores de 18 anos, com capacidade de

permanecer sentados sem apoio e capacidade de realizar contra a gravidade os movimentos de flexão e abdução de ombro e flexão e extensão de cotovelo, punho e dedos do membro acometido.

4.3 Critérios de exclusão estabelecidos:

Pacientes com AVC prévio, hemianopsia parcial ou completa, déficits cognitivos, distúrbios de coordenação e amputação a qualquer nível do membro superior acometido.

4.4 Procedimento de coleta

A partir da aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, sob o número 2021-0150, foi iniciado o procedimento de coleta desta pesquisa. Os participantes que se enquadraram nos critérios de inclusão do estudo foram convidados a participar através de um convite verbal, e aqueles que mostraram interesse receberam esclarecimentos e, após aceitarem participar do estudo, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE - APÊNDICE A), onde se encontravam todas as informações necessárias para a compreensão dos objetivos, procedimentos, riscos e benefícios da pesquisa, além da garantia do anonimato.

4.4.1 Revisão de Prontuário

Os dados de identificação, como nome, idade, sexo, data de internação, tipo de AVC, lado acometido, dominância do paciente e etiologia do AVC com a escala TOAST - Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment foram coletados do prontuário do paciente (ADAMS et al., 1993). As informações sobre o estado cognitivo, comprometimento visual e coordenação do membro do paciente também foram coletados do prontuário, a partir dos resultados encontrados na pontuação na escala do *National Institutes of Health Stroke Scale* (NIHSS), realizada na internação hospitalar, nos itens 1 (nível de consciência, orientação e comandos), 3 (campos visuais) e item 7 (ataxia dos membros) (BRASIL, 2013b).

4.4.2 Triagem dos pacientes

FORÇA MUSCULAR

Para a identificação dos pacientes com força muscular mínima capaz de realizar o movimento contra a gravidade, sem adição de resistência manual, foi utilizado o Índice de Motricidade (COLLIN; WADE, 1990) (APÊNDICE B). Este índice avalia o comprometimento dos membros superiores em relação a força muscular, no qual são avaliados o movimento dos flexores de cotovelo, abdutores de ombro e preensão de pinça superior, com pontuações que variam de 0 a 33, sendo “zero” sem movimento e 33, força normal, respectivamente. Em relação ao movimento de preensão de pinça, as pontuações compreendem “zero” sem movimento e 33, preensão normal. Caso os pacientes pontuassem abaixo de 19 no índice de motricidade, os mesmos não eram incluídos neste estudo, pois o paciente era incapaz de realizar o movimento com o membro contra a ação da gravidade.

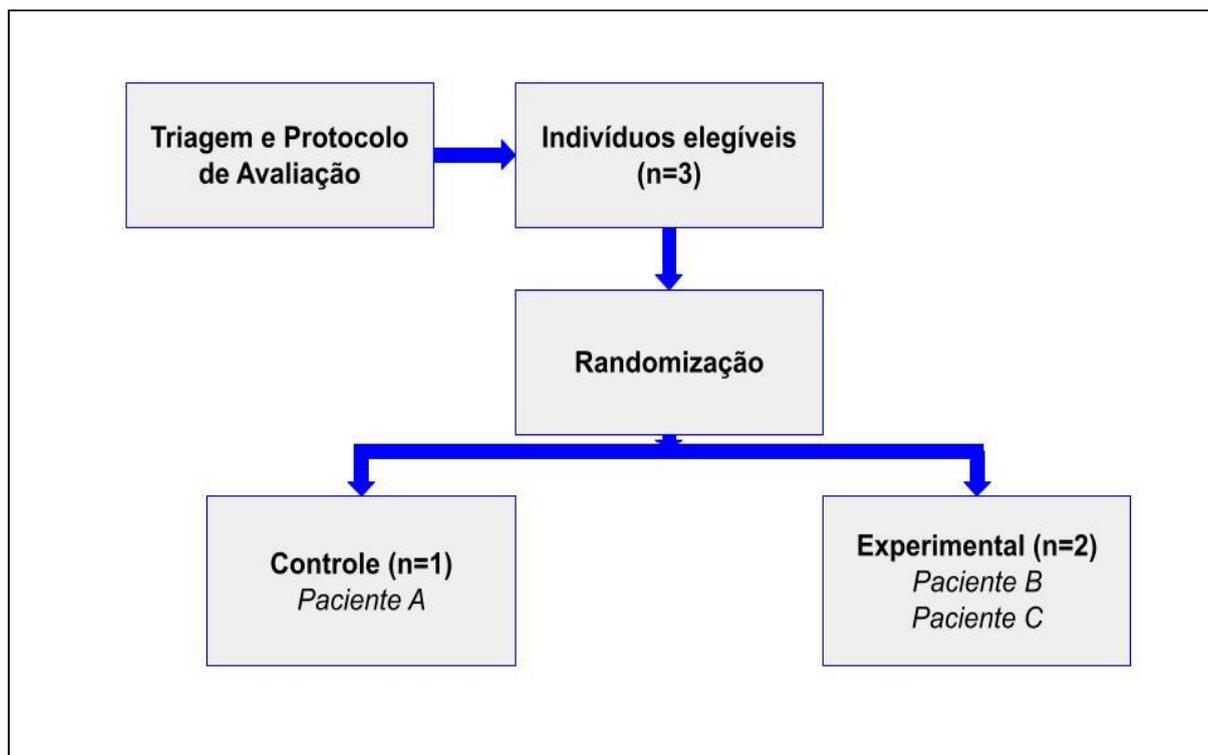
CONTROLE DE TRONCO

O Teste de Controle de Tronco de Collin e Wade (1990) (APÊNDICE B), foi aplicado para avaliar a capacidade de rotação dos músculos do tronco e de verticalidade do paciente, a partir da exigência de quatro posturas: rolar para o lado acometido; rolar para o lado não acometido; balançar na posição sentada e passar de deitado para sentado. As pontuações concentram-se em 0, não consegue realizar; 12, realiza movimento, mas com dificuldade; e 25, realiza movimento sem dificuldade. Foram incluídos aqueles pacientes que obtiveram no mínimo 75 pontos totais. Foi estabelecido que os pacientes deveriam atingir a pontuação 25 no item ‘balançar na posição sentada’ para serem incluídos no estudo.

4.5 Aleatorização

Utilizou-se o programa de randomização “*Research Randomizer*” (<https://www.randomizer.org/>) para a divisão aleatória dos participantes em Grupo Controle e Grupo Experimental (Figura 5), utilizando-se blocos de 6 pacientes. A ordem das intervenções foi definida previamente por um pesquisador que não participou da coleta de dados.

Figura 5 - Fluxo de pacientes no estudo



Fonte: elaborado pelo autor.

4.6 Instrumentos de coleta de dados

– ESCALA DE RANKIN MODIFICADA:

Para avaliar o nível de incapacidade pós AVC, foi utilizada a escala de Rankin Modificada (APÊNDICE B). A mesma pode ser graduada de 0-6, onde: 0, equivale a sem sintomas; 1, sem incapacidade significativa; 2, leve incapacidade; 3, moderada incapacidade; 4, incapacidade moderadamente grave; 5, incapacidade grave; e 6, equivale ao óbito. (BRASIL, 2013b; BRUNO et al., 2010).

– TESTE DE CAIXA E BLOCOS:

Para avaliar a destreza manual, o Teste de Caixa e Blocos (LIN, KC et al., 2010) foi aplicado e conduzido conforme orientações de execução e confecção do material para averiguação de destreza manual de Mathiowetz et al. (1985). Os pacientes permaneciam sentados no leito e, sobre a mesa de alimentação, foi colocada uma caixa aberta com uma repartição em seu meio, onde de um lado havia 150 blocos de 2,5cm.

O teste solicita que o paciente utilize o membro superior acometido no AVC, para transpassar o máximo de blocos possíveis para o lado oposto da caixa, durante o tempo de 60 segundos que foi cronometrado pelos pesquisadores.

– DINAMOMETRIA DE PREENSÃO PALMAR

Para avaliar a força de preensão palmar, foi utilizado o dinamômetro hidráulico Saehan®, equipamento válido e confiável, sendo comparável com o dinamômetro Jamar®, o mais utilizado a nível mundial. (REIS; ARANTES, 2011). Para a mensuração, o paciente esteve sentado, segurando o dinamômetro com o braço junto ao corpo, com 0° de flexão de ombro e cotovelo em flexão de 90°, conforme a posição padronizada pela Sociedade Americana de Terapeutas de Mão (SATM) por ser biomecanicamente favorável para realizar a melhor força possível. Foram realizadas 4 medições, a primeira para conhecimento do aparelho e as demais para a real mensuração da força, oferecendo um minuto de intervalo entre cada tentativa, alternando entre as duas mãos. O resultado foi dado através da média entre as 3 últimas medições, sendo expresso em Kg/f. (FIGUEIREDO et al., 2007).

– SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)

Para a avaliação da usabilidade do jogo sério AVenCer, o questionário System Usability Scale (SUS) (APÊNDICE B) foi utilizado apenas no grupo experimental. O questionário SUS contém dez questões objetivas e uma questão dissertativa opcional. Cada questão tem uma afirmação positiva (questões ímpares) ou negativa (questões pares) sobre a experiência com o jogo. As opções de resposta das perguntas objetivas são apresentadas como uma escala que representa o posicionamento do usuário em relação à afirmação de cada questão. A validação do jogo por meio do questionário SUS é realizada a partir do score calculado através das respostas atribuídas pelo participante do teste. O cálculo funciona da seguinte maneira: primeiramente o cálculo é realizado por grupos de perguntas. O grupo de perguntas ímpares: 1, 3, 5, 7 e 9 será calculado como segue: (Nota atribuída - 1). E o grupo de perguntas pares: 2, 4, 6, 8 e 10 será calculado como segue: (5 - Nota atribuída). Após isso, realiza-se a somatória dos valores dos grupos. O valor obtido da soma dos grupos é então multiplicado por 2,5 para obter o score. O score obtido de cada participante pode ser classificado de acordo com os seguintes intervalos de valores: 20,5 (pior imaginável); 21 a 38,5 (pobre); 39 a 52,5

(mediano); 53 a 73,5 (bom); 74 a 85,5 (excelente); e 86 a 100 (melhor imaginável). Para que o jogo tenha sua usabilidade considerada aceitável, é necessário que a média dos scores dos participantes atinja o valor de 53. A média de score do SUS é de 68, então qualquer valor acima deste é considerado acima da média e qualquer valor abaixo disso é considerado abaixo da média. (USABILITEST, 2020; BANGOR; KORTUM; MILLER, 2009). Este questionário foi aplicado no momento final de utilização do *game* (AVenCer) com os pacientes.

4.7 Protocolo de pesquisa

GRUPO CONTROLE

- Dois atendimentos fisioterapêuticos ao dia pelos profissionais da equipe da UCE do hospital, durante a internação, conforme a rotina da unidade, envolvendo desde mobilizações passivas até treinos resistidos e de alcance funcional, de acordo com as Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com AVC, elaboradas pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2013a).

- Aproximadamente 15 (quinze) minutos de terapia foram empregados pela equipe de fisioterapia da unidade, sendo mantido este protocolo desde a avaliação inicial até a alta hospitalar e/ou no máximo ao 7º dia de internação.

GRUPO EXPERIMENTAL

- Um atendimento por dia pela equipe de fisioterapia da UCE do HCPA de segunda a sexta-feira, durante a internação do paciente na unidade.

- Em turno inverso, de segunda à sexta-feira, uma vez ao dia, os pacientes foram expostos ao *game* desenvolvido (AVenCer) como forma de terapia.

- O protocolo foi mantido desde a avaliação inicial até a alta hospitalar e/ou no máximo até o 7º dia de internação do indivíduo.

- Dessa forma, além da terapia convencional, aplicada em média por 15 (quinze) minutos, estes pacientes realizaram a gameterapia através da realidade virtual não imersiva por 10 (dez) minutos, incluindo mais 5 (cinco) minutos para orientações e posicionamentos para o uso do equipamento.

5 RESULTADOS

5.1 Participantes

Dado o curto período de tempo para o início das coletas após a aprovação pelo CEP devido a pandemia de COVID-19, não foi possível atingir o tamanho amostral anteriormente previsto para este estudo.

Foram elegíveis para a amostra três (3) pacientes pós AVC internados na Unidade de Cuidados Especiais do HCPA, sendo alocado um paciente no grupo controle e dois no grupo experimental.

5.1.1 Características dos participantes

A média de idade dos participantes foi de 51,3 anos, sendo 2 participantes do sexo masculino e uma participante do sexo feminino. Os indivíduos eram destros e apresentavam AVC do tipo isquêmico. Apenas o paciente A apresentou acometimento do hemisfério esquerdo. Os indivíduos A e B tiveram etiologia do AVC classificada como indeterminada, já o paciente C, apresentou oclusão de pequenas artérias.

