



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Isabela Alves Marques

**Jogo sério e realidade virtual na
reabilitação do AVC crônico:
protocolo individualizado**

Uberlândia-Minas Gerais

2019

Isabela Alves Marques

Jogo sério e realidade virtual na reabilitação do AVC crônico: protocolo individualizado

**Tese de doutorado apresentada à Faculdade
de Engenharia Elétrica da Universidade
Federal de Uberlândia como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do
título de doutor em ciências.**

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lázaro Martins Naves

Uberlândia - Minas Gerais
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU

Reitor: Valder Steffen Junior

Pró-Reitor de Graduação: Armindo Quillici Neto

Pró-Reitor de Pós-graduação: Carlos Henrique de Carvalho

Diretor da Faculdade de Engenharia Elétrica: Sérgio Ferreira de Paula Silva

Coordenador do Programa de Pós-Graduação Engenharia Elétrica: José Roberto Camacho

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M357
2019 Marques, Isabela Alves, 1985-
Jogo sério e realidade virtual na reabilitação do AVC crônico:
protocolo individualizado [recurso eletrônico] : reabilitação do AVC
crônico / Isabela Alves Marques. - 2019.

Orientador: Eduardo Lázaro Martins Naves.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-
graduação em Engenharia Elétrica.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2458>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Engenharia elétrica. I. Martins Naves, Eduardo Lázaro, 1970-
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação
em Engenharia Elétrica. III. Título.

CDU: 621.3

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

Isabela Alves Marques

Jogo sério e realidade virtual na reabilitação do AVC crônico: protocolo individualizado

Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de doutor em ciências.

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Lázaro Martins Naves (Orientador – UFU)

Prof. Dr. Adriano Alves Pereira (Examinador – UFU)

Prof. Dr. Adriano Oliveira Andrade (Examinador – UFU)

Prof. Dra. Luci Fuscaldi Teixeira-Salmela (Examinadora – UFMG)

Prof. Dra. Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza (Examinadora – UFTM)

Uberlândia _ Minas Gerais
2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
 Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 3N - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 3239-4707 - www.posgrad.feelt.ufu.br - copel@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Engenharia Elétrica				
Defesa de:	Tese de Doutorado, 255, COPEL				
Data:	Vinte e cinco de outubro de dois mil e dezenove.	Hora de início:	10:00	Hora de encerramento:	13:00
Matrícula do Discente:	11513EEL005				
Nome do Discente:	Isabela Alves Marques				
Título do Trabalho:	Jogo sério e realidade virtual na reabilitação do AVC crônico: protocolo individualizado				
Área de concentração:	Processamento da informação				
Linha de pesquisa:	Engenharia biomédica				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Título: Sistema multimodal para treinamento a distância em ambiente virtual ou de realidade aumentada destinado aos usuários de cadeiras de rodas motorizadas Agência Financiadora: CAPES Início: 05/12/2014 Término: 04/12/2019 No. do Projeto na agência: PGPTA 3461/2014 – Processo 88887.091034/2014-01 Professor Coordenador: Eduardo Lázaro Martins Naves.				

Reuniu-se na Sala 1G 129, Campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, assim composta: Professores Doutores: Adriano Alves Pereira -FEELT/UFU; Adriano de Oliveira Andrade - FEELT/UFU; Luci Fuscaldi Teixeira Salmela - UFMG; Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza - UFTM; Eduardo Lázaro Martins Naves - FEELT/UFU, orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Eduardo Lázaro Martins Naves, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de **Doutor**.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Lazaro Martins Naves, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/10/2019, às 13:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriano de Oliveira Andrade, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/10/2019, às 13:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza, Usuário Externo**, em 25/10/2019, às 13:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Alves Pereira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/10/2019, às 17:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luci Fuscaldi Teixeira-Salmela, Usuário Externo**, em 26/10/2019, às 09:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1579590** e o código CRC **0873F5AD**.

RESUMO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é a principal causa de incapacidade no mundo. Muitos indivíduos permanecem sem função de membro superior (MS) mesmo seis meses pós-AVC. A função do MS afeta diretamente o desempenho das atividades da vida diária, impactando negativamente na qualidade de vida (QV) destes pacientes. Vários pesquisadores relatam a dificuldade de restaurar a função motora do MS parético. Considerando os aspectos acima, foi desenvolvido, aplicado e avaliado um novo protocolo de reabilitação envolvendo um jogo sério baseado em realidade virtual (RV), centrado no usuário, em indivíduos pós-AVC crônico, de forma eficiente e não invasiva. Participaram da pesquisa um total de 10 indivíduos com sequelas de AVC que foram submetidos a 15 sessões de reabilitação, com duração entre 30 a 40 minutos cada. Os parâmetros quantitativos avaliados foram: Escala Modificada de Ashworth (EMA), Limiar Reflexo de Estiramento Tônico (LRET), estágios de recuperação de Brunnstrom (BRS), Amplitude de Movimento (ADM) e Qualidade de Vida (*Stroke-Specific Quality of Life Scale*), e análise qualitativa feita por meio de diário de coleta. Para análise dos dados quantitativos utilizou-se o software R. O teste Shapiro-Wilk foi aplicado inicialmente para identificar se as amostras apresentavam distribuição normal. Para o dado com distribuição normal (ADM) foi utilizado o teste T, e para os dados não normais (LRET, EMA, BRS, QV), foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney, ambos comparando avaliação pré e pós tratamento. Os resultados dos parâmetros mensurados para avaliação do LRET, BRS, ADM e QV apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre avaliações pré e pós intervenção, com 99% de confiança. Nesta intervenção observou-se, de maneira geral, que o protocolo oferecido foi capaz de atingir o objetivo, uma vez que os resultados apresentados indicaram que houve uma diminuição do tônus muscular, aumento da amplitude de movimento e melhora da qualidade de vida, além disso, esta intervenção não demonstrou efeito adverso, foi bastante motivadora, visto o nível de adesão dos participantes e permitiu um treinamento específico para os membros superiores destes indivíduos.

Palavras-chaves: Acidente Vascular Cerebral; Realidade Virtual; Jogo Sério; Reabilitação; Membro Superior.

ABSTRACT

Stroke is the leading cause of disability in the world. Many individuals remain without upper limb (MS) function even six months after stroke. The function of MS directly affects the performance of activities of daily living, negatively affecting the quality of life (QOL) of these patients. Several researchers report the difficulty of restoring the motor function of paretic MS. Considering the above aspects, a new rehabilitation protocol was developed, applied and evaluated involving a user-centered serious virtual reality-based (VR) game in non-invasive and post-chronic chronic individuals. A total of 10 individuals with stroke sequelae who underwent 15 rehabilitation sessions, lasting between 30 and 40 minutes each, participated in the research. The quantitative parameters evaluated were: Modified Ashworth Scale (MAS), Tonic Stretch Reflex Threshold (TSRT), Brunnstrom Recovery Stages (BRS), Range of Motion (ROM), and Stroke-Specific Quality of Life Scale), and qualitative analysis made through a collection diary. For analysis of quantitative data we used the software R. The Shapiro-Wilk test was initially applied to identify if the samples had normal distribution. For data with normal distribution (ROM) the T test was used, and for non-normal data (LRET, EMA, BRS, QOL), the nonparametric Wilcoxon-Mann-Whitney test was used, both comparing pre and post evaluation. treatment. The results of the parameters measured for LRET, BRS, ADM and QL evaluation showed statistically significant differences between pre and post intervention evaluations, with 99% confidence. In this intervention it was observed, in general, that the offered protocol was able to reach the goal, since the results presented indicated that there was a decrease in muscle tone, increased range of motion and improved quality of life, besides , this intervention showed no adverse effect, was very motivating given the level of adherence of the participants and allowed a specific training for the upper limbs of these individuals.

Keywords: Stroke; Virtual reality; Serious Games; Rehabilitation; Upper limbs.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter dado a mim a oportunidade da reencarnação, além disso, por sempre me guiar, proteger e confortar em todos os momentos. Agradeço também ao Núcleo Servos Maria de Nazaré, a todos os mentores e trabalhadores espirituais, que permanecem sempre comigo e minha família.

Faço um agradecimento eterno aos meus pais, Luiz e Nilva, que deram todo carinho, amor e oportunidade a mim e aos meus irmãos, tenho muito orgulho em falar que vocês são meus grandes inspiradores e tudo que sou, devo a vocês. Amo vocês incondicionalmente. Aos meus irmãos Caroline e Flávio Luiz, meu muito obrigada por sempre terem cuidado tão bem de mim, e pela nossa convivência maravilhosa. Vocês, juntos com nossos pais, sempre me apoiaram demasiadamente, sem esperar nada em troca, meu amor incondicional a vocês também. Meus cunhados Fábio e Tatiana, também agradeço a vocês pelo apoio, também os considero como irmãos. Laís e Aline, vocês trouxeram luz a toda família, madrinha ama muito vocês duas!

Meu amado marido Marco Aurélio, realmente você foi um divisor na minha vida, não me enxergo nem um minuto sem você... Você é minha fonte de sustentação, ingressei na vida acadêmica pelo seu apoio, e vejo que você conseguiu perceber antes de mim, que seria feliz profissionalmente fazendo isso. Meu eterno agradecimento por tudo, te amo cada dia mais, como se isso fosse possível! Lúcia, Dalton e Renata, sou muito agradecida por ter vocês em nossas vidas, muito obrigada por tudo!

Minha amada Isis, você trouxe para vida da mamãe tudo que faltava... Você é o maior presente que Deus poderia dar a alguém, e graças a Ele, eu e seu pai fomos os escolhidos. Desde que concebi você, tive mais calma para esperar as coisas acontecerem no devido tempo, pois sabia que o mais importante da minha vida estava em meu ventre e agora em minha vida. Nem consigo expressar o quanto te amo e o quanto é importante para mim!

Meu orientador Eduardo Lázaro, gostaria de agradecer pelas oportunidades, pelos ensinamentos, pela paciência e por ter sempre acreditado em mim e neste projeto, muito obrigada! Gostaria estender o agradecimento aos professores da pós-graduação

em engenharia biomédica que se preocupam em ajudar e ter empatia pelos estudantes, o apoio de vocês é muito importante! Professora Luciane Sande, que mesmo com pouco tempo de convívio mostrou ser uma pessoa de coração enorme, e que ajudou bastante na reta final do projeto.

Aos colegas e amigos da Educa, Tupaciguara e do Biolab, vocês fizeram e ainda fazem parte da minha vida. Em especial, Mafê, minha querida, agradeço a Deus por ter te conhecido! Querida amiga Maríla, pesquisadora incansável, corretora de inglês, mãezona de todos, grande amiga! À querida amiga companheira Maristella, pela orientação, ensinamentos e amizade! Querida amiga Amanda Medeiros e Murilo, tenho um carinho muito grande por você!