Tabela 1 – Distribuição dos pacientes de acordo com o sexo, idade, dominância e comprometimento de membro superior, tipologia e etiologia do AVC (n=3).

<i>Pacientes</i>	<i>Sexo</i>	<i>Idade</i>	<i>Hemisfério dominante</i>	<i>Tipo de AVC</i>	<i>Hemisfério comprometido</i>	<i>TOAST</i>
A	M	57	D	Isquêmico	E	Infartos de origem indeterminada
B	F	34	D	Isquêmico	D	Infartos de origem indeterminada
C	M	63	D	Isquêmico	D	Oclusão pequenas artérias

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2 – Caracterização da amostra quanto ao Índice de Motricidade e Teste de Controle de Tronco (n=3).

	<i>Pacientes</i>	<i>Índice de Motricidade</i>			<i>Teste Controle de Tronco</i>
		<i>Flx cotovelo</i>	<i>Abd ombro</i>	<i>Pinça</i>	
Controle	A	19	19	19	87
Experimental	B	25	25	33	100
	C	33	33	33	100
<i>Média B e C</i>		29	29	33	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

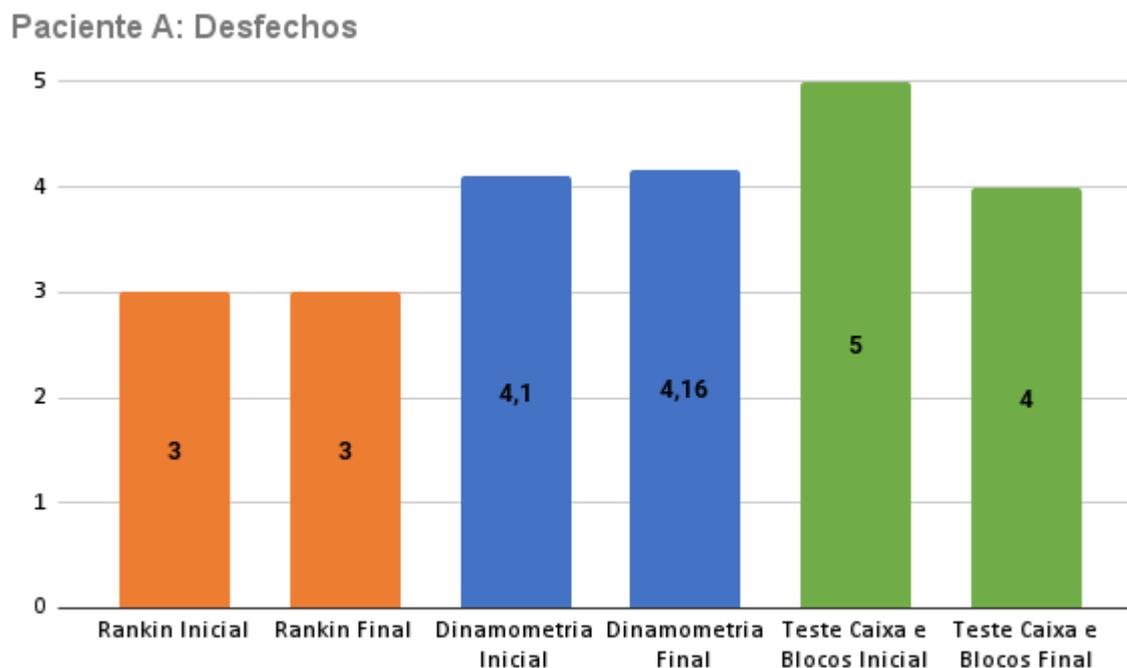
Os dados coletados na triagem dos pacientes (Tabela 2), indicaram que o paciente A possuía movimento contra a gravidade, mas não contra uma resistência para os grupos musculares flexores de cotovelo, abdutores de ombro, assim como, para o movimento de pinça. Já a paciente B, apresentou força normal para o movimento de pinça, mas, para os grupos musculares de flexores de cotovelo e abdutores de ombro, apresentou movimento completo contra uma resistência, mas ainda sendo mais fraco que o lado contralateral. O paciente C, apresentou movimento normal em todos os grupos musculares. Quanto ao teste de controle de tronco, os pacientes B e C mostraram que não possuíam comprometimento de acordo com a pontuação alcançada, diferente do paciente A, que apresentou comprometimento discreto no controle de tronco.

5.2 RELATO DOS CASOS

Paciente A

Paciente do sexo masculino, 57 anos, acometido por AVC isquêmico em outubro de 2021. Não foi candidato a trombólise devido a sua chegada no hospital ter ocorrido quatro dias após os sintomas. Apresentou NIHSS 5 na internação, com TOAST de origem indeterminada. Possuía histórico de hipertensão arterial sistêmica (HAS) e uso de álcool. Este paciente foi aleatorizado para o grupo Controle, onde foi atendido pela equipe de fisioterapeutas da UCE duas vezes ao dia durante o seu período de internação (3 dias), totalizando 6 atendimentos de fisioterapia. Os parâmetros iniciais e finais referentes a destreza manual, nível de incapacidade e dinamometria de preensão palmar, podem ser visualizados abaixo:

Figura 6 - Variáveis de desfecho do paciente A.

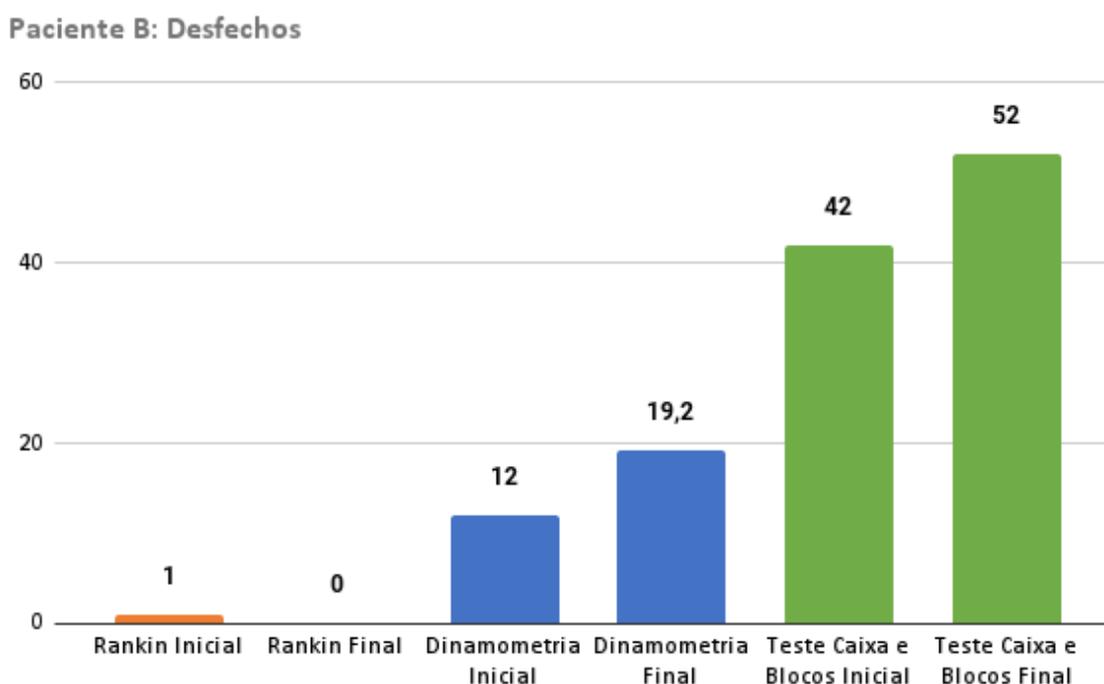


O paciente A permaneceu internado durante 3 dias na UCE, participando do protocolo de atendimentos durante este período, onde foi avaliado no primeiro dia e reavaliado no terceiro dia ao receber alta da unidade. Manteve-se com classificação 3 de Rankin, sugerindo incapacidade moderada. Quanto à dinamometria de preensão palmar, houve discreta diferença entre a avaliação inicial e final, passando de 4,1Kg/f para 4,16Kg/f. Contudo, para a faixa etária entre 50-59 anos, onde este paciente se encontra, é esperado aproximadamente 16,7 kg/f, conforme Jorge et al. (2019), demonstrando fraqueza na preensão da mão. Este mesmo paciente já havia apresentado no Índice de Motricidade a capacidade de movimentar o membro apenas contra a gravidade, mas não contra uma resistência. Em relação ao teste de caixa e blocos, onde avalia-se a destreza manual, o paciente estudado apresentou diminuição de 20% na coleta de blocos entre a avaliação inicial e final. Considerando que para Mathiowetz et al. (1985), para homens saudáveis nesta faixa etária, o esperado no teste é o deslocamento de aproximadamente 73 blocos, entende-se que este paciente apresenta um déficit importante de destreza manual.

Paciente B

Paciente do sexo feminino, 34 anos, acometida por AVC isquêmico sem janela para trombólise devido a sua internação ter ocorrido seis dias após o início dos sintomas. Pontuou 3 no NIHSS de entrada, com etiologia indeterminada conforme a classificação de TOAST. Sem histórico de doenças prévias. Esta paciente foi aleatorizada para o grupo experimental, ou seja, durante o seu período de internação recebia 1 atendimento/dia de fisioterapia convencional pela equipe da UCE e 1 atendimento/dia com a terapia de realidade virtual com o *game* AVenCer. Esta paciente permaneceu internada pelo período de 6 dias, recebendo 6 atendimentos de fisioterapia convencional e 6 atendimentos com a gameterapia. Abaixo, podem ser visualizados os testes pré e pós intervenção, assim como, os resultados obtidos através do uso do AVenCer (Figuras 7, 8 e 11).

Figura 7 - Variáveis de desfecho do paciente B.



Quanto aos testes pré e pós intervenção, a paciente B apresentou evolução nos resultados das variáveis coletadas. Na classificação de Rankin, a paciente iniciou com nível 1, representando que não possuía nenhuma incapacidade significativa e, ao final, após 6 dias de intervenção, foi classificada como 0, ou seja, não apresentava nenhum sintoma. Em relação ao teste de caixa e blocos, apesar de não atingir o esperado para

a faixa etária (deslocamento de aproximadamente 85 blocos) conforme Mathiowetz et al. (1985), houve ganho de aproximadamente 24% quanto ao número de blocos colocados na caixa entre a avaliação inicial e final, representando melhora em sua destreza manual. Assim como, aumento de força de preensão palmar em 60% verificado através da dinamometria, mesmo estando abaixo do esperado para a faixa etária de 30-39 anos (29,1 kg/f), de acordo com Jorge et al. (2019).

Figura 8 - Resultados alcançados pela paciente B com o uso do AVenCer.