Às amigas do NIATS, conviver e aprender com vocês é um grande prazer! Agradeço muito pelo apoio de todos durante o período de coletas, pela “divisão” da sala e empatia pelos participantes da pesquisa. Em especial à Luiza, minha amiga de longa data, sempre conto com você! Amanda Rabelo, eterna gratidão por ter te conhecido, muito obrigada por tudo, em especial obrigada pelas dicas e opiniões relacionadas à escrita do projeto, sempre muito pertinentes! Samila, admiro muito sua garra, prazer em conviver com você, querida musa *concurseira*!

Aos amigos e colegas do NTA, Ludy, Ellen, Felipe, Eder, Carol, Dani, Marcella, Ângela, Tutu!!! Cada um de vocês, de um jeito especial, tornam o meu dia, e este projeto especial! Querida amiga Mizi, minha xará, agradeço muito pela amizade, ajuda, carinho e respeito, você é muito especial para mim.

Camille e Andressa, nada acontece por acaso, e ter vocês no projeto com certeza, mudou tudo! Vocês foram as melhores companheiras de trabalho que eu poderia sonhar algum dia. A disposição e disponibilidade de aprendermos juntas sempre me encantou! Sinto uma gratidão imensa por tudo que fomos e ainda seremos na vida de cada uma de nós. E agora também agradeço ao Thiago, que também quis contribuir com o projeto e completou o time, agradeço imensamente a vocês! Ao pessoal do laboratório de Computação Gráfica, em especial ao Gabriel, Júlia e Leandro, nada seria possível sem o esforço e trabalho de vocês! Muito obrigada!

Eterna gratidão APARU e à todas as pessoas que ligaram e foram ao laboratório para contribuir de alguma forma neste trabalho. Agradeço em especial a todos os participantes que foram incluídos no trabalho pela persistência durante as terapias, pelos

conselhos, por compartilharem suas histórias e por estarem participando de algo com intuito de mudar suas vidas e de tantos outros.

FELICIDADE

É comum, no ser humano, a busca ansiosa pela felicidade.

No entanto, a felicidade faz parte de nossas vidas e nós não percebemos que, felicidade é, muitas vezes, termos o trabalho e nele nos realizamos.

Felicidade é termos amigos e neles confiar.

Felicidade é possuir uma família e junto dela crescemos.

Felicidade é a paz de consciência, é não aceitar aquilo que venha com facilidade e agradecer as dificuldades que nos ensinam a caminhar com mais segurança.

Felicidade é ter olhos para ver e sermos capazes de ver além das formas que nos chegam à retina.

Felicidade é saber ouvir os sons e identificar o som sublime que nos chega de Deus, através de tudo o que a Natureza nos fala.

Felicidade é poder pensar, e pensar com sensatez, ajudando-nos e ajudando os nossos semelhantes através da orientação segura...

Felicidade é, enfim, sabermos sofrer e sabermos não fazer sofrer aqueles que nos cercam.

Dr. Bezerra de Menezes

Sumário

Capítulo 1.....	20
INTRODUÇÃO.....	20
1.1 Objetivo geral.....	22
1.2 Objetivos específicos	22
1.3 Definição de hipóteses	23
Capítulo 2.....	24
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
2.1 Acidente Vascular Cerebral	24
2.1.1 Dados epidemiológicos.....	24
2.1.2 Classificação do AVC	25
2.1.3 Manifestações clínicas e déficits neurológicos.....	25
2.1.4 Impacto gerado pelo AVC.....	26
2.1.5 Reabilitação pós-AVC	28
2.2 Jogos sérios.....	29
2.2.1 Jogos sérios e realidade virtual no contexto da reabilitação dos membros superiores	30
2.3 Considerações Finais.....	39
Capítulo 3.....	40
MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1 Participantes do estudo	40
3.2 Jogos Sérios	41
3.2.1 <i>Harpy Game</i>	42
3.3 Protocolo de reabilitação com o <i>Harpy Game</i>	45
3.3.1 Protocolo e níveis de dificuldade	46
3.4 Coleta dos dados.....	54
3.5 Análise dos dados	60
3.6 Considerações Finais.....	60
Capítulo 4.....	61
RESULTADOS	61
4.1 Características dos participantes da pesquisa.....	61
4.2 Análise quantitativa	62

4.4 Análise qualitativa.....	65
4.4.1 Diário de coleta.....	65
4.5 Considerações Finais.....	71
Capítulo 5.....	72
DISCUSSÃO.....	72
5.1 Elaboração da terapia e da proposta metodológica.....	72
5.2 Influência do tratamento nos parâmetros quantitativos avaliados.....	74
5.3 Avaliação qualitativa e diário de coleta	77
CONCLUSÃO.....	80
Limitações do estudo.....	80
Trabalhos futuros	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
APÊNDICE.....	95
Publicações obtidas durante o período do doutorado	95
Síntese dos trabalhos correlatos.....	99
ANEXO I	105
Questionário de qualidade de vida	105

Lista de Figuras

Figura 1(a)(b): Interfaces do painel de controle do jogo.....	43
Figura 2: (a) interface de estágio de treino; (b) Vista superior da interface do primeiro estágio; (c) interface do segundo estágio; (d) interface do terceiro estágio.	44
Figura 3: Predadores na fase 3. (a)Tigre; (b) Crocodilo; (c) Cobra.....	44
Figura 4: Descrição esquemática do cenário experimental (visão lateral).....	53
Figura 5: SpES_ <i>Spasticity Evaluation System</i>	57
Figura 6: Interface do software ao final da coleta de dados	59

Lista de Tabelas

Tabela 1: Características gerais dos trabalhos correlatos.....	38
Tabela 2: Protocolo para aumentar o nível de dificuldade do <i>Harpy Game</i> , de D1 a D5.	51
Tabela 3: Protocolo para aumentar o nível de dificuldade do <i>Harpy Game</i> , de D6 to D10.....	52
Tabela 4: Escala Modificada de Ashworth [91]	55
Tabela 5: Sete estágios de recuperação funcional de Brunnstrom [106]	56
Tabela 6: Características gerais dos participantes da pesquisa.....	61
Tabela 7: Resultados obtidos para todos os parâmetros nas fases pré e pós tratamento.	62
Tabela 8: Dados referentes ao LRET	63
Tabela 9: Dados referentes à amplitude de movimento do cotovelo.....	64
Tabela 10: Dados referentes à Qualidade de Vida.....	65

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Evolução dos participantes em relação aos níveis de dificuldade propostos, que variam de D1 à D8. Nele é possível verificar a quantidade de sessões que cada participante executou para cada nível de dificuldade71

Lista de Abreviações

ADM: Amplitude de Movimento

AGaR: *Association Game for Rehabilitation*

AHA: *American Heart Association*

APARU: Associação dos Paraplégicos de Uberlândia

AVC: Acidente Vascular Cerebral

AVCh: Acidente Vascular Cerebral hemorrágico

AVCi: Acidente Vascular Cerebral isquêmico

CIMT: *Constraint induced-movement therapy*

EEF: Estimulação Elétrica Funcional

EMA: Escala Modificada de Ashworth: EMA

EMG: Eletromiografia

EQVE: Escala de Qualidade de Vida Específica para AVC

HTC: *Head-Mounted Display*

IMU: *Inertial Measurement Unit*

INPI: Instituto Nacional de Propriedade Industrial

LRED: Limiar Reflexo de Estiramento Dinâmico

LRET: Limiar Reflexo de Estiramento Tônico

MS: Membro Superior

MMSS: Membros Superiores

NTA: Núcleo de Tecnologia Assistiva

OMS: Organização Mundial de Saúde

OTG: Órgão Tendinoso de Golgi

QV: Qualidade de Vida

RV: Realidade Virtual

SpES: *Spasticity Evaluation System*

SSQL: *Stroke-Specific Quality of Life Scale*

WSO: *World Stroke Organization*

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é a principal causa de mortalidade e incapacidade no mundo, tornando sua prevenção uma prioridade global de saúde [1]. No Brasil, a incidência anual é expressiva, soma mais de 216 mil casos anuais [2]. A definição de AVC segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) é: “ *sinal clínico de desenvolvimento rápido de uma perturbação focal da função cerebral de possível origem vascular e com mais de 24 horas*”. É caracterizado por uma anormalidade na circulação cerebral, tendo como resultado sinais e sintomas que correspondem ao comprometimento de áreas focais do cérebro [3].

Os comprometimentos e sequelas que surgem após o AVC são decorrentes do local e da extensão da lesão encefálica, sendo que, muitas das sequelas residuais são ligadas à depressão, pois o impacto negativo da doença afeta os indivíduos acometidos em vários aspectos. Há prejuízos diretos na execução das funções motoras (dificuldade de deambulação, perda de mobilidade no tronco e nas extremidades, redução da amplitude de movimento articular, espasticidade, afasia, déficit sensitivo, agnosia visual, déficit de memória, alterações comportamentais, entre outras entre outros) dificultando a execução das atividades de vida diária [4-5].

Em relação ao membro superior (MS), estima-se que de 30% a 66% dos indivíduos acometidos pelo AVC permanecem sem função no MS por seis meses, enquanto apenas 5% a 20% demonstram recuperação funcional [6]. A função do MS é um fator que afeta diretamente o desempenho das atividades da vida diária, como comer, vestir e realizar a higiene pessoal, portanto, melhorar esses aspectos é um elemento central da reabilitação após o AVC [7], [8]. A funcionalidade do MS está intimamente ligada à amplitude articular, pois a perda e/ou diminuição da flexibilidade articular implica em redução da aptidão física e do desempenho motor, influenciando na realização de movimentos simples ou complexos, ligados à atividades de vida diária

como pentear o cabelo, alcançar algum objeto, dentre outras [9]. A espasticidade é outra seqüela do AVC que afeta negativamente os MMSS [10], ela é frequentemente associada à dor, rigidez dos tecidos moles e contração articular (podendo levar à postura anormal do membro), o que sobrecarrega o cuidador e aumenta o custo do tratamento. Em síntese, a diminuição do controle motor voluntário interfere direta e negativamente na Qualidade de Vida (QV) dos indivíduos afetados [11].

Sendo assim, um tratamento adequado para reabilitar as seqüelas advindas do AVC pode ampliar as funções motoras e a independência, atuando diretamente no aumento da QV [12], [13]. Desta forma, encontram-se na literatura vários trabalhos com propostas de tratamentos para recuperar a função motora dos membros que tiveram disfunção ou interrupção dos movimentos em decorrência do AVC. No entanto, vários autores relatam a dificuldade de reabilitar a função motora destes indivíduos [14], [15].

HATEM e colaboradores, relatam que as abordagens tradicionais de reabilitação podem não promover uma recuperação motora ideal devido ao impacto direto do AVC, bem como aspectos relacionados às intervenções terapêuticas insuficientes, inadequadas ou inapropriadas. Levin e colaboradores elencaram três fatores para este insucesso: (i) não tratam adequadamente os déficits de controle motor, por não acessarem o potencial de aprendizagem cerebral; (ii) não levam em conta as especificidades individuais que podem resultar em reações diferentes; (iii) e finalmente, uma terceira explicação é que mesmo o desempenho repetido de um movimento pode não levar a melhorias significativas, a menos que a tarefa seja executada dentro das demandas funcionais de um ambiente relevante.

Brunnstrom [16] sugere que a recuperação dos movimentos após o AVC obedeça a uma seqüência de reaprendizagem motora (*Brunnstrom Recovery Stages* (BRS)) e, como tal, é necessário pensar em um protocolo para a aplicação da terapia que respeite as limitações do paciente mas, ao mesmo tempo, estimule o retorno neurológico da sua função motora. Além disso, outra abordagem que pode permitir uma reabilitação eficiente é priorizar as atividades cujos protocolos são ajustados individualmente, utilizando tarefas de treinamento adequadas a capacidade do indivíduo, de modo a otimizar a aprendizagem motora e o envolvimento na terapia [17].

A inserção de jogos sérios e RV pode ser uma estratégia promissora para esse tipo de reabilitação, pois pode oferecer uma gama de tarefas complexas de treinamento,

com *feedback* instantâneo, maximizando, desta forma, os processos de neuroplasticidade por meio da aprendizagem e recuperação motora [14]. Esta abordagem é conhecida por proporcionar maior engajamento e eficiência nos tratamentos de reabilitação [18]. Nesse sentido, muitos estudos incorporaram jogos sérios e RV para reabilitação do MS parético. No entanto, alguns trabalhos já publicados testaram este tipo de reabilitação apenas em experimentos piloto [18]–[22], outros usaram equipamentos robóticos, o que requer indivíduos capacitadas para implementar, espaço considerável, o que pode aumentar o custo da terapia [23], e outros verificaram o efeito desse tipo de terapia com jogos comercialmente existentes [24], [25], apresentando manutenção do quadro. Assim, este trabalho tem como intuito preencher algumas lacunas deixadas por trabalhos já realizados, e avaliar de forma quantitativa e qualitativa a eficácia desta terapia.

1.1 Objetivo geral

Propor e avaliar os efeitos de um novo protocolo de reabilitação com jogo sério e RV para indivíduos pós-AVC crônico.

1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver um novo protocolo de reabilitação usando um jogo sério com RV.
- Aplicar o protocolo desenvolvido em indivíduos pós-AVC de forma individualizada.
- Verificar o impacto desta nova técnica na redução do grau de espasticidade do músculo bíceps braquial, na amplitude de movimento da articulação do cotovelo, na evolução em relação aos estágios de recuperação motora de Brunnstrom e na QV dos voluntários que participaram do estudo.

1.3 Definição de hipóteses

As hipóteses que serão investigadas na pesquisa são:

H0: Não existe evidências para comprovar que, para esta amostra, houve diferença estatisticamente significativa entre os dados dos participantes antes e após a aplicação do novo protocolo. Ou seja, a terapêutica proposta não obteve resultados significativos que comprovem sua eficiência para a reabilitação neuromotora e funcional do MS parético, sem alteração também na QV, de indivíduos pós AVC.

H1: Existem evidências para comprovar que, para esta amostra, houve diferença estatisticamente significativa entre os dados dos participantes antes e após a aplicação do novo protocolo. Ou seja, a terapêutica proposta obteve resultados significativos que comprovam sua eficiência para a reabilitação neuromotora e funcional dos membros superiores de indivíduos pós- AVC e na melhora da QV.

Capítulo 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica desta tese aborda inicialmente o tema Acidente Vascular Cerebral, dados epidemiológicos, classificação, manifestações clínicas e déficits neurológicos. Posteriormente serão mostrados alguns tratamentos disponibilizados para reabilitação dos membros superiores paréticos, com ênfase no tema de Jogos sérios e RV.

2.1 Acidente Vascular Cerebral

O AVC é caracterizado por uma alteração patológica do encéfalo, de possível origem vascular, ou seja, uma anormalidade na circulação cerebral, resultando em sinais e sintomas que correspondem ao comprometimento de áreas focais do cérebro[3]. Os danos residuais deixados pelo AVC podem ser diversos (motores, sensitivos, comportamentais e cognitivos) tornando esta afecção o principal motivo de incapacidade física no adulto, em todo o mundo [1], [26].

2.1.1 Dados epidemiológicos

A *American Heart Association* (AHA) publicou um artigo no ano de 2018, referente às atualizações sobre a incidência do AVC e os números foram expressivos. No mundo, são aproximadamente 16 milhões de indivíduos vítimas de AVC a cada ano, o que torna sua prevenção uma prioridade global de saúde [1]. Outro dado bem impactante, de acordo com a *World Stroke Organization* (WSO), um em cada seis indivíduos no mundo terá um AVC ao longo da vida. No Brasil, a incidência anual é de 108 casos por 100 mil habitantes que somam mais de 216 mil casos anuais [2].

Tais dados mostram a importância de se trabalhar na prevenção da doença, e nas formas de tratamento disponibilizadas, para buscarem novas terapias que possam diminuir as incapacidades residuais deixadas pelo AVC.

2.1.2 Classificação do AVC

Existem dois tipos de classificação do AVC: (i) isquêmico (AVCi) ou (ii) hemorrágico (AVCh). O AVCi é o caso mais comum de AVC, ocorre em 85% dos casos [27]. Sua ocorrência dá-se devido a uma oclusão arterial, causada pela formação de placa de ateroma ou por algum coágulo que interrompe o fluxo sanguíneo no local ocasionando a falta de suprimentos necessários ao encéfalo (oxigênio e glicose).

O AVCh soma 15% dos casos de AVC. Ele acontece devido uma ruptura e extravasamento de sangue e pode ocorrer tanto em região intracerebral quanto subaracnóidea [28].

2.1.3 Manifestações clínicas e déficits neurológicos

O tamanho e a localização da lesão encefálica influenciam diretamente nas manifestações clínicas e nos déficits neurológicos demonstrados pelos pacientes após o AVC [29]. As manifestações podem acontecer de forma isolada ou combinada, e os déficits motores e sensitivos são expressos do lado do corpo contralateral à lesão encefálica, por isso o termo hemiparesia ou hemiplegia [5], [30]. As desordens motoras e sensitivas que acometem os pacientes são: espasticidade; confusão; desorientação temporal e espacial; afasia; distúrbios de memória; dificuldades perceptivas; perda da visão; visão dupla; disartria; surdez; e falta de coordenação motora dos membros superiores e inferiores [30], [31]. Sendo assim, para um melhor entendimento das manifestações e sinais clínicos do AVC, é necessário entender que as sequelas pós-AVC têm particularidades dependentes do hemisfério de acometimento da lesão. As principais sequelas pelo acometimento do AVC no hemisfério direito são:

- Hemiparesia ou hemiplegia e déficit sensorial do lado esquerdo;
- Comprometimento da linguagem gestual;
- Comprometimento visuo-espaciais e visuo-perceptivos;
- Agnosia (incapacidade de reconhecer objetos ou símbolos usuais), acompanhado por negligência unilateral do lado esquerdo;
- Dificuldade para sustentar o movimento;
- Impulsividade;
- Dificuldade para entender a ideia geral de uma tarefa;

- Falta de consciência do comprometimento.

Este hemisfério é especializado em mediar comportamentos aprendidos que exigem iniciação voluntária, planejamento e orientação espacial.

As principais sequelas quando a lesão ocorre no hemisfério esquerdo são:

- Hemiparesia ou hemiplegia e déficit sensorial do lado direito;
- Comprometimento da fala e linguagem;
- Dificuldade para planejar e sequenciar os movimentos;
- Estilo de comportamento lento, cauteloso;
- Solução de problemas desorganizada;
- Frequentemente bastante consciente dos comprometimentos.

Este hemisfério é especializado em aprender e usar símbolos linguísticos [32], [33].

Esses comprometimentos têm impacto negativo na vida dos indivíduos acometidos pelo AVC, pois, limitam a realização de atividades funcionais, atividades de vida diária (como trabalho doméstico e compras). Tais limitações dificultam a reintegração nas atividades comunitárias, favorecem o aparecimento de depressão e, em síntese, ocasionam déficits no estado de saúde e na QV [34].

2.1.4 Impacto gerado pelo AVC

As sequelas residuais do AVC impactam diretamente a vidas dos indivíduos acometidos incluem: espasticidade; fraqueza muscular; perda sensitiva; confusão; disfagia; perda de visão; alteração das funções cognitivas; surdez unilateral; disartria (dificuldade em dizer as palavras) e déficit funcional [31].

A espasticidade, por exemplo, é uma sequela neurológica importante do AVC que pode aparecer independentemente do hemisfério atingido. É uma condição que afeta bastante a funcionalidade e a QV dos pacientes pós-AVC. Pois a hipertonia e fraqueza muscular culminam no aparecimento de deficiências nas extremidades superiores, diminuindo o funcionamento motor. Além disso, outros problemas também contribuem para prejuízos da função motora, especificamente, pelo surgimento de padrões de recrutamento muscular anormais, rigidez e contratura articular [10], [35]–[37].

É caracterizada pela hiperexcitabilidade do reflexo de estiramento, dependente da velocidade, com exacerbação dos reflexos profundos e aumento do tônus muscular, é também um componente da síndrome do neurônio motor superior [38]. A prevalência da espasticidade em indivíduos pós-AVC pode variar de 30% a 80% dos sobreviventes [39], [40], sendo que a incidência de espasticidade pode atingir uma proporção maior ou menor de pessoas ao longo do tempo..

Os tratamentos mais indicados para diminuição da espasticidade e consequente tentativa de reabilitação dos membros afetados são [41]:

- Não medicamentosos: fisioterapia e órteses;
- Agentes farmacológicos, via oral: Diazepam, Clonazepam, Gabapentin, Baclofen, Tizanidine e Dantrolene;
- Agentes farmacológicos, via injetável: Fenol/álcool e Toxina Botulínica;
- Cirurgia;

Mesmo com uma gama expressiva de tratamentos, vários autores comentam sobre a dificuldade de diminuir os efeitos da espasticidade e reabilitar da função motora dos indivíduos acometidos [14], [15]. A perda de ADM também é um fator que limita funcionalmente o membro comprometido, seja na execução de tarefas simples ou complexas, como cuidados pessoais, alcance de objetos, dentre outros [42], [43]. Tais fatores tem íntima ligação com a eficiência nas atividades de vida diária, com impacto significativo na QV. A perda da ADM está intimamente ligada à fraqueza muscular e à espasticidade, neste sentido na medida em que o indivíduo vai evoluindo nestes aspectos, ele retoma sua amplitude de movimento.