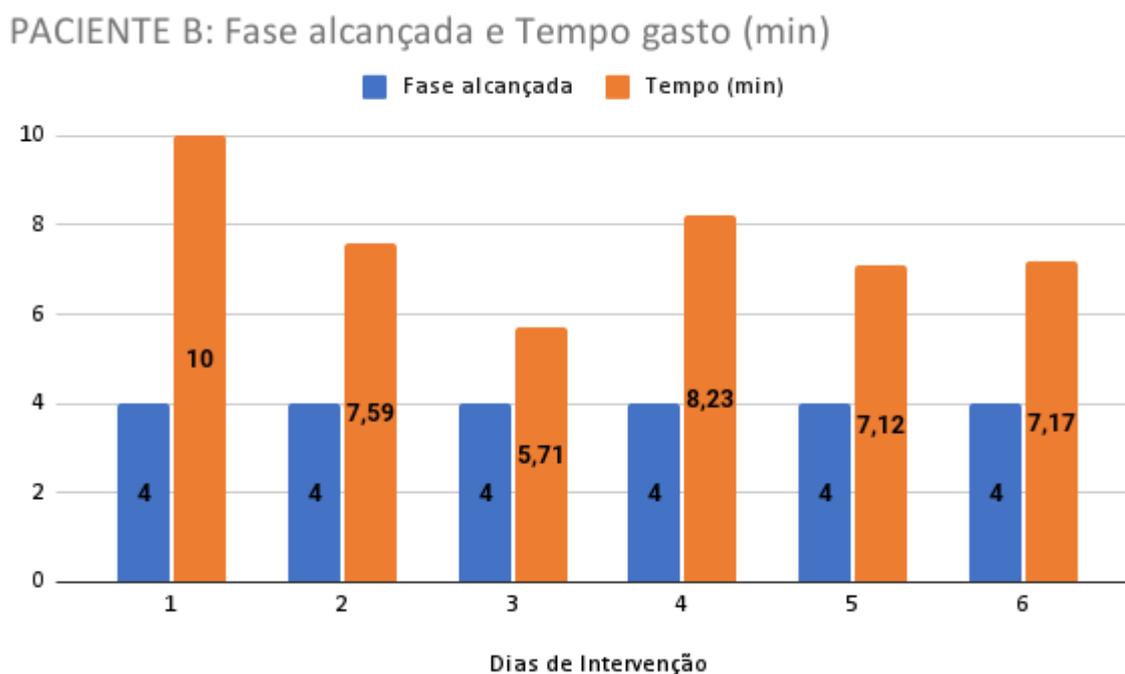
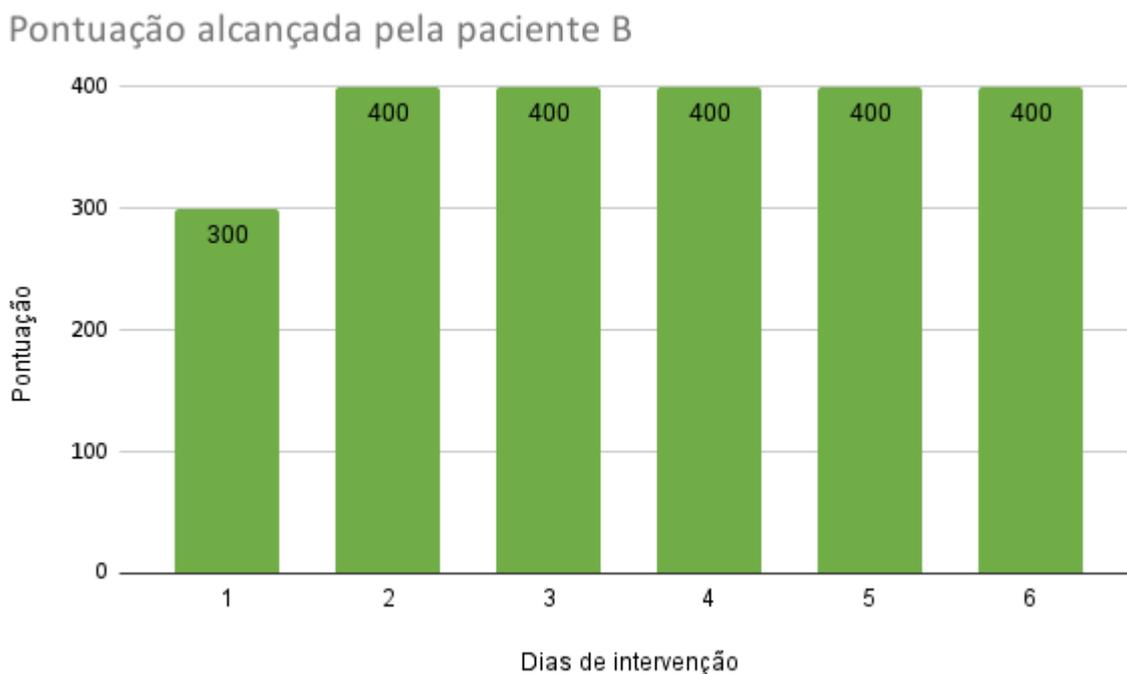


Figura 9 - Pontuação alcançada pela paciente B no game AVenCer.

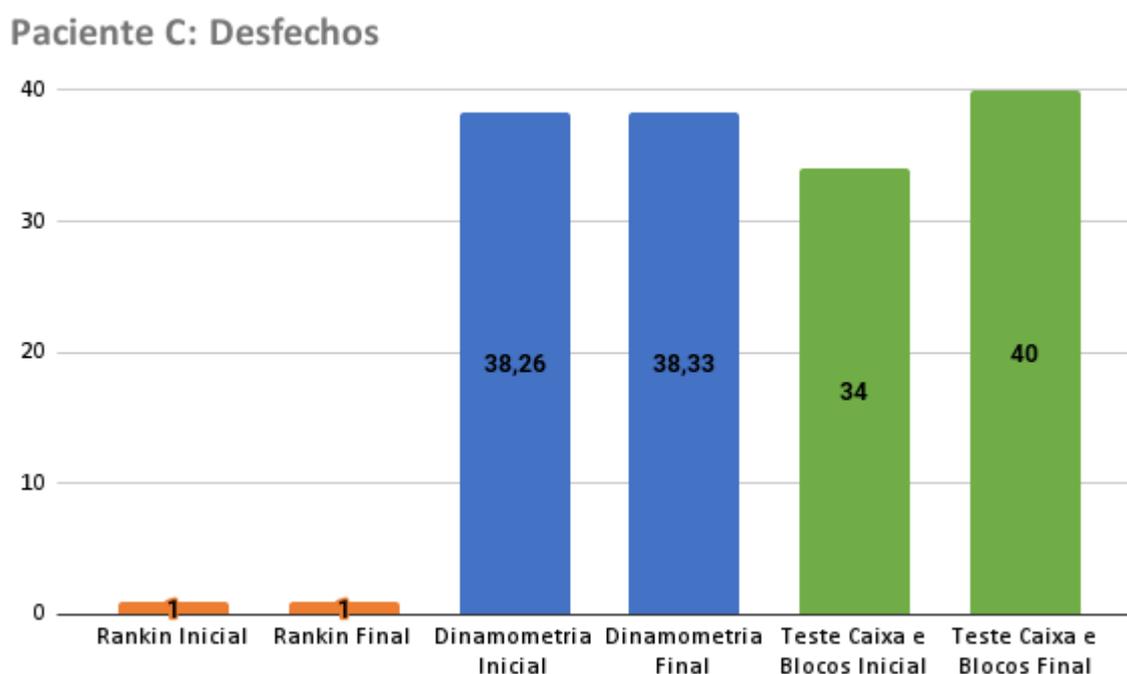


Em relação aos resultados obtidos através do *game* AVenCer (figuras 8 e 9) , é possível identificar que a paciente B no primeiro momento utilizou todo o tempo disponível no jogo (10 minutos) mas não conseguiu atingir a última fase, denominada fase número 4. Já nas demais intervenções, em menor tempo de execução do jogo, conseguiu atingir a pontuação máxima esperada no *game* completando todas as fases. Quando o paciente é capaz de alcançar a pontuação máxima de 400 pontos, indica que o mesmo foi capaz de realizar todos os objetivos das fases anteriores, ou seja, há quatro figuras geométricas com seus respectivos encaixes em cada fase que pontuam 25 pontos cada. Ao atingir 400 pontos, o paciente completa e finaliza o AVenCer. A paciente estudada, conseguiu ao decorrer das intervenções reduzir o seu tempo de execução e completar todos os desafios. Com isso, é possível identificar uma redução no tempo de execução do game de 28,3%, quando comparado a primeira e a última aplicação com a paciente B. Ainda, houve aumento de 33,33% na pontuação atingida no jogo entre o primeiro e último dia de intervenção. Nota-se que esta paciente realizou o protocolo de gameterapia por 6 dias, sendo finalizado em decorrência de sua alta hospitalar.

Paciente C

Paciente do sexo masculino, 63 anos, acometido por AVC isquêmico por oclusão de pequenos vasos. NIHSS com pontuação 3 na internação. Realizou o procedimento de trombólise por estar em janela terapêutica, chegando ao hospital horas após os primeiros sintomas do AVC. Possui histórico de HAS. Este paciente foi aleatorizado para o grupo experimental, recebendo durante o seu período de internação (2 dias) um atendimento de fisioterapia convencional pela equipe da UCE e um atendimento com a exposição a terapia de realidade virtual com o *game* AVenCer. Abaixo, podem ser visualizados os testes pré e pós intervenção, assim como, os resultados obtidos através do uso do AVenCer.

Figura 10 - Variáveis de desfecho do paciente C.



Quanto aos testes pré e pós intervenção do paciente C, após 2 dias de internação e participação no estudo, foi observado manutenção da classificação de Rankin, representando que não possuía nenhuma incapacidade significativa após o AVC. Quanto ao teste de Caixa e Blocos para análise da destreza manual, houve aumento de 17,6% após a intervenção, e, quanto a força muscular de preensão palmar avaliado através da dinamometria, o paciente apresentou força acima do esperado para

a faixa etária de 60-69 anos, conforme Jorge et al. (2019), passando de 38,26Kg/f para 38,33 Kg/f, sendo que o esperado era 17,1 kg/f.

Figura 11 - Resultados alcançados pelo paciente C com o uso do AVenCer.

PACIENTE C: Fase alcançada e Tempo gasto (min)

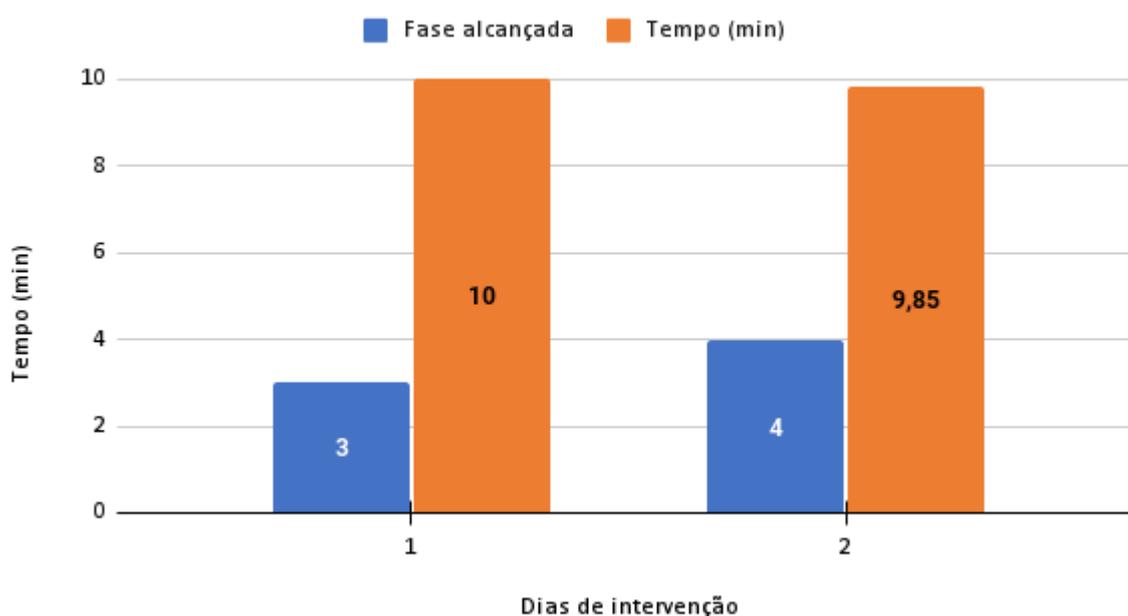
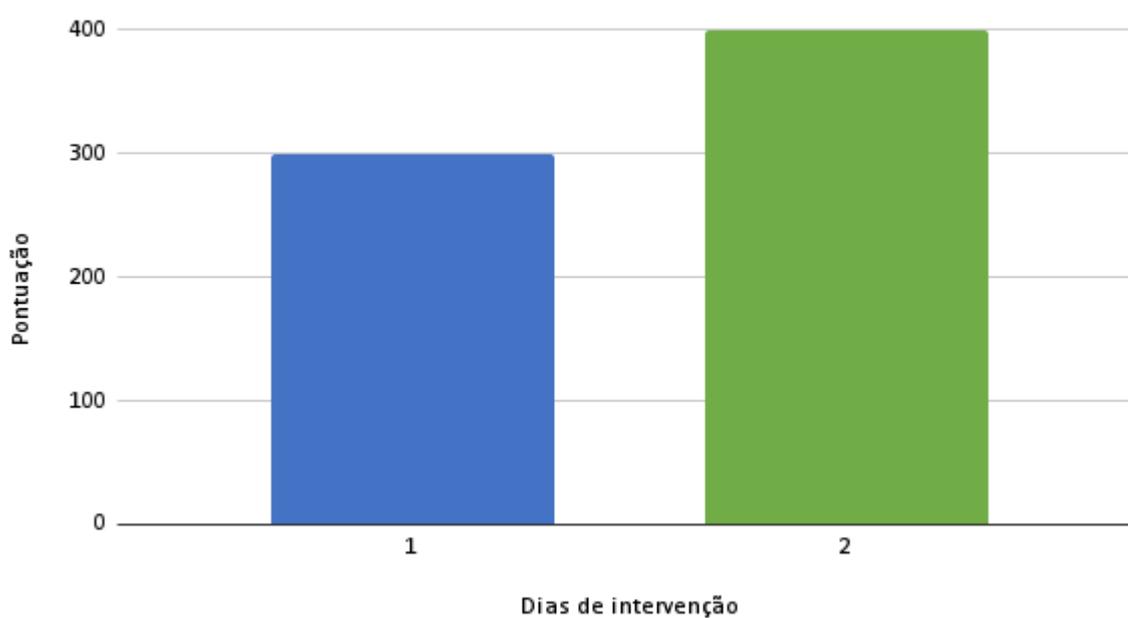


Figura 12 - Pontuações atingidas no AVenCer pelo paciente C.