A QV engloba outros fatores que vão além dos aspectos relacionados à funcionalidade motora. De acordo com a OMS, qualidade de vida é “a percepção do indivíduo de sua inserção na vida, no contexto da cultura e sistemas de valores nos quais ele vive e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações”. Estes preceitos envolvem o indivíduo como um todo, englobando o bem estar espiritual, físico, mental, psicológico, emocional, relações sociais e/ou familiares, saúde, educação, habitação, básico e outros aspectos da vida [44].

Neste sentido, devido ao impacto gerado pelas sequelas do AVC, em todos os âmbitos da vida dos indivíduos acometidos, seja nas funções motoras, neurológicas, sensitivas e na satisfação com a vida, é de grande importância que sejam feitas

pesquisas com intuito de propor e averiguar o impacto destes tratamentos em todos os âmbitos da vida de indivíduos pós AVC.

2.1.5 Reabilitação pós-AVC

A recuperação pós AVC é um processo complexo que envolve a combinação de vários procedimentos: avaliação inicial do comprometimento, para identificar as necessidades do paciente; o estabelecimento de metas, ou seja, definição de objetivos realistas e atingíveis de melhoria; tipo intervenção, para auxiliar no alcance das metas; e reavaliação, para avaliar o progresso em relação aos objetivos acordados. Visto que, estes processos são dependentes da aprendizagem, da restauração da funcionalidade do tecido neural danificado, da reorganização das vias neurais e da melhora das habilidades relacionado às suas necessidades, que são processos individuais [45], [46].

Brainin e colaboradores [47] relatam que no período de 6 à 12 meses ocorre um platô na reabilitação funcional pós AVC, estes autores justificam tal afirmação pela fase de adaptação à demanda dos exercícios de reabilitação. No entanto, de acordo com Kandel [48], o sistema sensorio-motor tem habilidade de aprendizado por toda vida, sendo fundamental que haja engajamento na terapia para haver aprendizado, pois o estímulo é essencial para impulsionar o processo de recuperação motora e funcional. Assim, para se oferecer uma terapia que possa melhorar o controle motor e restaurar a função sensorio-motora é necessário que ela seja envolvente, repetitiva, progressivamente adaptada, específica da tarefa e orientada para objetivos [49].

Atualmente os treinamentos mais recomendados são: fisioterapia convencional, terapia ocupacional e terapias medicamentosas [39], [49]. No entanto, tem-se discutido que abordagens convencionais de reabilitação podem não oferecer todas as atividades necessárias uma reabilitação total do MS parético [50]. Outro fator limitante é a complexidade de reabilitação do MS parético, pois a fisioterapia e/ou terapia ocupacional são terapias bastante eficientes no desempenho do membro inferior, entretanto, não tem obtido o mesmo sucesso na recuperação funcional do membro superior [51]. Além disso, este tema é passível de muitas discussões em relação à sua monotonia quando praticada a longo prazo [10], [52].

Neste sentido, pesquisadores estão trabalhando para conseguir oferecer novas terapias, ou conjuntos de terapias, para reabilitar efetivamente o membro superior parético. Alguns métodos são:

- Treinamento robótico: são terapias assistidas por robô para auxílio do paciente durante movimentos diversos do membro parético, com intuito de realizar tarefas específicas como alcance, movimentação de objetos, dentre outros [6], [53].
- *Biofeedback*: é uma técnica que envolve controle de eventos fisiológicos, e retorna as informações correspondentes na forma visual, auditiva ou tátil, objetivando estimular o cérebro [54].

Assim, novas tecnologias estão sendo incorporadas aos processos de recuperação neuromotora, na tentativa de oferecer técnicas e instrumentos que possam promover uma reabilitação efetiva para indivíduos pós AVC. Outra abordagem que tem sido amplamente estudada é a aplicação de terapias com jogos sérios e RV.

2.2 Jogos sérios

Os jogos sérios têm ganhado bastante espaço na área da educação, no treinamento de alto desempenho e na área da reabilitação. Isto ocorre pelo fato destes jogos fornecem um aprendizado profundo e sustentado e, além disso, possuírem a possibilidade de atingir um amplo leque de audiências [55]–[58]. Por definição, o termo jogo sério refere-se a um aplicativo de software ou hardware desenvolvido com princípios de tecnologia e design de jogos para uma finalidade principal que não seja apenas entretenimento [59].

No contexto da reabilitação, os jogos sérios desempenham um papel de grande importância, pois de acordo com vários autores, permitem que os pacientes maximizem suas chances de recuperação [59]–[61]. Entretanto, para serem realmente eficazes, os jogos sérios devem seguir três regras principais, com intuito de despertar o interesse e manter a motivação dos pacientes [62], [63]:

- i. Os exercícios devem ser propostos em ambientes interativos estimulantes, dinâmicos, mutáveis e divertidos. Os autores também citam que os

exercícios devem ser providos de estímulos competitivos, tais como mecanismos específicos ou mecanismos de pontuação.

- ii. Os profissionais que forem aplicar o jogo devem ser capazes de selecionar com calma os exercícios de reabilitação de acordo com as necessidades dos usuários. Visto que, durante todo o processo de reabilitação, o acréscimo de dificuldade é atribuído à manutenção contínua de ganho dos parâmetros do exercício, com relação ao progresso dos pacientes. Além disso, deve-se ter consciência de que cada paciente possui sua individualidade e pode requerer um conjunto único de interações, parâmetros e metas.
- iii. São necessários também mecanismos quantitativos que possam medir o desempenho dos pacientes durante as terapias. Uma vez que, profissionais diferentes podem ter opiniões diferentes sobre os progressos dos pacientes, especialmente quando estes são imperceptíveis aos olhos humanos.

2.2.1 Jogos sérios e realidade virtual no contexto da reabilitação dos membros superiores

Ainda pensando na reabilitação neuromuscular e na motivação do paciente, os jogos sérios aplicados na reabilitação podem ser incrementados se eles forem projetados em ambientes de simulação com realidade virtual (RV). Estes ambientes podem oferecer vários exercícios significativos para o processo de reabilitação, com *feedback* interativo, maximizando desta forma, os processos neuroplásticos via aprendizagem motora e recuperação neuromotora [64]. Estes ambientes virtuais têm o potencial de otimizar a aprendizagem motora ao manipular condições de prática que envolvem explicitamente os mecanismos de aprendizagem motivacionais, cognitivos, de controle motor e de *feedback* sensorial [64], [65]. Sendo assim, a aprendizagem motora também depende muito do ambiente, da intensidade da prática, da motivação, do contexto, do envolvimento emocional e cognitivo em que a prática ocorre, visto que, tais fatores são essenciais à recuperação neuromotora. Desta forma, esses elementos-chave da aprendizagem motora precisam ser incorporados aos paradigmas de reabilitação que visam à recuperação neuromotora, buscando envolver ao máximo os mecanismos neuroplásticos [64], [66], [67].

Alguns pesquisadores estão trabalhando no desenvolvimento de terapias com jogos sérios e RV para reabilitação de membros superiores de pacientes pós AVC. Para saber o que foi e o que está sendo realizado em relação à incorporação dos jogos sérios e RV no contexto de reabilitação dos MSs de pacientes pós AVC, foi feita uma busca nas bases de dados: *IEEE Xplore Digital Library*; *ScienceDirect* e *PubMed*. A string de pesquisa utilizada para a busca nos repositórios foi: *("serious game") AND ("stroke") AND ("virtual reality") AND ("treatment") AND ("upper limb")*. Os trabalhos encontrados serão descritos abaixo.

Terapia do Gesto (*Gesture Therapy*) é um jogo sério com RV que, segundo os autores, pode ser muito eficiente na reabilitação do MS de pacientes pós AVC. No primeiro estudo [68], em 2010, os pesquisadores contaram com a participação de 42 indivíduos pós AVC, divididos aleatoriamente em dois grupos: um grupo controle com 22 pacientes, e um grupo de estudo com 20 pacientes. Ambos os grupos receberam tratamento por 21 sessões, cerca de 60 minutos cada, durante 7 semanas, 3 sessões por semana. O grupo controle recebeu terapia ocupacional convencional, e o outro grupo recebeu terapia com RV. Os resultados mostraram que a terapia do gesto pode apoiar a recuperação motora comparável à terapia ocupacional aos sobreviventes de AVC, mas com maior motivação para jogo, verificada pelo Inventário de Motivação Intrínseca, bem como nos comentários subjetivos dos pacientes.

Um segundo estudo com a terapia do gesto [69], em 2013, objetivou quantificar a ocorrência de estratégias para reorganização neural que ocorrem durante a prática da Terapia Gestual e identificar as estratégias associadas a um melhor prognóstico. Participaram do estudo 8 pacientes, e a ressonância magnética foi coletada em 4 momentos durante a administração da Terapia do Gesto. Foram observadas melhorias comportamentais usando a escala de Fugl-Meyer [70] e Índice de Motricidade [71]. Os locais de ativação encefálica foram anatomicamente rotulados e traduzidos para estratégias de reorganização. Os resultados da pesquisa mostraram melhoras comportamentais significativas. Houve ativação do córtex motor no hemisfério não afetado, com recrutamento cerebelar e ativação compensatória do córtex pré-frontal. Houve também uma correlação forte e significativa entre a destreza motora e a atividade cerebral durante a terapia foi inversamente relacionada às melhorias comportamentais normalizadas. Neste trabalho os autores concluíram que o córtex pré-

frontal e a atividade cerebelar são as forças motrizes da recuperação associada à Terapia Gestual. A relação entre mudanças comportamentais e cerebrais sugere que aqueles com maior comprometimento se beneficiam mais desse paradigma.

Um terceiro estudo [57] de 2014, mostrou o desenvolvimento de uma plataforma virtual para terapia do gesto. Esta plataforma é composta por sistema físico (computador, webcam e controladores), sistema de rastreamento, ambiente simulado, detector de compensação de tronco e módulo de adaptação. Para avaliar a viabilidade da plataforma, 6 pacientes pós AVC participaram do estudo. O número de sessões variou de 1 a 4, e o tempo de jogo foi pré-definido para 3 minutos, podendo ser alterado pelo terapeuta. Com os resultados desta pesquisa os autores concluíram que desenvolveram um controlador projetado especificamente para pacientes pós AVC que não requer o descanso do cotovelo, pode ser usado por pacientes com um grau muito diferente de paresia e permite a preensão. Com este trabalho, os pesquisadores ofereceram um novo sistema de rastreamento monocular em 3D, a partir de uma única *webcam*. Sendo assim, os autores afirmam que com a publicação destes três trabalhos, ficou demonstrada a viabilidade do sistema.