Pontuações AVenCer paciente C



É possível identificar que o tempo de execução do *game* não apresentou grande redução, contudo, este paciente foi capaz de melhorar a sua pontuação em 33,33% (Figura 11 e 12) e de alcançar a fase 4 (última fase do jogo) em tempo similar ao que atingiu no primeiro dia de intervenção, onde necessitou de 10 minutos para finalizar apenas a fase 3. Nota-se que este paciente realizou o protocolo de gameterapia por apenas 2 dias, sendo atendido 2 vezes pela equipe de fisioterapeutas da UCE e 2 vezes exposto a terapia em realidade virtual com o AVenCer, finalizado em decorrência de sua alta hospitalar.

Após o protocolo de utilização do AVenCer, foi aplicado a escala System Usability Scale (SUS), que avalia a usabilidade do equipamento em estudo. Para que o jogo tenha sua usabilidade considerada aceitável, é necessário que a média dos escores dos participantes atinja o valor de 53. Para a paciente B, o escore obtido foi de 100, classificando o *game* como o "melhor imaginável", conforme o intervalo de pontuações da escala. Em seu comentário opcional, a paciente expressou: "*Gostei muito do AVenCer, queria até levar para a casa.*". Para o paciente C, o escore obtido foi de 60, classificando o *game* como "bom" para a sua usabilidade, conforme o intervalo de pontuações da escala. Contudo, o paciente concordou que o AVenCer parece ser complexo para utilizar e que seria necessário um suporte técnico para o uso. Por outro lado, o mesmo paciente concordou plenamente, que o *game* seria fácil de utilizar e que outras pessoas aprenderiam de forma rápida sobre o seu uso. Portanto, acredita-se na possibilidade deste paciente não ter compreendido a forma de resposta da escala SUS, ou ainda, o avaliador não ter sido claro no momento das perguntas. Em seu comentário opcional, o paciente expressou: "*Te dá uma emoção o jogo.*".

DISCUSSÃO

A proposta de desenvolvimento e os resultados obtidos com a criação do AVenCer, corroboram com os estudos de Malfatti, Coutinho e Santos (2011) e Bastos, Luna e Félix (2015), em que, para a produção de jogos para a reabilitação, torna-se necessário um planejamento específico e com maior cuidado comparado aos jogos para entretenimento, visto que este é voltado para o tratamento reabilitador. Além disso, deve-se considerar tanto as sequelas físicas como os fatores emocionais para a elaboração do game, não exigindo tarefas extremamente difíceis que não sejam possíveis de serem realizadas e que desestimulem o paciente. Ao contrário, os autores afirmam que o jogo para a reabilitação deve incentivar à continuação ao tratamento, podendo haver recompensas e frases de encorajamento durante as atividades exigidas.

O processo de desenvolvimento e produção do jogo AVenCer como *serious game*, passou por diversas etapas de construção até o *layout* final, desde a definição do público-alvo, ambiente de aplicação, sequelas a serem consideradas e movimentos que seriam interessantes exigir para possibilitar o treino com o indivíduo, de acordo com as diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular cerebral (BRASIL, 2013a).

A escolha de inserir níveis/fases dentro do AVenCer, foi justamente pensado como uma forma de progressão dos exercícios, exigindo o mesmo objetivo (encaixe de figuras) porém ao decorrer do jogo, diferentes posicionamentos e amplitudes de movimento foram solicitados para o desafio ao paciente. Ainda, ao final de cada etapa, foram inseridas mensagens positivas ao jogador, a fim de estimular a continuidade ao tratamento, assim como, em forma de recompensas, as pontuações e tempo alcançados em cada desafio são possíveis de serem visualizados pelo jogador.

Nesse sentido, LOHSE et al.(2013), afirmam que a aplicação de jogos sérios com design específico pode melhorar a participação do indivíduo na terapia, fazendo com que o paciente disponibilize maior tempo para a realização da tarefa devido ao estímulo motivacional proporcionado pelo jogo. Desta forma, o usuário possui maior probabilidade de iniciar o tratamento, aumentar o engajamento ao longo dos atendimentos, postergar a condição de desmotivação e retornar ao engajamento inicial. (LOHSE et al., 2013).

Por outro lado, Lohse et al. (2013), mostram que são os jogos comerciais os mais utilizados por profissionais durante o tratamento fisioterapêutico, devido a aquisição

rápida e fácil. Apesar de trazerem um resultado positivo para a terapia, não é possível um controle eficaz para a necessidade principal do paciente e sobre as dificuldades impostas no game, afinal, o mesmo é produzido para o entretenimento de pessoas sem nenhum tipo de acometimento.

A escolha pelo uso do *hardware Leap Motion Controller* para o desenvolvimento do AVenCer, deu-se pelo seu pequeno tamanho, fácil transporte e rápida higienização, levando-se em consideração que seria aplicado no ambiente hospitalar, mais precisamente no leito do paciente, e, o enfoque seria no membro superior dos indivíduos. Conforme a literatura citada acima, apesar dos resultados positivos com o uso de outros consoles, os mesmos necessitam de uma sala para o treinamento ou um espaço mais amplo, por se tratarem de aparelhos maiores e necessitarem de televisão como janela, o que acaba dificultando o seu uso no leito do paciente.

Desenvolvido em 2013 pela empresa americana *Leap Motion* (Leap Motion, Inc., San Francisco, CA, USA), o *hardware* utilizado possibilita uma interface através da RV sem contato físico direto com o aparelho, pois é capaz de captar e controlar os movimentos de dedos e mãos a partir de duas câmeras com sensores monocromáticos, os quais são sensíveis a luz ofertada pelos três LEDs do dispositivo, que cobrem um espectro de comprimento de onda de 850nm (nanômetros). (CARBALLO, BARRERO e VILLAZÓN, 2016).

Por apresentar essa conformidade, a utilização do LMC para a proposta de trabalho em membro superior, principalmente em relação a destreza manual, mostrou-se aplicável para os pacientes envolvidos neste estudo. Para a sua utilização, o dispositivo foi posicionado junto ao notebook sob a mesa de alimentação de cada paciente, permitindo que o membro superior de cada jogador permanecesse acima do LMC, a fim de captar de forma segura o movimento de mãos e dedos.

Em relação a confiabilidade do LMC, Tung et al. (2015) realizaram um estudo a fim de avaliar o sistema Leap para a localização dos dedos e os movimentos de alcance e toque pelo campo de sensor do *hardware*, sendo comparado com um sistema de captura de movimento óptico validado. A pesquisa envolveu nove adultos saudáveis, sem nenhuma disfunção musculoesquelética ou neurológica. Ao final do estudo, foi verificado que apesar de haver certa discordância quanto a precisão do movimento ao ser comparado ao sistema óptico mais sofisticado, o controlador *Leap Motion* é suficientemente confiável para verificar o desempenho motor em tarefas simples. Em relação ao tipo de tarefa exigida durante o AVenCer, buscou-se trabalhar o movimento

de alcance, apreensão e liberação de objetos com o membro parético, através da janela virtual ofertada pelo LMC, buscando lembrar o movimento exigido no teste de caixa e blocos.

O perfil dos participantes que fizeram parte deste estudo, apesar do tamanho da amostra, esteve de acordo com os achados de Ferreira et al. (2017) quanto ao tipo de AVC e sexo predominante dos indivíduos, sendo visto em nossa pesquisa a presença do AVC isquêmico em todos os casos e o sexo masculino como dominante. No estudo, os autores realizaram um biobanco do AVC em Joinville (SC), incluindo as cidades de Sobral (CE), Campo Grande (MS), Sertãozinho (SP) e Canoas (RS), onde dos 2.688 pacientes participantes, 64% da amostra apresentou AVC isquêmico, com idade média de $64,6 \pm 19,3$ anos e predomínio do sexo masculino (76%). Quanto a etiologia do acidente isquêmico (TOAST), 40% da amostra obteve origem indeterminada, 22% oclusão de pequenas artérias e 20% origem cardioembólica, notando-se similaridade com os achados na presente pesquisa, sendo dois pacientes com classificação de origem indeterminada (A e B) e, o paciente C, classificado com TOAST de oclusão de pequenas artérias.

Quanto aos resultados da classificação de Rankin, uma paciente do grupo experimental (B) apresentou evolução na classificação, finalizando sem sintomas pós AVC e os demais pacientes, controle (A) e experimental (C), mantiveram suas classificações como incapacidade moderada e nenhuma incapacidade significativa, respectivamente. No estudo de Gonçalves et al. (2018), os resultados referentes à classificação de Rankin após intervenções com realidade virtual e fisioterapia convencional associada, apresentou melhora na classificação nos 18 pacientes incluídos no estudo. Contudo, diferente de nosso estudo, os autores realizaram a pesquisa em ambulatório com pacientes entre 3 a 6 meses de lesão e com tempo maior de exposição a RV e fisioterapia convencional (60 minutos cada). A melhora apresentada na escala de Rankin no estudo de Gonçalves et al. (2018), pode ser compreendida pela fase de lesão em que os pacientes estavam, além da própria recuperação espontânea esperada nesse período.

Quanto aos resultados da dinamometria de apreensão palmar, a paciente B foi a que evidenciou maior ganho (7,2Kg/f). Importante salientar que o tempo de internação possa ter influenciado nesse resultado. Todavia, parece ser possível o ganho de força através da utilização de RV. O trabalho de Saposnik et al. (2010) revelou que, ao utilizar RV através do console Nintendo Wii com pacientes hemiparéticos em fase subaguda

pós-AVC, gerou um aumento da força de preensão palmar após 8 atendimentos de 60 minutos. Ainda, os resultados foram revisados após 4 semanas do término das intervenções, onde foi possível visualizar um aumento ainda maior na preensão palmar desses indivíduos. O estudo destes autores objetivou comparar os efeitos da realidade virtual do Nintendo Wii contra os efeitos de uma terapia recreacional.

Os pacientes B e C mostraram melhora no escore obtido no teste de caixa e blocos, mesmo havendo diferença no tempo de internação entre a paciente B (6 dias) e o paciente C (2 dias). Apesar do *game* ter um tempo máximo de execução de 10 minutos, durante este período o paciente realiza de forma repetitiva o movimento de alcance, preensão e liberação da figura geométrica durante todo o desenvolvimento do jogo, afinal, este é o objetivo do AVenCer - o encaixe de figuras geométricas. Desta forma, entende-se que o aprendizado motor sobre esta tarefa possa ter contribuído para a melhora nos resultados no TCB. Gonçalves et al. (2018) também encontraram resultados positivos, mostrando efeitos significativos sobre o membro superior acometido avaliando através do Teste de Caixa e Blocos antes e após o protocolo de intervenção. Era baseado no uso de 2 jogos esportivos e 1 jogo de culinária através do Nintendo Wii por 60 minutos, além do atendimento convencional de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (30 minutos cada terapia).

Afsar et al. (2018) também obtiveram resultados satisfatórios quanto ao uso do sistema de videogame Microsoft Xbox 360 Kinect na função motora do membro superior de pacientes com AVC subagudo. De forma randomizada controlada, os pacientes incluídos no grupo experimental realizaram 60 minutos de terapia convencional e 30 minutos de gameterapia, com um total de 20 intervenções. Ao final, os resultados do TCB para desfecho de destreza manual, foram significativamente maiores no grupo experimental em comparação ao grupo controle, que realizou apenas a fisioterapia convencional.

Em nosso estudo, o tempo máximo de aplicação de gameterapia foi de 10 minutos devido a este ser o tempo limite do jogo. Apesar de ser menor que o tempo de terapia proposto pelo autor acima, os dois pacientes aleatorizados para o grupo experimental, também apresentaram melhores resultados ao final da intervenção no TCB, além de reduzir o tempo de realização da terapia, passando para 7,17 minutos (paciente B) e 9,85 minutos (paciente C). Porém, deve ser considerado que o game AVenCer apresenta especificidade na tarefa exigida, devendo utilizar o membro superior mas, sobretudo, a função da mão. Já nos jogos selecionados no estudo de Afsar et al.

(2018), os pacientes foram submetidos a intervenção com jogos comerciais através do console Xbox 360, onde os movimentos mais solicitados foram voltados para a abdução e adução de ombro e flexo-extensão de cotovelo.

A revisão de Pessini et al. (2018) mostrou que o treinamento com jogos eletrônicos pode aumentar a ativação cerebral em algumas áreas específicas, como o córtex pré-frontal, amígdala, córtex cingulado anterior, córtex parietal e temporal. Estas áreas responsabilizam-se pela atenção, tomada de decisões, emoções, memória, comportamento e movimento, proporcionando aprendizado através das experiências repetitivas adquiridas através do *game*. Esta talvez possa ser uma das explicações da melhora encontrada nos pacientes que utilizaram o AVenCer, mesmo com poucos dias de uso.

O estudo multicêntrico VIRTUES, conduzido por Brunner et al. (2017), mostrou que o uso da RV não foi superior ao tratamento fisioterapêutico convencional quando realizada com pacientes pós AVC subagudo, paréticos de membro superior. Por outro lado, a *gameterapia* foi igualmente eficaz com os pacientes da pesquisa, apontando a RV como ferramenta motivadora complementar à reabilitação. Em nossos achados, no entanto, o paciente que recebeu atendimentos convencionais de fisioterapia, não obteve resultados superiores àqueles do grupo de gameterapia, visto que manteve-se com força muscular reduzida e apresentou diminuição no teste de caixa e blocos ao final das intervenções, em comparação ao grupo experimental que apresentou ganhos principalmente no TCB.

Lohse et al. (2013) referem que a experiência no jogo, pode ser compreendida pelo fator recompensa apresentado pelo ganho de pontos por cada desafio completo, o que pode provocar maior motivação para a execução desta terapia e, assim, obter aprendizado sobre a tarefa em uso. Os ganhos obtidos pelos pacientes B e C quanto ao tempo de execução e pontuação alcançada no AVenCer, podem ter relação com este fato quando pensamos no funcionamento do jogo, onde encontramos desafios que precisam ser cumpridos para o avanço de nível e conquista de maiores pontos, exigindo a repetição contínua de movimentos para o alcance dos objetivos.

A possibilidade de trabalhar com a imagem refletida do próprio corpo em uma janela virtual, em nosso trabalho, a projeção da mão e dedos pelo LMC, pode desencadear emoções que são reguladas por esse sistema, onde a busca por recompensas, além do envolvimento pelo prazer, facilita o aprendizado de novas experiências e comportamentos (LOHSE et al., 2013; MACHADO e HAERTEL, 2006).

Uma forma de entendimento sobre os resultados a partir do feedback visual gerado através da utilização de jogos de RV, é o sistema de neurônios espelhos ativados durante a observação e execução de movimentos (MUKAMEL et al, 2010).

A aplicação do *game* utilizando a realidade virtual, teve como proposta a programação de atividades e desafios que favorecessem o treinamento do membro acometido ainda na fase inicial de reabilitação pós AVC de pacientes hospitalizados, visto que nesta fase há maior possibilidade de estímulo à plasticidade neural, proporcionando maiores ganhos funcionais para o paciente. Contudo, é importante salientar que avanços na função motora de pacientes pós AVC ocorrem devido à reorganização cerebral como consequência da recuperação espontânea, da aprendizagem e treinamento, onde se fortalece através de tarefas que exijam repetição intensiva (BARCALA et al, 2013).

Quanto a aplicabilidade do sistema, a escolha pelo *hardware* LMC para a utilização do AVenCer mostrou-se favorável para a aplicação no leito de pacientes internados em fase aguda e sub-aguda pós AVC. O seu tamanho pequeno é um facilitador para o uso em ambiente hospitalar e possibilita a utilização no próprio leito, não sendo necessário o deslocamento do indivíduo para o seu uso. Além disso, com os pacientes dessa pesquisa, o *hardware* foi capaz de captar o movimento de mãos e dedos de forma precisa devido aos seus sensores à luminosidade presentes no aparelho.

Por outro lado, a verificação da força muscular dos pacientes candidatos ao uso do AVenCer deve ser considerada como pré-requisito para o uso do *game*, pois aqueles que não são capazes de elevar o membro superior contra a gravidade e ter mínimo movimento de pinça, não serão capazes de utilizar o jogo na forma descrita, visto que o dispositivo apenas capta os movimentos em sua posição horizontal, necessitando que os movimentos sejam realizados acima do aparelho. Este fato pode ser um limitador para alguns pacientes que estão na fase aguda e subaguda que apresentem plegia do membro.

Diferente de estudos já apresentados (AFSAR et al., 2018; BRUNNER et al., 2017; GONÇALVES et al. 2018) o tempo de gameterapia nesta pesquisa foi de 10 minutos conforme programado no AVenCer. Este tempo foi pré-definido durante o seu desenvolvimento pois levou-se em consideração o público-alvo (pacientes pós AVC em fase inicial de reabilitação) e os movimentos exigidos contra a gravidade, justamente para evitar que o paciente entrasse em estado de fadiga muscular por utilizar apenas o

membro acometido para a realização dos desafios impostos pelo jogo. Por outro lado, apesar da aplicação de 10 minutos com a RV, foi observado melhora no tempo de execução do jogo e aumento na pontuação dos desafios pelos pacientes participantes.

Por outro lado, nesta pesquisa não foi utilizado nenhum instrumento que avaliasse o nível de fadiga dos participantes. Em estudos futuros, este fator pode ser levado em consideração para testes com um maior tempo de aplicação para estes pacientes. Outro fato interessante a ser conhecido, é a quantidade de repetições de movimentos realizados por cada participante durante a execução do *game*. Neste estudo, este parâmetro não foi avaliado, mas, compreende-se ser importante para a verificação da dose do exercício proposto pelo jogo.

Por fim, apesar do número pequeno desta amostra, acredita-se que o uso deste *game*, por ter sua abordagem específica e, com os resultados apresentados, possa ser considerado para uso na reabilitação funcional, em especial no treino da destreza manual, dos indivíduos que se encontram em fase aguda e subaguda pós acidente vascular cerebral.

CONCLUSÕES

O jogo desenvolvido a partir do *hardware LeapMotion Controller*, parece ser um instrumento promissor para a utilização de profissionais reabilitadores em ambientes hospitalares. A escolha pelo LMC por ser um equipamento pequeno, parece facilitar o uso da realidade virtual para pacientes hospitalizados, tendo em vista que, em comparação a outros consoles maiores, são necessárias salas mais amplas e com disponibilidade de televisores para a aplicação, além de necessitar que o paciente se desloque para outro ambiente para a realização da atividade.

Apesar da pequena amostra representada neste trabalho, a utilização do *game* parece ser interessante para a melhora da destreza manual e força de preensão palmar de pacientes pós AVC em fase inicial de reabilitação. A proposta do AVenCer foi aceita pelos pacientes participantes do estudo, classificando-o como aceitável na escala de usabilidade. Contudo, é importante ressaltar que estes são resultados preliminares. Será dado continuidade a este trabalho para que seja possível atingir um número adequado de participantes para uma análise mais detalhada.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Os autores darão seguimento a este trabalho a fim de alcançar o tamanho amostral necessário para uma análise com maior acurácia sobre a efetividade do uso desta tecnologia no ambiente hospitalar com pacientes pós AVC. Este jogo sério foi elaborado a partir do entendimento sobre a necessidade de treinamento do membro superior acometido em pacientes com AVC em fase aguda e subaguda em ambiente hospitalar.

Contudo, levando-se em consideração os movimentos exigidos durante o *game*, o nível de complexidade e atenção que o jogador necessita, abrem-se possibilidades para o uso e novas pesquisas em outras áreas da reabilitação funcional, como por exemplo, na área de traumato-ortopedia voltado para o complexo do ombro, cotovelo e mão; na área da dermato-funcional, pós mastectomia, por exemplo; ou ainda, na neuropediatria, em casos de paralisia cerebral com acometimento no membro superior.

REFERÊNCIAS

ABBAS Rami L. , Didier Cooreman, Hala Al Sultan, Mayssah El Nayal, Ibtissam M. Saab, and Ayman El Khatib. The Effect of Adding Virtual Reality Training on Traditional Exercise Program on Balance and Gait in Unilateral, Traumatic Lower Limb Amputee. **Games for Health Journal**.Feb 2021.50-56.<http://doi.org/10.1089/g4h.2020.0028>

ADAMS, Harold P. *et al.* Classification os subtype of acute ischemic stroke: definitions for use in a multicenter clinical trial. **Stroke**, [s.l.], v. 24, n. 1, p. 35-41, jan. 1993. Disponível em: <https://www.ahajournals.org/doi/pdf/10.1161/01.STR.24.1.35>.

AFSAR, I. A. *et al.* Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, Turquia, v. 27, n. 12, p. 3473 – 3478, dez. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30193810/>

AUGUST, K., LEWIS, J.A., CHANDAR, G., MERIANS, A., BISWAL, B., ADAMOVICH, S.FMRI analysis of neural mechanisms underlying rehabilitation in virtual reality: activating secondary motor areas. **Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc**. v.1, n. 1, p.3692-3695, 2006.

BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining what individual sus scores mean: Adding an adjective rating scale. **Journal of Usability Studies**, v. 4, n. 3, p. 114–123, 2009. Disponível em: <https://uxpajournal.org/determining-what-individual-sus-scores-mean-adding-an-adjective-rating-scale/>.

BARCALA, L; Grecco, LAC; Colella, F; Lucareli, PRG; Salgado, ASI; Oliveira, CS. Visual biofeedback balance training using Wii Fit afer stroke: a randomized controlled trial. **Journal of Physical Therapy Science** 2013;25(8):1027-32.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular cerebral. Brasília : Ministério da Saúde, 2013a. Disponível em: https://www.sbfa.org.br/portal2017/themes/2017/departamentos/artigos/resolucoes_170.pdf.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada. Manual de rotinas para atenção ao AVC. Brasília: Ministério da Saúde, 2013b. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_rotinas_para_atencao_avc.pdf.

BRUNNER, Iris *et al.* Virtual Reality Training for Upper Extremity in Subacute Stroke (VIRTUES). **Neurology**, [s.l.], v. 89, n. 24, p. 2413-2421, nov. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29142090/>.

BRUNO, Askiel *et al.* Improving Modified Rankin Scale Assessment With a Simplified QuestionnaireStroke. **Stroke**, [s.l.], v. 41, n. 5, p. 1048-1050, mai. 2010. Disponível em: DOI: 10.1161/STROKEAHA.109.571562.

BURKE JW, McNeill M, Charles DK, Morrow PJ, Crosbie JH, McDonough SM. Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. **The Visual Computer**. 2009;25(12):1085–1099. doi:10.1007/s00371-009-0387-4.

BASTOS, Michael; LUNA, Fabrício; SÁ, Ana; FÉLIX, Zildomar. Turtle Therapy: Proposta de um Jogo Sério Para o Auxílio no Tratamento Pós-AVC. In: SB GAMES, 14., 2015, Terezina. Proceedings of SBGames 2015. p. 256-259.

CARBALLO, Miguel; BARRERO, Marcell; VILLAZÓN, Alex. Fiman: Sistema computarizado para análisis de movimientos digitales. **Investigación & Desarrollo**. Bolívia, v 1, n 16, p. 86-101, 2016.

CARNEIRO, Maíra Izzadora Souza *et al.* Applicability of a motor rehabilitation system in stroke victims. **Fisioter. mov.**, Curitiba, v. 29, n. 4, p. 723-730, dez. 2016.

COLLIN, C.; WADE. D. Assessing motor impairment after stroke: a pilot study. **J. Neurol Neurosurg Psychiatry**, [s.l.], v. 53, n. 7, p. 576-579, jul. 1990. Disponível em : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC488133/>.

DA SILVA RIBEIRO, NM, FerrazDD, PedreiraE, PinheiroI, daSilva PintoAC, NetoMG, et al. Virtual rehabilitation via Nintendo Wii and conventional physical therapy eBectively treat poststroke hemiparetic patients. **Topics in Stroke Rehabilitation** 2015;22(4):299-305.

ENG, K., SIEKIERKA, E., PYK, P., CHEVRIER. E., HAUSER, Y., CAMEIRÃO, M., et al. Interactive visuo-motor therapy system for stroke rehabilitation. **Med Bio Eng Comput**. v. 45, n. 9, p. 901-907, 2007.

FERREIRA, Leslie Ecker et al. Joinville stroke biobank: study protocol and first year's results. **Arq. Neuro-Psiquiatr.**, São Paulo, v. 75, n. 12, p. 881-889, 2017. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-282X2017001200881&lng=en&nrm=iso>.

FIGUEIREDO, Iêda Maria *et al.* Test of grip strength using the Jamar dynamometer. **Acta Fisiátrica**, [s.l.], v. 14, n. 2, p.104-110, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0104-7795.20070002>.

GALVÃO, MLC; Gouvea, PM; Ocamato, GN; Silva, AT; dos Reis, LM; Kosour, C et al. Virtual reality eBect on upper limb motor function paretic in post stroke. **Revista Neurociencias**. 2015;23(4):493-8.