Em 2015, Wittman e colaboradores [18] desenvolveram um jogo sério que modela o braço do paciente em três dimensões, e seleciona os alvos a serem alcançados de acordo com a limitação do voluntário. Participaram de um estudo piloto 5 voluntários com sequelas de AVC, que treinaram por 6 semanas em casa e sem supervisão do terapeuta. A variável avaliada foi a escala de Fugl-Meyer [70], e os resultados mostraram melhora de 5 pontos, indicando que esta é uma proposta viável para terapia domiciliar.

Postolache e seu grupo [19] apresentaram um protótipo de sistema para aliar o trabalho de reabilitação dos MMSS, com análise de equilíbrio, com intuito de oferecer estabilidade ao paciente durante a execução da terapia. Para isto, os pesquisadores desenvolveram um jogo sério que materializa o corpo do participante por meio do sensor Kinect, e o paciente deve executar o jogo em cima da plataforma de força. Para melhor adequação da terapia, o terapeuta deve configurar o jogo de forma individualizada. Participaram dos testes do sistema 2 indivíduos hígidos. Neste trabalho os autores concluíram que o sistema apresentado demonstrou resultados satisfatórios em

relação ao alto nível de integração dos sistemas (plataforma de força e a interface natural do usuário associada à interação de RV) em tempo real.

Sen e colaboradores [72] desenvolveram um jogo sério baseado em RV utilizando o equipamento Kinect como sensor de movimento, o jogo tem o nome de Durian Runtuh. Ele consiste em quatro rotinas de exercícios para treinar o equilíbrio do corpo do paciente e o comprometimento dos membros. Para testar a aplicabilidade do jogo participaram da pesquisa 3 indivíduos hígidos. Os testes consistiram em 6 sessões, com duração de 36 minutos por sessão. Para avaliar a terapia os pesquisadores utilizaram a escala de Fugl-Meyer [70] e a Escala de Avaliação Postural [73]. Como conclusão, os autores relataram que o algoritmo usado para capturar a amplitude de movimento precisa ser redesenhado. Além disso, é necessário que seja conduzido um ensaio clínico para validar a relação entre as variáveis cinemáticas e o escore da escala de avaliação convencional.

Em 2016, Saposnik e colaboradores [24] utilizaram RV não imersiva para comparar a segurança e eficácia da RV (Nintendo Wii) com a terapia recreativa (jogos diversos como baralho, dentre outros) na recuperação motora em pacientes após um AVCi agudo. Foram realizadas 10 sessões, com duração de 60 minutos cada, por um período de duas semanas. O estudo contou com a participação de 121 pacientes, sendo que 59 receberam terapia com RV e Nintendo Wii, e 62 receberam atividade recreativa. Os participantes foram avaliados pela *Wolf Motor Function Test* [74]. Os resultados mostraram que a terapia com RV não foi superior à intervenção com atividade recreativa na melhora da função motora. Os autores sugerem que o tipo de tarefa usada na reabilitação motora após AVC pode ser menos relevante, porém, deve ser intensiva o suficiente e específica para cada tarefa. Atividades recreativas simples, de baixo custo são amplamente disponíveis e podem ser tão eficazes quanto as tecnologias inovadoras de realidade virtual não imersiva para esta amostra.

House e colaboradores [23] promoveram o primeiro torneio de reabilitação entre equipes de residentes em casa de saúde com acidente vascular cerebral. Neste estudo é utilizado o sistema de RV *BrightArm™ Duo* (*Bright Cloud International Corp., Highland Park, NJ*). Este sistema disponibiliza dois braços robóticos para interação com jogos sérios. Participaram do estudo 7 pacientes pós AVC, no período crônico. Este é um estudo longitudinal, que consistiu no oferecimento de um

treinamento intensivo inicial de 8 semanas, seguido por dois períodos de reforço e um torneio. Cada reforço durou 2 semanas (com duas sessões por semana), e os reforços foram intercalados por 8 semanas sem Terapia *BrightArm*. Os participantes jogaram de 45 a 50 minutos de forma independente durante os dois primeiros períodos de reforço. Durante o período do torneio, as sessões tiveram duração de 30 minutos. Para avaliar a eficiência da terapia os autores utilizaram a Escala de Fugl–Meyer, *Chedoke Arm and Hand Activity Inventory* [75], ADM, e avaliações cognitivas por *Beck Depression Inventory* [76] e *Trail Making Test* [77]. Os resultados da pesquisa mostraram melhora na amplitude de movimento, e houve melhora no tempo para conclusão das atividades com o trabalho em equipe. No entanto, não houveram mudanças na função da mão e do braço afetados, nem influência nos níveis de depressão.

Em 2017, Funabashi e colaboradores [20], desenvolveram um jogo sério com RV chamado AGaR (*Association Game for Rehabilitation*). De acordo com os autores o jogo usa a comunicação afetiva para reconhecer o estado emocional e o engajamento dos pacientes; e permite personalizações individuais. Participaram do estudo 4 indivíduos com sequelas de AVC, que realizaram uma sessão de pré-treinamento e uma sessão de treinamento. Os resultados mostraram uma melhora no movimento dos membros superiores para alguns participantes. No entanto, anunciaram que para se obter evidências mais concretas é necessário um maior número de sessões, assim como um maior número de pacientes.

Carregosa e colaboradores [25] desenvolveram um trabalho utilizando tecnologias já existentes (console Nintendo Wii e jogos já existentes). Participaram do estudo cinco pacientes hemiplégicos, foram disponibilizadas 16 sessões, com duração de 50 minutos. Os pesquisadores ofereceram também um alongamento prévio à execução do jogo com duração de 10 minutos. Para avaliar o impacto da terapia foram utilizadas as escalas Fulg-Meyer [70] e *Short Form Health Survey 36 (SF-36)* [78]. Os resultados da pesquisa para os dois parâmetros avaliados foram mantidos, indicando uma possível manutenção dos efeitos terapêuticos, que para os pesquisadores foi um resultado positivo, visto que os participantes não pioraram o quadro.

Outro trabalho desenvolvido em 2018 por Saurav e colaboradores [21] teve como objetivo projetar uma interface baseada em RV para execução de tarefas motoras finas e grossas, projetar uma luva de dados, com 8 sensores inerciais e 6 vibradores, e

conduzir um estudo de usabilidade deste sistema integrado. Participaram do estudo 6 indivíduos hígidos e 2 pós-AVC, o tempo de duração do experimento foi de aproximadamente 25 minutos. Para avaliar a eficiência da terapia, os pesquisadores analisaram dados relacionados à ADM; à suavidade na trajetória de movimento da mão; desempenho na atividade motora fina (cálculo do ângulo de flexão na articulação metacarpofalângica de cada dedo). Os resultados da aplicação foram promissores, no entanto, o estudo apontou limitações como o número de participantes e de sessões reduzidos.

O trabalho de Lee e colaboradores [79] (2019) usou um programa de reabilitação totalmente imersivo com óculos Rift® e HTC Vive®. Participaram do estudo 12 indivíduos com fraqueza nos membros superiores, no entanto, somente 9 completaram todas as sessões. Cinco tarefas foram implementadas em um ambiente virtual compreendendo atividades de martelar, pegar bola, derramar o líquido de um copo, tocar bolha e tocar um xilofone. Os participantes realizaram um total de 10 sessões com 30 minutos de duração cada, duas a três vezes por semana. Eles foram avaliados pelo Teste da Ação da Extremidade Superior [80], *Box and Block Test* [81] e índice de Barthel modificado [82], antes e após a intervenção, foi avaliada também a usabilidade do sistema via questionário. Os resultados da pesquisa foram significativos para todos os instrumentos de avaliação citados acima, demonstrando desta forma, melhora funcional significativa dos MMSS.

Warland e colaboradores [83] buscaram estabelecer a viabilidade, a aceitabilidade e a eficácia preliminar de uma versão adaptada de um sistema de jogos de RV disponível comercialmente. Participaram do estudo 12 voluntários sobreviventes de AVC. Foram oferecidas ao todo nove sessões, com duração de 40 minutos cada. Para avaliar a terapia foi utilizado um questionário utilizando a Escala de Likert [84], Escala de BORG [85], Escala de Fugl-Meyer [70], Ação da Extremidade Superior [80], *Motor Activity Log* [86], e o Índice Subjetivo de Resultado Físico e Social. Como resultado os autores observaram que o sistema é viável e aceitável para reabilitação de membros superiores pós AVC, além disso, os autores relatam que para garantir a viabilidade de uso e manutenção de um nível apropriado de desafio, as tecnologias de jogos devem ser personalizadas. Outro ponto relatado pelos autores é a importância de oferecer terapias

que ofereçam sistema com liberdade de movimento para as mãos, para que isto não seja uma limitação do sistema para pacientes com comprometimentos mais severos.

Trombetta e colaboradores [22] apresentaram um jogo sério em 3D para reabilitação, o jogo tem o nome de *Motion Rehab AVE 3D*. O jogo foi desenvolvido no ambiente *Unity*, o dispositivo de entrada é o sensor de movimento Kinect e os dispositivos de exibição o *Smart TV 3D* e o Óculos Rift®. O jogo contempla seis atividades considerando exercícios em um espaço tridimensional: flexão, abdução, adução do ombro, adução horizontal do ombro e abdução, extensão do cotovelo, extensão do punho, flexão do joelho e flexão e abdução do quadril. Participaram do experimento 10 voluntários hígidos, e as tarefas foram divididas pela tecnologia na qual o jogo era disponibilizado. Participantes usando os óculos Rift®, na primeira experiência, e interagindo com a TV na segunda; participantes interagindo com a TV, na primeira experiência e com óculos Rift® na segunda. As tarefas foram realizadas em 30 segundos, com intervalo de dois minutos para descanso entre o uso de cada equipamento. Para avaliar o impacto do jogo foi utilizado o questionário Brum e Rieder [87], e a Escala Likert [84]. De acordo com os pesquisadores, os resultados demonstraram que para todos os participantes o processo de interação com o jogo foi interessante, apresentando boa aceitação.