GBD 2016 Neurology Collaborators. Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **Lancet Neurol**. 2016; 18: 439–458.

GONÇALVES, Maicon Gabriel et al. Effects of virtual reality therapy on upper limb function after stroke and the role of neuroimaging as a predictor of a better response. **Arq Neuropsiquiatr**. 2018;76(10):654-662.

HAYWARD, Kathryn S. et al. Advancing Stroke Recovery Through Improved Articulation of Nonpharmacological Intervention Dose. **Stroke**. 2021; Vol. 52, No. 2. DOI: 10.1161/STROKEAHA.120.032496.

JORGE, Matheus Santos Gomes et al. Valores da força de preensão palmar em uma população de diferentes faixas etárias. **Lecturas: Educación Física y Deportes**, [s.l.], v. 23, n. 249, p.1-18, fev. 2019.

KHAN, Azka; Anna Podlasek & Fahad Soma (2021): Virtual reality in poststroke neurorehabilitation – a systematic review and meta-analysis, **Topics in Stroke Rehabilitation**, DOI: 10.1080/10749357.2021.1990468

KLEIM, JA, Jones TA. Principles of Experience-dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation after Brain Damage. 2008 Feb;51(1):S225-39. doi: 10.1044/1092-4388(2008/018). PMID: 18230848.

KWON J-S, Park M-J, Yoon I-J, Park S-H. Effects of virtual reality on upper extremity function and activities of daily living performance in acute stroke: a double-blind randomized clinical trial. **NeuroRehabilitation**. 2012;31 (4):379–385. doi:10.3233/NRE-2012-00807.

LANG CE, Lohse KR, Birkenmeier RL. Dose and timing in neurorehabilitation: prescribing motor therapy after stroke. **Curr Opin Neurol**. 2015;28:549–555. doi: 10.1097/WCO.0000000000000256

LANGE, B. KOENIG, S. CHANG, C.Y. MCCONNELL, E. SUMA E. BOLAS, M. et al. “Designing informed game-based rehabilitation tasks leveraging advances in virtual reality,”. **Disability and Rehabilitation**. v. 34, n. 22, p. 1863–1870, 2012.

LAVIER, Kate *et al.* Virtual reality for stroke rehabilitation. **Cochrane Database of Systematic Reviews 2015**, n. 2, p. 1-110, fev. 2015. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25927099>.

LAVIER, KE; Lange, B; George S; Deutsch JE; Saposnik G; Crotty, M. Virtual reality for stroke rehabilitation. **Cochrane Database of Systematic Reviews 2017**, Issue 11. Art. No.: CD008349. DOI: 10.1002/14651858.CD008349.pub4.

LEAP MOTION. *Comfortable use of your Leap Motion Controller*. 2020. Available at: <https://support.leapmotion.com/hc/en-us/articles/360004324298-Setup-and-comfortable-use-of-your-Leap-Motion-Controller>.

LIMA, Kauê Carvalho de Almeida; FRANCISCO, Matheus Menezes; FREITAS, Paulo Barbosa de. Relação entre os desempenhos em diferentes testes frequentemente utilizados na avaliação da função manual. **Fisioter. mov.**, Curitiba, v. 25, n. 3, p. 517-524, set. 2012. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-51502012000300007&lng=en&nrm=iso.

LIN, K. C. **Rehabil Res Dev**, [s.l.], v. 47, n. 6, p. 563- 571, 2010. Disponível em: doi:10.1682/jrrd.2009.09.0155.

LIN, R. C. Effectiveness of Early Rehabilitation Combined With Virtual Reality Training on Muscle Strength, Mood State, and Functional Status in Patients With Acute Stroke: A Randomized Controlled Trial. **Sigma Theta Tau International** 2020, 17(2), 158–167. doi:10.1111/wvn.12429

LINDSAY P, Norving Bo, Sacco RL, Brainin M, Hacke W, Martins S, Pandian J, Feigin V. World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2019. **International Journal of Stroke**. 2019, Vol. 14(8) 806–817.

LOHSE, Keith et al. Video Games and Rehabilitation. **Journal Of Neurologic Physical Therapy**, [s.l.], v. 37, n. 4, p.166-175, dez. 2013. Available at: <http://dx.doi.org/10.1097/npt.0000000000000017>.

MACHADO, Angelo; HAERTEL, Lúcia Machado. **Neuroanatomia funcional**. 3.ed. São Paulo: Atheneu, 2006.

MALFATTI, Silvano; COUTINHO, Edson; SANTOS, Selan Rodrigues. Utilizando a realidade virtual e wiimote para a criação de jogos voltados à reabilitação. **Proceedings of SBGames 2011**, [s.l.], 2011. Available at: https://www.researchgate.net/publication/267940195_Utilizando_Realidade_Virtual_e_Wiimote_para_a_Criacao_de_Jogos_Voltados_a_Reabilitacao.

MATHIOWETZ, V. *et al.* Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity. **Am J Occup Ther**, Estados Unidos, v. 39, n. 6, p. 386-391, 1985. Disponível em: doi:10.5014/ajot.39.6.386.

MILAJERDI Homa Rafiei , Mahmoud Sheikh, Mahboubeh Ghayour Najafabadi, Behnaz Saghaei, Naser Naghdi, and Deborah Dewey. The Effects of Physical Activity and Exergaming on Motor Skills and Executive Functions in Children with Autism Spectrum Disorder. **Games for Health Journal**.Feb 2021.33-42.<http://doi.org/10.1089/g4h.2019.0180>.

MUKAMEL, Roy et al. Single-Neuron Responses in Humans during Execution and Observation of Actions. **Current Biology**., Estados Unidos, v. 20, n. 8, p. 750–756, 2010.

NASCIMENTO, Marcos Moço *et al.* Força de pinça trípole e destreza manual em pacientes portadores de esclerose múltipla forma remitente-recorrente. **Fisioterapia Brasil**, [s. l.], v. 14, n. 4, p.283-288, ago. 2013. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-786979>.

NUNES, Fátima *et al.* Desenvolvendo aplicações de RVA para saúde: imersão, realismo e motivação. In: Ribeiro MWS, Zorzal ER. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. Uberlândia (Brasil): **SBC**. p. 82-95. Português. Disponível em: http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf.

PESSINI, Rodrigo Antonio et al. Análise da plasticidade neuronal com o uso de jogos eletrônicos. **J Health Inform**. São Paulo, v. 10, n. 1, p 25-29, 2018. Disponível em: <<http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/issue/view/80>>.

POLLOCK, Alex *et al.* Interventions for improving upper limb function after stroke. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 11, p. 1465-1858, nov. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25387001>.

POMPEU, José Eduardo *et al.* The effects of virtual reality on stroke rehabilitation: A systematic review. **Motricidade**, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 111-122, dez. 2014. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/motricidade/article/view/3341/4868>.

REIS, Maurício Moreira; ARANTES, Paula Maria Machado. Medida da força de preensão manual – validade e confiabilidade do dinamômetro saehan. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 176-181. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-29502011000200013&lng=en&nrm=iso.

ROCHA, Gabriela et al. Efeitos da utilização da realidade virtual não imersiva na reabilitação de membro superior de pacientes acometidos por AVC em um hospital público de Porto Alegre. **Clinical & Biomedical Research**, [S.l.], v. 41, n. 1, june 2021. ISSN 2357-9730. Available at: <<https://seer.ufrgs.br/hcpa/article/view/104737>>.

SAPOSNIK G, CohenLG, MamdaniM, PooyaniaS, PloughmanM, CheungD, et al. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single blind, controlled trial. **Lancet Neurology** 2016;15(10):1019-27.

SAPOSNIK G, TeasellR, MamdaniM, HallJ, McIlroyW, CheungD, Stroke Outcome Research Canada (SORCan) Working Group. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. **Stroke**. 2010;41:1477-84.

SAVER JL. Time Is Brain—Quantified. **Stroke**. 2006; 37(1): 263–266.

SMALL, S.L., BUCCINO, G., SOLODKIN, A. The mirror neuron system and treatment of stroke. **Dev Psychobiol**. v. 54, n. 3, p. 293-310, 2012.

SIN H, Lee G. Additional virtual reality training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia. **Am J Phys Med Rehabil**. 2013;92:871-880.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DOENÇAS CEREBROVASCULARES. *Acidente vascular cerebral*. Disponível em: http://www.sbdcv.org.br/publica_avc.asp. Acesso em: 26 set. 2021.

THIELBAR, Kelly *et al.* Utilizing multi-user virtual reality to bring clinical therapy into stroke survivor’s homes. **J Hand Ther**, [s.l.], v. 33, n. 2, p. 246-253, abr. 2020. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0894113020300338>.

TUNG, James et al. Evaluation of a portable markerless finger position capture device: accuracy of the Leap Motion controller in healthy adults. **Physiological Measurement.**, Canadá, v. 36, n. 5, p. 1025–1035, 2015. Available at: <doi:10.1088/0967-3334/36/5/1025>.

USABILITEST. System Usability Scale (SUS) Plus. 2011–2020. Disponível em: <https://www.usabilitest.com/system-usability-scale>. Acesso em: 17 nov. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Stroke, cerebrovascular accident*. Disponível em: http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/en/. Acesso em: 05 jun. 2020.

WORLD STROKE ORGANIZATION. *Stroke prevention*. Disponível em: <<https://www.world-stroke.org/world-stroke-day-campaign/why-stroke-matters/stroke-prevention>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

YOUNG-BIN, Oh *et al.* Efficacy of Virtual Reality Combined With Real Instrument Training for Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, [s.l.], v. 100, n. 8, p. 1400–1408, ago. 2019. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31002812/>.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa cujo objetivo é utilizar um jogo no computador para realizar exercícios no braço mais fraco de pessoas que tiveram AVC e utilizar um aplicativo de celular para coletar dados de rotina, para depois verificar se os exercícios com o jogo podem melhorar a sua movimentação. Esta pesquisa está sendo realizada pelos mestrandos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Gabriela Cornely Rocha e Gerson Pires Dorneles, orientados pelo prof^o Alexandre Simões Dias e co-orientados pelo prof^o Luciano Palmeiro Rodrigues.

Se você aceitar participar da pesquisa, você irá realizar alguns testes e perguntas para sabermos como está a sua capacidade de movimentar a sua mão mais fraca, a sua força no braço, o seu equilíbrio ao ficar sentado e a sua capacidade de realizar as tarefas do dia a dia. Serão coletadas algumas informações do seu prontuário, como dados de identificação e causa do AVC. Após a coleta dessas informações, será realizado um sorteio, onde o senhor(a) receberá os atendimentos protocolados pela Unidade do HCPA (2 atendimentos fisioterapêuticos ao dia) ou sorteado para receber além de 1 atendimento ao dia pela equipe, 1 atendimento utilizando o jogo desenvolvido especificamente para pacientes pós AVC, para estímulo aos movimentos do braço e mão mais fracos.

Para o jogo, será usado um computador e um pequeno equipamento chamado de *Leap Motion* para que você realize os exercícios. Você será orientado em como realizar os movimentos de levantar o braço para cima e fechar e abrir a mão. O tempo máximo de jogo será de 10 minutos. Ao final da pesquisa, você irá responder um questionário para verificar se você achou útil a utilização do jogo para sua recuperação física.

Com a sua participação nesta pesquisa, o senhor(a) contribuirá para o aumento do conhecimento sobre o assunto estudado, e poderá beneficiar futuros pacientes. A partir de então, todos os dias, durante a sua internação você realizará esta atividade, além do tratamento de fisioterapia indicado para o seu caso.

Para evitar qualquer constrangimento, a sua avaliação e a aplicação do estudo será realizada de forma individual no seu próprio leito e com as cortinas fechadas, se assim você preferir. Reconhece-se que toda e qualquer pesquisa com intervenção envolve riscos, contudo, para a sua proteção durante a avaliação do seu equilíbrio ao sentar, o senhor(a) será supervisionado pelo fisioterapeuta avaliador para evitar riscos de queda, caso haja algum desequilíbrio durante o teste. Ainda, há a possibilidade de o senhor (a) sentir algum

desconforto ou mal-estar durante a utilização da realidade virtual com o jogo, porém, todos os cuidados serão tomados caso isso ocorra.

Há um risco mínimo sobre o armazenamento dos dados dos pacientes de forma adequada e de haver dificuldade na utilização do aplicativo Luth, mas para minimizar isto será realizado um treinamento prévio para os participantes da pesquisa. O aplicativo Luth está de acordo com a LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados) nº 13.709, de 14 de agosto de 2018.

Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso você decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento, não haverá nenhum prejuízo ao atendimento que você recebe ou possa vir a receber na instituição. Não está previsto nenhum tipo de pagamento pela sua participação na pesquisa e você não terá nenhum custo com respeito aos procedimentos envolvidos.

Caso ocorra alguma intercorrência ou dano, resultante de sua participação na pesquisa, você receberá todo o atendimento necessário, sem nenhum custo pessoal. Os dados coletados durante a pesquisa serão sempre tratados confidencialmente. Os resultados serão apresentados de forma conjunta, sem a identificação dos participantes, ou seja, o seu nome não aparecerá na publicação dos resultados.

Caso você tenha dúvidas, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), pelo telefone (51) 33597640, ou no 2º andar do HCPA, sala 2227, de segunda à sexta, das 8h às 17h. Ainda, se houver interesse sobre os resultados desta pesquisa, sinta-se à vontade para entrar em contato com o pesquisador responsável deste estudo, prof. Dr. Alexandre Simões Dias, através do telefone (51) 99916.5657 ou pelo email: asdias@hcpa.edu.br. De qualquer forma, enviaremos os resultados deste trabalho ao seu email cadastrado.

Este Termo é assinado em duas vias, sendo uma para o participante e outra para os pesquisadores.

Pesquisador

Assinatura

Participante

Assinatura

Porto Alegre, _____ 2021.

APÊNDICE B - FICHA DE AVALIAÇÃO

TRIAGEM E PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO			
Avaliador:		Data:	
Paciente:		Prontuário:	
Idade:	Sexo: (0) M (1) F	Cor/Raça: (0) Branca (1) Preta (2) Parda (3) Amarela (4) Indígena	
Estado Civil: (0) Solteiro (1) Casado/União Estável (2) Separado/divorciado (3) Viúvo		Escolaridade: (0) Fundamental C. (1) Fundamental I. (2) Médio C. (3) Médio I. (4) Superior C. (5) Superior I.	
AVC: (0) I (1) H	Trombólise: (0) S (1) N	Lado acometido: (0) D (1) E	Dominância: (0) D (1) E
Data AVC: / /	Internação: / /	TOAST (AVCi): (0) 1 Aterosclerose grandes artérias (1) 2 Cardioembolismo (2) 3 Oclusão pequenas artérias (3) 4 Infartos outras etiologias (4) 5 Infartos origem indeterminada	
Pontos NIHS internação: Data: / /	Pontos NIHS atual: Data: / /		
(1a) nível de consciência:			
(1b) coerência em resposta a questões:			
(1c) comando:			
(3) campos visuais:			
(7) ataxia de membros:			
HPP: (0) HAS (1) Diabetes (2) Tabagista (3) Álcool (4) Drogas (5) AVC prévio (6) Câncer (7) Obesidade (8) Outros/obs: _____			
ORIENTAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL		COORDENAÇÃO	
1. Que dia estamos? () C () I		1. Teste index-index: () Normal () Alterado	
2. Em que ano estamos? () C () I		2. Teste index-nariz: () Normal () Alterado	
3. Qual o nome do lugar onde estamos? () C () I			
4. Em qual cidade estamos? () C () I			
ÍNDICE DE MOTRICIDADE			
() Flex cotovelo () Abd ombro		() Preensão pinça	
0	Sem movimento.	0	Sem movimento.
9	Contracção muscular palpável, mas sem movimento.	11	Início de preensão (qualquer movimento de indicador ou polegar).
14	Movimento visível, mas sem amplitude completa e sem a gravidade.	19	Capaz de apertar um cubo.
19	Movimento contra a gravidade, mas não contra a resistência.	22	Capaz de apertar e segurar o cubo, mas não contra um puxão fraco.
25	Movimento completo contra resistência, mas mais fraco que do outro lado.	26	Capaz de apertar e segurar o cubo contra um puxão fraco, mas mais fraco que do outro lado.
33	Força normal.	33	Preensão normal.
TESTE DE CONTROLE DE TRONCO			
TESTES (na cama)		Pontuação	
	Rolar para o lado acometido	0 – Não consegue realizar 12 – Realiza movimento, mas com dificuldade 25 – Realiza movimento sem dificuldade	
	Rolar para o lado não acometido		
	Balançar na posição sentada		
	Passar de deitado para sentado		
() INCLUÍDO		() EXCLUÍDO	
ESCALA DE RANKIN MODIFICADA			
Rankin inicial:		Rankin final:	
0 – Sem sintomas. 1 – Nenhuma incapacidade significativa , a despeito dos sintomas; capaz de conduzir todas as atividades habituais. 2 – Leve incapacidade ; incapaz de realizar todas as atividades prévias, porém, é independente para cuidados pessoais. 3 – Incapacidade moderada ; requer alguma ajuda, mas é capaz de caminhar sem assistência (pode usar bengala ou andador). 4 – Incapacidade moderadamente severa ; incapaz de caminhar sem assistência e de atender às próprias necessidades fisiológicas sem assistência. 5 – Deficiência Grave ; confinado à cama, incontinente, requerendo cuidados e atenção constante da enfermagem. 6 – Óbito.			

DINAMOMETRIA DE PRENSÃO PALMAR						
<i>Realizar a dinamometria com o braço junto ao corpo, com 0º flx ombro e 90º flx cotovelo; deve ser dado 1 minuto de descanso entre cada tentativa. Realizar média das três últimas medições.</i>						
1ª (conhecimento)	2ª medição	3ª medição	4ª medição	MÉDIA INICIAL:		
1ª (conhecimento)	2ª medição	3ª medição	4ª medição	MÉDIA FINAL:		
TESTE DE CAIXA E BLOCOS						
INICIAL		FINAL				
Tempo		Tempo				
Nº Blocos		Nº Blocos				
QUESTIONÁRIO SUS (System Usability Scale)*						
<i>*Apenas ao final das intervenções</i>						
Para cada uma das seguintes afirmações, marque uma caixa que melhor descreve suas reações ao AVenCer hoje.						
		Discordo fortemente		Concordo plenamente		
1.	Eu acho que usaria AVenCer frequentemente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Achei AVenCer desnecessariamente complexo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Eu achei AVenCer fácil de usar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Eu acho que precisaria de suporte técnico para poder usar AVenCer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Eu descobri que as várias funções do AVenCer estavam muito bem integradas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Eu pensei que havia muita inconsistência em AVenCer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar o AVenCer muito rapidamente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Achei AVenCer bastante desconfortável de usar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Eu me senti muito seguro usando AVenCer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Eu precisava aprender muitas coisas antes de poder usar o AVenCer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comentários (opcional):						
Data avaliação: __/__/__		Data reavaliação __/__/__ () Alta () 7º dia internação				
Assinatura pesquisador						

ANEXO A - ARTIGO

Primeira etapa deste trabalho.

AVENCER: DEVELOPING A GAME IN VIRTUAL REALITY FOR POST-STROKE REHABILITATION

Authors: Gabriela Cornely Rocha¹, Jean Fraga², Leonardo Santana², Daniele Rossato, M.Sc³, Alexandre Simões Dias, PhD⁴

¹ Mastering Student of the Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano on the Universidade Federal do Rio Grande do Sul

² Digital game student on the Universidade do Vale do Rio dos Sinos

³ Professor of Physical Therapy on the Universidade do Vale do Rio dos Sinos

⁴ Professor of Physical Therapy, Professor of the Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano on the Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ABSTRACT: It is known that the application of games for rehabilitation is already a practice of many physiotherapists and occupational therapists who work with neurorehabilitation. Despite being a complementary therapy, gametherapy can favor the participation and engagement of the patient for therapy, promoting challenges that every game imposes and enabling greater adherence to the treatment planned for the patient. However, when talking about the use of games in rehabilitation, much of the studies refer to commercial games that are sold for entertainment. This article aims to share the creation and the step by step of developing a game produced specifically for individuals who have suffered stroke, with the thought of the upper limb affected in these cases, using non-immersive virtual reality through Leapmotion hardware.

Keywords: Virtual reality; Physiotherapy; Rehabilitation; Stroke.

INTRODUCTION

For the production of games for rehabilitation it is necessary a specific planning and more care when compared to games for entertainment, since it is aimed for the individual's rehabilitation treatment. In addition to physical sequela, the emotional factors of the patients for the elaboration of the game should be considered, not requiring extremely difficult tasks that are not possible to be performed, and may discourage the patient. On the contrary, the game for rehabilitation should encourage continued treatment, and there may be rewards and phrases of encouragement during the required activities (MALFATTI et al., 2011).

According to Lohse et al. (2013), the success of the game depends on the interactivity and the user's power of choice, although they are distinct, there is connectivity between the two concepts. For the patient to interact and thus define which path to take in the game, it is

necessary that he makes a choice, and in this way each choice reflects an interaction in the virtual environment. For this, different ways of achieving the objectives or phases for the game can be created, stimulating greater interaction with the player.

When using a window (monitor screen), virtual reality is defined as non-immersive, in which the player is partially transported to the game domain, preserving his sense of presence in the real world. The immersive reality, on the other hand, transfers the player totally to the virtual environment, providing interaction with objects and thus feeling their reactions, through multisensory devices, such as controls, glasses and/or helmets (NUNES et al., 2011). Physiotherapists have used this technology for the recovery of patients with various traumas and complaints, including those with sequelae derived from damage or brain disorders, such as stroke, in which immersion enables the training of cognitive and motor skills (MILAJERDI et al., 2021; ABBAS et al., 2021; KHAN, PODLASEK & SOMMA, 2021),

Despite the wide application of virtual reality exposure therapy with neurological patients, it is noted that most of the performed studies were applied in chronic cases and in outpatient and home environments, being those commercial games (YOUNG-BIN et al., 2019; THIELBAR et al., 2020). Thus, it is understood the need for research that works on the use of gametherapy in the initial phase of stroke rehabilitation, as well as on its application in the hospital environment. Thus, the overall aim of this study was to create a non-immersive virtual reality (NIVR) game specific to patients with post-stroke upper limb sequelae.

METHODS

The process of creation and development of the game began in November 2017 to June 2018, being applied and tested with four patients in the same year (ROCHA et al. 2021). For its development, there was a partnership between the project's idealizing physiotherapists and professional programmers in the Digital Games area of the VIZLab laboratory of the University of Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, located in the city of São Leopoldo/RS-Brazil.

The idealization of the game arose through the willingness of physical therapists to provide a care that would allow a dynamic and interesting therapy within the hospital environment. For this, we decided to use technology in non-immersive virtual reality for hospitalized patients due to acute and sub-acute stroke, specifically focused on the function of the affected upper limb.

The chosen hardware was the Leap Motion Controller – LMC (Leap Motion, Inc., San Francisco, CA, USA), a device that when connected to a notebook is able to track and capture the movement of hands and fingers from its sensors and infrared emitters (LEAP MOTION,

2020). The choice for this hardware was due to the practicality of transport due to its size and weight (80 mm C x 30 mm L x 11.3 mm A, 32 grams); interaction zone depth (depth between 10 cm to 60 cm preferably, up to 80 cm maximum) and ease in sanitizing the equipment. For the execution and development of the system, the SDK tool support Leap Motion and the developer Unity 3D version 2017.3, both free of charge, were used.

We divided the game development process into 12 steps until we reach the final result:

Step 1: Review of planning, objectives and adaptation to virtual reality.

Step 2: Level design development: 4 maps were assembled with different and gradually more difficult challenges.

Step 3: Creation of navigation menus for creating player profiles, using already created profiles and others.

Step 4: Creation of the game flow: beginning, middle and end.

Step 5: Development of the game data input and output algorithm for easy insertion into external text documents.

Step 6: Start balancing the game, improving challenges and changing timers to make it possible to complete all challenges.

Step 7: Creation of the gameplay screen. Now you have a countdown to the beginning of each step, a visible stopwatch, and a auxiliary camera showing the scenery with a side perspective. This camera helps identify the height and depth in the scenario.

Step 8: Adding visual triggers during interactions with objects, making it easy for the player to understand what is happening at the time of their movement through Leap Motion.

Step 9: Adding music to the main menu, adding sounds to each interaction with objects during gameplay and adding music at the end of each challenge.

Step 10: Mention those involved in the project and change the finalization screen of each challenge, now the player will know how long it took on this map and its score.

Step 11: Review of all previous steps.