Young-Bin e colaboradores [88] buscaram investigar a eficácia do treinamento com instrumentos reais em ambiente de RV. Participaram da pesquisa 31 voluntários com sequela de AVC, divididos em grupo experimental que realizou o treinamento real combinado com instrumento RV e o grupo controle que realizou terapia ocupacional convencional. Ao todo foram disponibilizadas 18 sessões de 30 minutos. As variáveis avaliadas foram: Teste Muscular Manual [89], EMA [90], escala de Fugl-Meyer [70], força de prensão manual, *Box and Block Test* [81], Teste 9-Hole Peg (9-HPT) [91], Mini exame do Estado Mental Coreano [92] e Avaliação Cognitiva Coreano-Montreal [93]. Os resultados da pesquisa mostraram que o grupo experimental apresentou maiores efeitos terapêuticos na potência motora de extensão do punho, diminuição da espasticidade do cotovelo e extensão do punho.

Os artigos expostos acima confirmaram que o método de reabilitação utilizando jogos sérios e RV para recuperação dos membros superiores de pacientes pós AVC é uma estratégia eficiente. A síntese contendo as principais características

encontradas nos trabalhos correlatos pode ser visualizada na Tabela 1. Aspectos como a quantidade de participantes da pesquisa, instrumentos utilizados para execução dos estudos, as ferramentas para avaliação dos dados, os principais resultados, conclusões podem visualizados no Apêndice, neste arquivo também é possível verificar as observações feitas pelos autores desta pesquisa.

Os nossos pontos de concordância com as pesquisas relatadas são a possibilidade e necessidade de individualizar a terapia [57], [83], [94], para aumentar sua efetividade. O tipo de controle para captura dos movimentos, com utilização de sistemas de mãos livres para que a terapia possa ser aplicada a qualquer paciente, independente da severidade da sequela [18], [20], [72], [83]. Outro ponto de acordo é a necessidade de desenvolver jogos que sejam pensados nas debilitadas e na melhor forma de reabilitar uma amostra específica, como indivíduos pós AVC, visto que alguns os trabalhos já publicados sobre o assunto que utilizam de jogos prontos, adaptando os mesmos às necessidade dos pacientes [69], [76], não obtiveram grande sucesso.

As formas de avaliação das terapias também foram analisadas. Mesmo a espasticidade sendo uma das sequelas que mais inabilitam a performance do MS [10], [35]–[37], ela foi medida somente em um dos trabalhos encontrados [88]. Como medidas de avaliação encontramos uma prevalência de escalas, como a Escala de Fulg-Meyer [18], [23], [25], [68], [69], [83], [88], a ADM foi mensurada em dois trabalhos [21], [23], medidas relacionadas à QV foram vistas somente em um trabalho [25]. Por ser um ramo relativamente novo, pôde-se observar ainda uma escassez de trabalhos que foram além de testes pilotos. No entanto, por ser uma terapia que vem demonstrando eficiência na área de reabilitação, já existem várias propostas de jogos, desenvolvidas em países diferentes, utilizando tipos diferentes de sensores, com resultados positivos para reabilitação de MSs de indivíduos pós AVC, mostrando o interesse mundial no assunto [20]–[22], [25].

Tabela 1: Características gerais dos trabalhos correlatos.

Características Gerais	Autores
Estudos com grupo experimental e controle	L. E. Sucar et al. [69], 2010; Saposnik et al. [26], 2016; Young-Bin et al. [89], 2019
Estudos piloto	Wittman et al. [20], 2015; Postolache et al. [21], 2015; Funabashi et al. [22], 2017; Saurav et al. [23], 2018; Trombetta et al. [24], 2019; Carregosa et al. [27], 2018
Estudos envolvendo participantes pós AVC	L. E. Sucar et al. [69], 2010; F. Orihuela-Espina et al [70], 2013; L. E. Sucar et al. [59], 2014; Wittman et al. [20], 2015; Saposnik et al. [26], 2016; House et al. [25], 2016; Funabashi et al. [22], 2017; Carregosa et al. [27], 2018; Saurav et al. [23], 2018; Lee et al. [80], (2019); Warland et al. [84], 2019; Young-Bin et al. [89], 2019
Sensores de mãos livres	Wittman <i>et al.</i> [20], 2015; Sen et al. [73]; Funabashi et al. [22], 2017; Warland et al. [84], 2019;
Dispositivos com plataformas multimodais	L. E. Sucar et al. [59], 2014; Postolache et al. [21], 2015; Young-Bin et al. [89], 2019.
Indicação de terapias individualizadas	Postolache 2017 [56]; Funabashi 2017 [20]; Warland 2019 [83].
Estudos com mais de 8 sessões de terapia	L. E. Sucar et al. [69], 2010; F. Orihuela-Espina et al [70], 2013; Wittman et al. [20], 2015; Saposnik et al. [26], 2016; House et al. [25], 2016; Carregosa et al. [27], 2018; Lee et al. [80], (2019); Warland et al. [84], 2019; Young-Bin et al. [89], 2019.
Utilizaram de escalas para avaliação funcional	L. E. Sucar <i>et al.</i> [69], 2010; F. Orihuela-Espina et al [70], 2013; Wittman et al. [20], 2015; Saposnik et al. [26], 2016; House et al. [25], 2016; Carregosa et al. [27], 2018; Lee et al. [80], (2019); Warland et al. [84], 2019; Young-Bin et al. [89], 2019.
Utilização de dispositivos quantitativos para avaliação funcional (ADM)	Sen <i>et al.</i> [73], 2015; House et al. [25], 2016; Saurav et al. [23], 2018;
Avaliação de Qualidade de Vida	Carregosa <i>et al.</i> [27], 2018

2.3 Considerações Finais

A fundamentação teórica apresentada neste Capítulo serviu como base e motivação das abordagens utilizadas neste trabalho. As pesquisas relacionadas ao assunto mostraram o impacto negativo que o AVC desencadeia na vida dos indivíduos que foram acometidos e nas vidas de seus familiares. No entanto, foi possível observar também a preocupação do meio científico em disponibilizar terapias inovadoras que possam reabilitar efetivamente estes indivíduos, fato que também foi nossa preocupação durante todo o processo de construção deste trabalho.

Capítulo 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os participantes do estudo, os critérios de elegibilidade necessários para participação, o jogo sério utilizado, as ferramentas e técnicas utilizadas para construção do protocolo terapêutico, a forma de aplicação da terapia, os procedimentos de coleta dos dados e os métodos adotados para análise dos dados.

3.1 Participantes do estudo

Esta pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Uberlândia, no campus Santa Mônica (UFU) e na APARU (Associação dos Paraplégicos de Uberlândia). Todos os pacientes tiveram conhecimento dos procedimentos do estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética de número CAAE: 10252513.2.0000.5152.

Este estudo obteve notoriedade e interesse da comunidade, pois foi amplamente divulgado pelos meios de comunicação, principais canais abertos de televisão do país [95], [96], internet [97], rádio e jornais impressos. Todos os interessados em participar foram encaminhados à Universidade Federal de Uberlândia, no Núcleo de Tecnologia Assistiva (NTA), ou à APARU. No entanto, para participar da pesquisa, os voluntários deveriam atender todos os critérios de elegibilidade listados abaixo:

- Ter sofrido AVC com acometimento nos hemisférios cerebrais direito e/ou esquerdo, documentado por tomografia computadorizada ou ressonância magnética.
- Possuir sinais clínicos de hemiparesia com comprometimento de membro superior.
- Ter tido o AVC há mais de um ano.

- Apresentar espasticidade de flexores do cotovelo ($EMA\ 1 \leq x \leq 3$).
- Estar nos estágios III ou IV de *BRS*.
- Ser capaz de entender e executar o jogo.
- Não apresentar doenças musculoesqueléticas ou neurodegenerativas associadas.
- Não fazer uso de medicamentos com influência no tônus muscular há 6 meses (no mínimo) ou no estado de vigília.
- Apresentar-se clinicamente estável.
- Ter lido, concordado e assinado o termo de consentimento livre e esclarecido.

No total 45 voluntários foram encaminhados para uma triagem baseada no atendimento dos critérios de elegibilidade, onde 31 não conseguiram cumprir todos os critérios e 4 desistiram da pesquisa por motivos diversos. Desta forma, o estudo contou com a participação de 10 voluntários.

Ao serem incluídos na pesquisa, os participantes foram orientados a não interromperem qualquer tratamento fisioterapêutico no qual estivessem inseridos, visto que, o tratamento oferecido nesta pesquisa seria um auxílio à fisioterapia convencional, e não uma substituição da terapia.

3.2 Jogos Sérios

Ao iniciar este trabalho fizemos uma busca por diversos jogos que pudessem ser de fácil interação, utilização e entendimento, para motivar a participação dos indivíduos e promover uma reabilitação realmente eficiente para os MMSS de indivíduos pós AVC. Para tal fizemos uma pré-seleção de jogos comercialmente existentes do console Xbox 360, e iniciamos os testes pilotos em indivíduos pós-AVC com os jogos: *Kinect Sports Rival*, *Kinect Sports*, *Just Dance* e *Kinect Adventures*, adaptando-os aos movimentos necessários para reabilitação do MS parético. No entanto, percebemos que para praticar tais jogos era necessário que os participantes se mantivessem na postura de pé, o que era um problema para nós, visto que manterem-se de pé por um período prolongado não era um critério de elegibilidade da pesquisa. Percebemos também que os jogos já existentes comercialmente mantinham a motivação de indivíduos mais jovens, sendo que, indivíduos mais idosos, muitas vezes, se negaram a fazerem os testes pilotos. Além disso, percebemos que alguns autores que desenvolveram trabalhos com

jogos já existentes comercialmente, não obtiveram tanto êxito com suas adaptações, o que nos manteve a procura do jogo sério ideal para este tipo de reabilitação e para esta população.