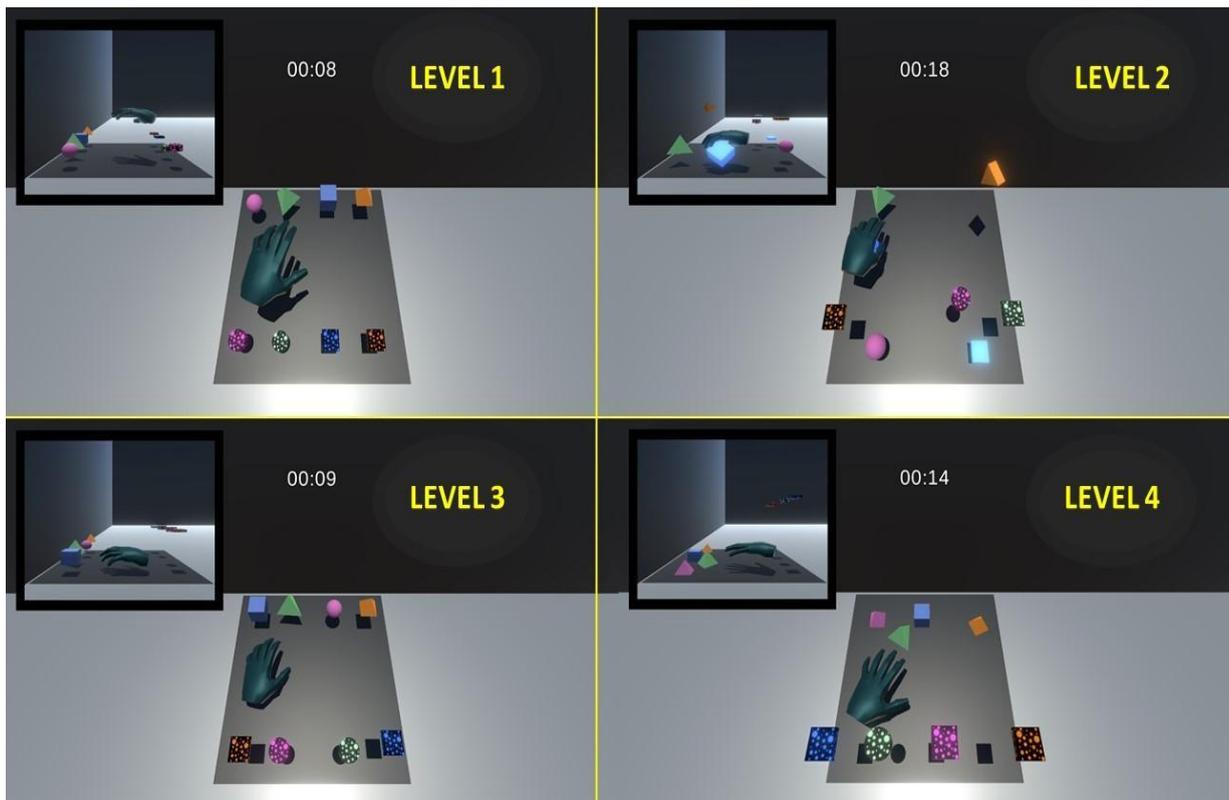
Step 12: Latest modifications, choice of name and completion of the game.

RESULTS

After eight months of planning and developing a serious game in NIVR for the post-Stroke patients, the game was finalized and called AVenCer - a name chosen in allusion to "win the stroke", in portuguese. The aim of the game is based on fittings of geometric figures of different colors, heights and depths being divided into four distinct phases, with gradual levels of difficulty. In each phase there are four figures that must be relocated to their fittings with similar colors, where each fitting scores 25 points, adding up to 100 points per phase and totaling 400

points at the end of all levels. A visible stopwatch has been designed for the player, with no time limit for each level, but there is a maximum support time of AVenCer that is 10 minutes total. On the gameplay screen the player has a horizontal view of the environment and in the top left of the screen, a side profile picture for understanding the depth of each object. Encouraging phrases were included at the end of each phase and sounds for each interaction with objects were installed. (Figure 1).

Figure 1 - Stages of the game AVenCer



Source: Author's collection

For each new player, there is a profile creation screen where it is possible to register personal data, gender, type of stroke, dominant side, etiology of injury (TOAST) and classification of disability by Rankin scale. (Figure 2). All data including time and scores achieved is automatically saved in an external text document with each player's data.

Figure 2 – User profile creation screen

Criação de perfil

Data de internação:

Nome:

Idade:

Sexo:

Braço dominante:

Braço Acometido:

Tipo de AVC:

TOAST:

Rankin:

Source: Author's collection

As for the movements required during the game, the patient is encouraged to move the affected limb in the functions of flexo-extension, abduction and adduction of shoulder, flexion-extension of elbow, wrist and fingers at all levels of the game, enabling the achievement of the objectives as well as the work of fine motricity of the user through visual feedback, which has a frontal and lateral view of the virtual environment (Table 1).

Table 1 - Presentation of the required phases and movements

Phase	Definition	Requested movements
1	Objects aligned in their fittings, small height of them without virtual gravity action	Shoulder flexo-extension Shoulder abduction and adduction Elbow flexo-extension Flexo-handle extension Flexo-extension of fingers
2	Misaligned objects of their fittings, small height of them, without action of virtual gravity	
3	Misaligned objects of their fittings, medium height of them, no action of virtual gravity	
4	Objects aligned with their fittings, great height of them with virtual gravity action	

Source: Prepared by the author.

DISCUSSION

The hardware used in this research was developed in 2013 by the American company Leap Motion. It enables an interface through virtual reality without direct physical contact with the device, as it is able to capture and control the movements of fingers and hands from two cameras with monochrome sensors, which are sensitive to the light offered by the three LEDs of the device, which cover a wavelength spectrum of 850nm (nanometers) (CARBALLO, BARRERO and VILLAZÓN, 2016). Tung et al. (2015), conducted a study to evaluate the reliability of the Leap system for finger location and range and touch movements by the hardware sensor field, compared with a validated optical motion capture system. At the end of the study, it was verified that although there was some disagreement as to the accuracy of motion when

compared to the more sophisticated optical system, the Leap Motion controller is reliable enough to verify motor performance in simple tasks.

The development proposal and the results obtained with the creation of AVenCer, corroborate the studies of Malfatti, Coutinho and Santos (2011) and Bastos, Luna and Félix (2015), in which, for the production of games for rehabilitation, it is necessary a specific planning and more care compared to games for entertainment, since it is aimed at rehabilitation treatment. In addition, both physical sequela and emotional factors for the elaboration of the game should be considered, not requiring extremely difficult tasks that are not possible to be performed and discourage the patient. On the contrary, the authors state that the game for rehabilitation should encourage continued treatment, and there may be rewards and phrases of encouragement during the required activities.

Neuromotor physiotherapy is concerned with repetitively stimulating movements frequently affected after the injury, seeking the functional recovery of the individual. However, repetitive stimulation can lead the patient to give up or become uninterested in treatment. For this reason, technological options such as the use of applications and equipment began to be tested and used in the rehabilitation process, in order to maintain the engagement of these individuals during treatment (GOSSEAUME et al, 2016; CARNEIRO et al., 2016; LAYER et al., 2015).

The engagement and consequently the experience in the game, can be understood by the reward factor presented by the gain of points for each complete challenge, which can provoke greater motivation for the execution of this therapy and, thus, obtain learning about the task in use. The reward system is related to the limbic system, responsible for managing emotions, however, it is understood that more specifically, the nucleus accumbens ends up stimulating the release of the neurotransmitter dopamine, regulating desires and incentives. Visual information that reaches the central nervous system, such as NIVR feedback, triggers emotions that are regulated by this system, where the search for rewards, in addition to involvement by pleasure, facilitates the learning of new experiences and behaviors (LOHSE et al., 2013; MACHADO and HAERTEL, 2006)..

CONCLUSION

The development of the AVenCer game from LeapMotionController seems to be a promising tool for the use of rehabilitative professionals, as it is a practical, simple and considered low cost equipment in the market. However, we understand the need for studies that contemplate the use of the game in significant samples of patients after stroke so that it is possible to verify the effects on this population.

REFERENCES

ABBAS Rami L. , Didier Cooreman, Hala Al Sultan, Mayssah El Nayal, Ibtissam M. Saab, and Ayman El Khatib. The Effect of Adding Virtual Reality Training on Traditional Exercise Program on Balance and Gait in Unilateral, Traumatic Lower Limb Amputee. **Games for Health Journal**.Feb 2021.50-56.<http://doi.org/10.1089/g4h.2020.0028>

BASTOS, Michael; LUNA, Fabrício; SÁ, Ana; FÉLIX, Zildomar. Turtle Therapy: Proposta de um Jogo Sério Para o Auxílio no Tratamento Pós-AVC. In: SB GAMES, 14., 2015, Terezina. Proceedings of SBGames 2015. p. 256-259. Available at: <<http://www.sbgames.org/sbgames2015/anaispdf/computacao-short/147782.pdf>>.

CARBALLO, Miguel; BARRERO, Marcél; VILLAZÓN, Alex. Fiman: Sistema computarizado para análisis de movimientos digitales. Investigación & Desarrollo. Bolívia, v 1, n 16, p. 86-101, 2016. Available at: <<http://www.upb.edu/revista-investigacion-desarrollo/index.php/id/article/viewFile/15/42>>.

CARNEIRO, Maíra Izzadora Souza *et al.* Applicability of a motor rehabilitation system in stroke victims. **Fisioter. mov.**, Curitiba, v. 29, n. 4, p. 723-730, dez. 2016. Available at: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S013-51502016000400723&lng=en&nrm=iso.

CORNELY ROCHA, Gabriela *et al.* Efeitos da utilização da realidade virtual não imersiva na reabilitação de membro superior de pacientes acometidos por AVC em um hospital público de Porto Alegre. **Clinical & Biomedical Research**, [S.l.], v. 41, n. 1, june 2021. ISSN 2357-9730. Available at: <<https://seer.ufrgs.br/hcpa/article/view/104737>>.

GOSSEAUME, Alexandra *et al.* Mise au point sur les accidents vasculaires cérébraux. Revue Francophone d'Orthoptie., France, v. 9, n. 2, p. 71–76, 2016. Available at: <<http://www.em-consulte.com/en/article/1063733>>.

KHAN Azka , Anna Podlasek & Fahad Soma (2021): Virtual reality in poststroke neurorehabilitation – a systematic review and meta-analysis, Topics in Stroke Rehabilitation, DOI: 10.1080/10749357.2021.1990468

LAVIER, Kate *et al.* Virtual reality for stroke rehabilitation. **Cochrane Database of Systematic Reviews 2015**, n. 2, p. 1-110, fev. 2015. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25927099>.

LEAP MOTION. *Comfortable use of your Leap Motion Controller*. 2020. Available at: <https://support.leapmotion.com/hc/en-us/articles/360004324298-Setup-and-comfortable-use-of-your-Leap-Motion-Controller>.

LOHSE, Keith *et al.* Video Games and Rehabilitation. Journal Of Neurologic Physical Therapy, [s.l.], v. 37, n. 4, p.166-175, dez. 2013. Available at: <http://dx.doi.org/10.1097/npt.0000000000000017>.

MACHADO, Angelo; HAERTEL, Lúcia Machado. Neuroanatomia funcional. 3.ed. São Paulo: Atheneu, 2006.

MALFATTI, Silvano; COUTINHO, Edson; SANTOS, Selan Rodrigues. Utilizando a realidade virtual e wiimote para a criação de jogos voltados à reabilitação. **Proceedings of SBGames 2011**, [s.l.], 2011. Available at:

https://www.researchgate.net/publication/267940195_Utilizando_Realidade_Virtual_e_Wiimote_para_a_Criacao_de_Jogos_Voltados_a_Reabilitacao.

MILAJERDI Homa Rafiei , Mahmoud Sheikh, Mahboubeh Ghayour Najafabadi, Behnaz Saghaei, Naser Naghdi, and Deborah Dewey. The Effects of Physical Activity and Exergaming on Motor Skills and Executive Functions in Children with Autism Spectrum Disorder. **Games for Health Journal**.Feb 2021.33-42.<http://doi.org/10.1089/g4h.2019.0180>

NUNES, Fátima *et al.* Desenvolvendo aplicações de RVA para saúde: imersão, realismo e motivação. In: Ribeiro MWS, Zorzal ER. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. Uberlândia (Brasil): **SBC**. p. 82-95. Português. Available at: http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf.

THIELBAR, Kelly *et al.* Utilizing multi-user virtual reality to bring clinical therapy into stroke survivor's homes. **J Hand Ther**, [s.l], v. 33, n. 2, p. 246-253, abr. 2020. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0894113020300338>.

TUNG, James *et al.* Evaluation of a portable markerless finger position capture device: accuracy of the Leap Motion controller in healthy adults. *Physiological Measurement*, Canadá, v. 36, n. 5, p. 1025–1035, 2015. Available at: <doi:10.1088/0967-3334/36/5/1025>.

YOUNG-BIN, Oh *et al.* Efficacy of Virtual Reality Combined With Real Instrument Training for Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, [s.l], v. 100, n. 8, p. 1400–1408, ago. 2019. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31002812/>.