Assim, devido a parceria entre o NTA e o Laboratório de Computação Gráfica da UFU, foi possível tomar conhecimento que havia jogo sério e RV que já se encontrava em construção (no Laboratório de Computação Gráfica). No entanto, como o jogo ainda estava em desenvolvimento, foi possível testá-lo e realizar adequações necessárias para este trabalho, o que nos possibilitou perceber que este jogo sério poderia ser promissor para este tipo de reabilitação por diversos motivos:

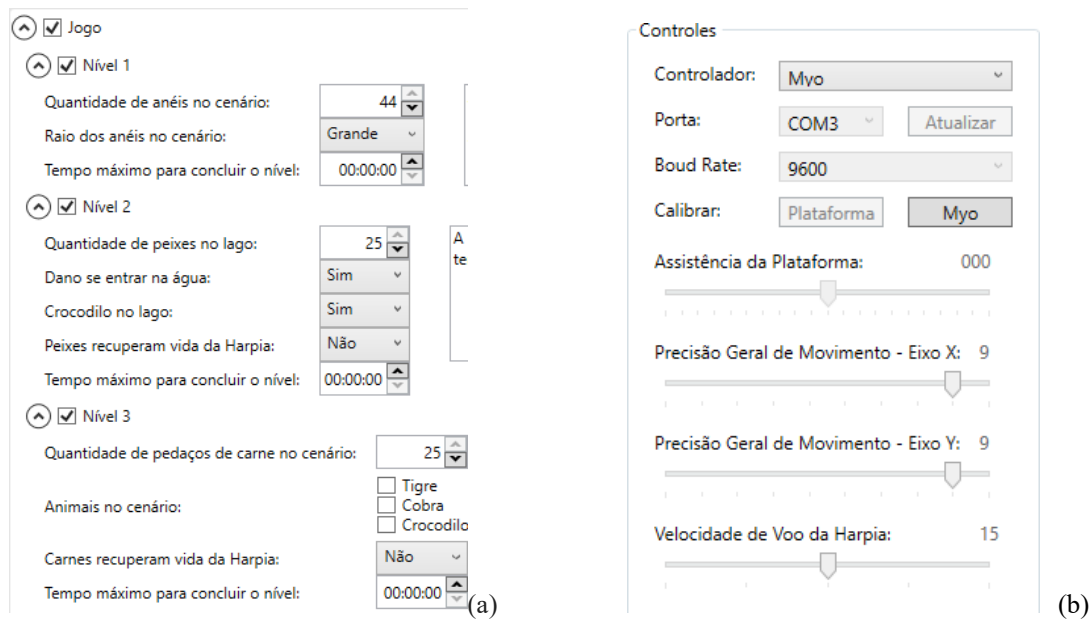
- Liberdade para configuração das tarefas, possibilitando individualização da terapia (painel de controle).
- Liberdade de execução dos movimentos (sem limitar pelo grau de sequela e promover movimentos em todos os eixos).
- Trabalho intenso do membro comprometido.
- Cenário do jogo favorável para engajamento de adultos e/ou idosos (testes pilotos).

3.2.1 Harpy Game

O jogo foi denominado de *Harpy Game* e sua construção pode ser observada nos trabalhos de Cyrino e Souza [98], [99]. Foi desenvolvido em um ambiente 3D, os scripts foram feitos usando o software *Unreal Engine 4* [100] e os modelos do jogo foram feitos usando o software *Blender 3D* [101]. Para jogar o *Harpy Game* é necessário que o usuário controle o movimento de uma harpia no cenário de RV, onde o pássaro está em voo livre, movendo-se permanentemente para a frente. Para movimentar a harpia nos eixos cima-baixo e esquerda-direita, utilizou-se o dispositivo vestível *Myo* [102], um bracelete dotado de um sensor inercial que permite medir o deslocamento do membro do paciente possibilitando acompanhar a reeducação motora e funcional do seu MS.

O painel de controle do jogo é totalmente configurável e intuitivo para profissionais de saúde (Figura 1(a)(b)).

Figura 1(a)(b): Interfaces do painel de controle do jogo.



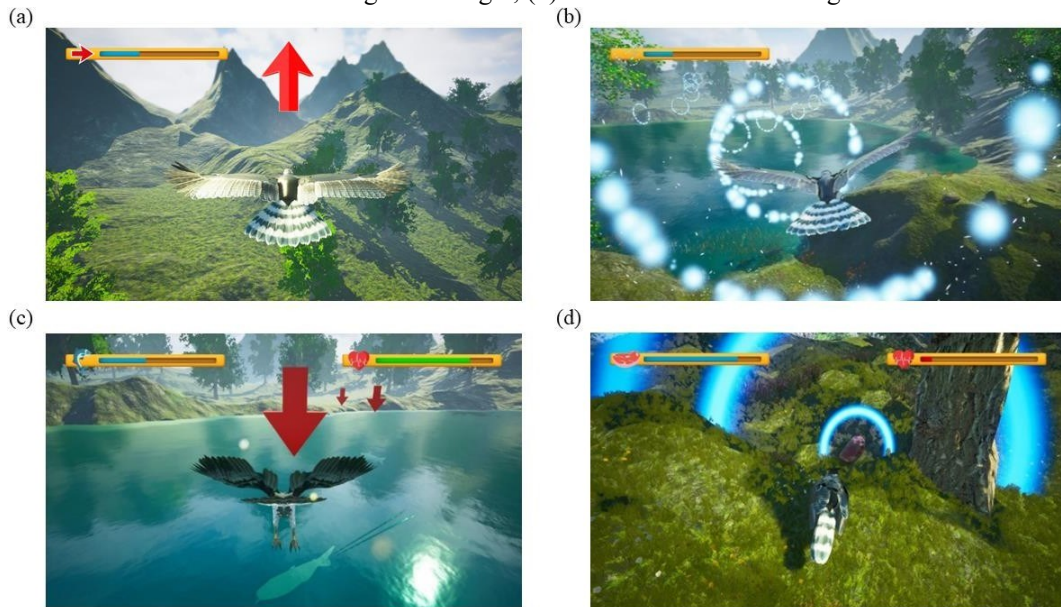
Fonte: Cyrino, 2019 [99].

É possível cadastrar o usuário e configurar alguns parâmetros do jogo de forma individualizada. Os parâmetros que podem ser modificados são:

- Número de fases do jogo que podem ser disponibilizadas.
- Prazo para execução de cada nível.
- Forma dos desafios: tamanho dos objetos, número de objetos no cenário, se há dano ou não, se há recuperação de vida ou não.
- Velocidade da harpia (deslocamento da harpia em relação ao cenário).
- Precisão do movimento (deslocamento da harpia em relação à rotação no próprio eixo).

O jogo Harpy Game consiste em uma fase de treinamento e três fases do jogo com diferentes desafios (Figura 2). Na fase de treinamento (Figura 2(a)) o usuário deve movimentar o braço na direção indicada pela flecha vermelha, sendo que na medida que o usuário atinge o objetivo a seta se torna verde. Na primeira fase do jogo (Figura 2(b)) o indivíduo deve passar no centro do anel. Na segunda fase do jogo (Figura 2(c)) o indivíduo deve pescar 5 peixes. Na terceira fase do jogo (Figura 2(d)) o indivíduo deve passar caçar carnes espalhadas pelo ambiente do jogo.

Figura 2: (a) interface de estágio de treino; (b) Vista superior da interface do primeiro estágio; (c) interface do segundo estágio; (d) interface do terceiro estágio.



Fonte: Cyrino e Souza, 2019 [98], [99].

O jogo também disponibiliza a presença de predadores que interagem com a harpia durante a execução do jogo. Estes predadores têm função (caso configurado desta forma) de dificultar o cumprimento das metas nas fases 2 e 3 do jogo. Os predadores podem ser visualizados na Figura 3.

Figura 3: Predadores na fase 3. (a) Tigre; (b) Crocodilo; (c) Cobra.



Fonte: Cyrino e Souza, 2019 [98], [99]

3.3 Protocolo de reabilitação com o *Harpy Game*

O *Harpy Game* oferece originalmente o mesmo estímulo e liberdade de movimento independentemente da capacidade motora do jogador. Desta maneira, como a resposta motora depende de características individuais e funcionais, o protocolo de tratamento do *Harpy Game* foi desenhado em alinhamento com os estágios de recuperação neurológica proposto por Brunnstrom [16] e as sequências básicas de atividades que facilitam a reeducação motora e funcional do MS nestes estágios. Como visto nos critérios de elegibilidade, todos os participantes do estudo estão nos estágios III ou IV do BRS, e sabe-se que as habilidades motoras são diferentes dependendo destes estágios. Assim, para os participantes do Estágio III (que estão em uma fase com maior comprometimento motor), o jogo estimula movimentos desviados de sinergias básicas para favorecer a independência da função muscular. Para os participantes do Estágio IV (se encontram com menor grau de comprometimento motor), embora ainda apresentem espasticidade, eles já conseguem realizar movimentos que se desviam das sinergias, podem ser estimulados a realizar uma maior gama de movimento, com maior amplitude.

Sendo assim, para que o jogo permanecesse estimulante e eficiente, o protocolo de tratamento propôs as mesmas atividades para todos os participantes, no entanto, os parâmetros que regulavam os requisitos para cumprimento das tarefas foram individualizados. Neste sentido, as configurações do jogo seguiam um conjunto pré-estabelecido de atividades que correspondem às capacidades individuais. As configurações que poderiam ser alteradas foram:

- (i) Tempo: Neste parâmetro, é possível determinar o número máximo de minutos que o estágio deve ser concluído.
- (ii) Tamanho do objeto: pode ser grande, médio ou pequeno, onde objetos grandes exigem menos precisão no movimento para alcançar o alvo.
- (iii) Velocidade: relacionado ao movimento da harpia no cenário.
- (iv) Objetos para capturar: quanto maior o número de objetos no cenário, maior o esforço.
- (v) Danos: se a harpia perde saúde ou não.

- (vi) Precisão: relacionada à rotação da harpia no próprio eixo, onde quanto maior a precisão, mais fácil ele gira.
- (vii) Recuperação de saúde: se a harpia poderia recuperar saúde.

3.3.1 Protocolo e níveis de dificuldade

Para construir uma sequência de procedimentos a serem realizados para este tratamento, testes piloto foram realizados com dois voluntários hígidos e três voluntários com lesão neurológica causada por AVC. Com esses testes, foi possível iniciar a adaptação do jogo ao público que participaria da pesquisa, além de apoiar a construção do protocolo de execução e evolução da terapia. O protocolo da terapia se baseou em 10 níveis de dificuldade:

(i) D1:

- Tempo de execução: neste nível de dificuldade, foi proposto um total de 30 minutos, divididos em 10 minutos (tempo máximo para finalização de cada estágio). Como a proposta do tratamento era oferecer de 30 a 45 minutos de terapia (tempo médio dos trabalhos correlatos [23], [25], [69], [72], [83], [88], [103]) com atividade intensa do MS parético, foi necessário adequar este nível de dificuldade ao tempo mínimo coleta para evitar a fadiga do membro e não desmotivar o participante. Este parâmetro foi utilizado como uma medida importante para aumentar ou manter o nível de dificuldade.
- Tamanho dos objetos: era possível ajustar este parâmetro somente no primeiro estágio do jogo (Figura 1 (b)). Neste nível de dificuldade, o aro no qual os participantes deveriam direcionar a harpia era o maior possível em relação ao que o jogo oferecia (grande), para melhor assimilação dos desafios e adequação dos movimentos do braço parético.
- Velocidade: durante os pilotos do trabalho, percebemos que este parâmetro influenciava muito na performance dos participantes. Quanto mais rápido a ave se movia, mais habilidade o participante deveria ter para cumprir os desafios. Este parâmetro é uma unidade do jogo, que pode ser alterada no jogo com valores de 5, 10, 15, 20 ou 25. Nos pilotos foi possível observar

que 5 era muito lento e acabava desestimulando os participantes, portanto, o menor valor de velocidade adotado por este trabalho foi 10.

- Quantidade de objetos para capturar no cenário: este parâmetro era passível de configuração somente no estágio E1. Como D1 é o nível inicial e quanto mais objetos no cenário, maior a dificuldade, optamos por disponibilizar 22 anéis no cenário, 5 peixes, e 5 carnes.
- Danos: nos estágios E2 e E3, era possível configurar se a ave poderia sofrer algum dano caso ficasse muito tempo submerso no lago, ou se tocasse em algum predador presente no cenário. Neste nível de dificuldade, optamos por haver dano, na tentativa de estimular os participantes.
- Precisão: este parâmetro, assim como a velocidade, é um parâmetro medido por unidade do jogo. Ele poderia ser configurado de 1 a 10. Neste nível de dificuldade optamos por configurar a precisão em 9, para que o jogo pudesse ser executado pelos participantes da pesquisa, independentemente do comprometimento relacionado à ADM.
- Recuperação da saúde: este parâmetro foi disponibilizado nos estágios E2 e E3. Na medida em que os participantes iam cumprindo os desafios, eles recebiam como “prêmio”, a recuperação da sua vida no jogo, ou permanência naquele estágio. Este parâmetro foi configurado como Sim, neste nível de dificuldade.

(ii) D2:

- Tempo de execução: neste nível de dificuldade, foi proposto um total de 40 minutos, divididos em 15 minutos no E1, 10 minutos no E2 e 15 minutos no E3.
- Tamanho dos objetos: neste nível de dificuldade o tamanho dos objetos no estágio E1 ainda era grande.
- Velocidade: neste nível de dificuldade a velocidade do jogo foi aumentada para 15.
- Quantidade de objetos para capturar no cenário: neste nível foi configurado para 33 no E1, 5,5.
- Danos: sim.

- Precisão: neste nível a precisão foi diminuída para 8.
- Recuperação da saúde: sim.

(iii) D3:

- Tempo de execução: neste nível de dificuldade, foi proposto um total de 45 minutos, divididos em 20 minutos no E1, 10 minutos no E2 e 15 minutos no E3.
- Tamanho dos objetos: neste nível de dificuldade o tamanho dos objetos no estágio E1 ainda era grande.
- Velocidade: neste nível de dificuldade a velocidade do jogo foi aumentada para 20.
- Quantidade de objetos para capturar no cenário: 44, 5,5.
- Danos: sim.
- Precisão: neste nível a precisão foi diminuída para 7.
- Recuperação da saúde: não.

(iv) D4:

- Tempo de execução: 45 minutos, divididos em 20 minutos no E1, 10 minutos no E2 e 15 minutos no E3.
- Tamanho dos objetos: grande.
- Velocidade: 25.
- Quantidade de objetos para capturar no cenário: 44, 5,5.
- Danos: sim.
- Precisão: neste nível a precisão foi aumentada para 9.
- Recuperação da saúde: não.

(v) D5:

- Tempo de execução: 45 minutos, divididos em 20 minutos no E1, 10 minutos no E2 e 15 minutos no E3.
- Tamanho dos objetos: médio.
- Velocidade: foi diminuída para 10, para oferecer melhor adaptação ao tamanho dos anéis no cenário.

- Quantidade de objetos para capturar no cenário: 44, 5,5.
- Danos: sim.
- Precisão: neste nível a precisão foi diminuída para 9.
- Recuperação da saúde: não.

(vi) D6:

- Tempo de execução: 35 minutos, divididos em 20 minutos no E1, 5 minutos no E2 e 10 minutos no E3.
- Tamanho dos objetos: médio.
- Velocidade: aumentada para 15.
- Quantidade de objetos para capturar no cenário: 44, 5,5.
- Danos: sim.
- Precisão: 8.
- Recuperação da saúde: não.

(vii) D7:

- Tempo de execução: 45 minutos, divididos em 30 minutos no E1, 5 minutos no E2 e 10 minutos no E3.
- Tamanho dos objetos: médio.
- Velocidade: 20.
- Quantidade de objetos para capturar no cenário: 44, 5,5.
- Danos: sim.
- Precisão: diminuída para 7.
- Recuperação da saúde: Não.

(viii) D8:

- Tempo de execução: 35 minutos, 20 minutos no E1, 5 minutos no E2 e 10 minutos no E3.
- Tamanho dos objetos: médio.
- Velocidade: 25.
- Quantidade de objetos para capturar no cenário: 44, 5,5.
- Danos: sim.

- Precisão: 6.
- Recuperação da saúde: não.

(ix) D9:

- Tempo de execução: 35 minutos, 20 minutos no E1, 5 minutos no E2 e 10 minutos no E3.
- Tamanho dos objetos: pequeno.
- Velocidade: 10.
- Quantidade de objetos para capturar no cenário: 44, 5,5.
- Danos: sim.
- Precisão: 9.
- Recuperação da saúde: não.

(x) D10:

- Tempo de execução: 30 minutos, divididos em 15 minutos no E1, 5 minutos no E2 e 10 minutos no E3.
- Tamanho dos objetos: pequeno
- Velocidade: 15.
- Quantidade de objetos para capturar no cenário: 44, 5,5.
- Danos: sim.
- Precisão: neste nível a precisão foi diminuída para 8.
- Recuperação da saúde: não.

Todos os participantes da pesquisa iniciaram no nível D1. Nas tabelas 2 e 3 é possível visualizar a síntese do protocolo proposto.

Tabela 2: Protocolo para aumentar o nível de dificuldade do *Harpy Game*, de D1 a D5.

Variáveis	Parâmetros	Níveis	D1	D2	D3	D4	D5
Tempo (minutos)	0-30	E1	10	15	20	20	20
	0-30	E2	10	10	10	10	10
	0-30	E3	10	15	15	15	15
Tamanho dos objetos (G/M/P)	Grande						
	Médio	E1	G	G	G	G	M
	Pequeno						
Velocidade $V_{N+1}=2xV_N$	V1						
	V2						
	V3	E1					
	V4	E2	V2	V3	V4	V5	V2
	V5	E3					
Objetos para capturar	44/33/22	E1	22	33	44	44	44
	5	E2	5	5	5	5	5
	5	E3	5	5	5	5	5
Dano	Sim/Não	E2	S	S	S	S	S
(S/N)	Sim/Não	E3	S	S	S	S	S
Precisão		E1					
	0-10	E2	9	8	7	6	9
		E3					
Recuperação dos danos (S/N)	Sim/Não	E2	S	S	N	N	N
	Sim/Não	E3	S	S	N	N	N

Tabela 3: Protocolo para aumentar o nível de dificuldade do Harpy Game, de D6 to D10.

Variáveis	Parâmetros	Níveis	D6	D7	D8	D9	D10
Tempo (minutos)	0-30	E1	20	30	25	20	15
	0-30	E2	5	5	5	5	5
	0-30	E3	10	10	10	10	10
Tamanho dos objetos (G/M/P)	Grande						
	Médio	E1	M	M	M	P	P
	Pequeno						
Velocidade $V_{N+1}=2xV_N$	V1						
	V2						
	V3	E1					
	V4	E2	V3	V4	V5	V2	V3
	V5	E3					
Objetos para capturar	44/33/22	E1	44	44	44	44	44
	5	E2	5	5	5	5	5
	5	E3	5	5	5	5	5
Dano	Sim/Não	E2	S	S	S	S	S
(S/N)	Sim/Não	E3	S	S	S	S	S
Precisão		E1					
	0-10	E2	8	7	6	9	8
		E3					
Recuperação dos danos (S/N)	Sim/Não	E2	N	N	N	N	N
	Sim/Não	E3	N	N	N	N	N

Para individualizar a terapia de uma maneira significativa, motivadora e eficiente para os participantes da pesquisa, para a progressão dos níveis de dificuldade, foi necessário observar alguns sinais e reações dos participantes:

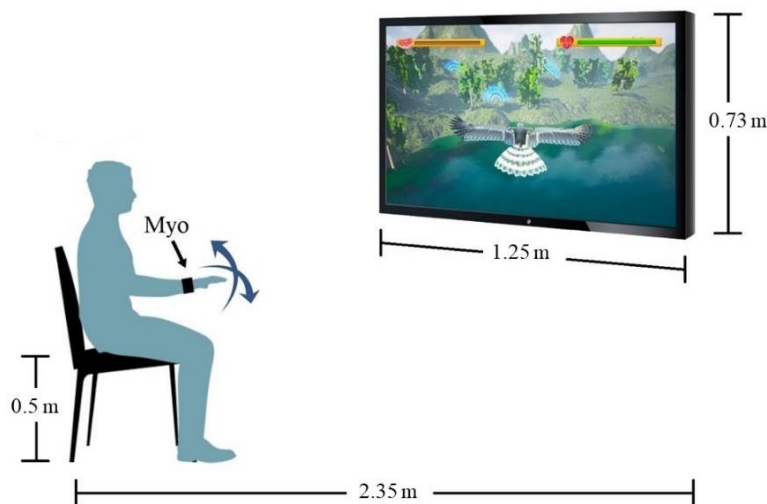
- (i) O estado do participante ao terminar o jogo, se ele estava muito cansado ou não.
- (ii) Sua percepção sobre seu desempenho durante e ao término da terapia.

- (iii) Se os desafios propostos foram cumpridos antes do tempo estipulado para finalização de cada estágio do jogo.

Assim, para haver qualquer mudança de nível de dificuldade, era necessário que o participante não estivesse muito cansado, sentisse que cumpriu os desafios com relativa facilidade e tivesse conseguido cumpri-los antes do tempo estipulado. Tais medidas foram adotadas para manter os efeitos da terapia, com ganho contínuo de habilidades motoras, visto que, o ganho da função neuromotora é o principal objetivo desta pesquisa, e não o ganho ou aprendizado do jogo.

No total foram realizadas 15 sessões de terapia, com tempo total de cada sessão variando entre 30 e 40 minutos. As sessões foram ministradas em ambiente controlado, no entanto, houve um esforço por parte dos pesquisadores em tornar o ambiente o mais relaxante possível, a fim de aumentar o engajamento e a motivação do participante durante as sessões. Ao serem encaminhados para as sessões de terapia, os participantes foram instruídos a sentar-se confortavelmente em uma cadeira, posicionada a aproximadamente 2 metros de distância de uma televisão na qual o *Harpy Game* (Figura 4) foi transmitido. Depois de se sentar, o dispositivo *Myo* foi colocado e sincronizado no antebraço do participante.

Figura 4: Descrição esquemática do cenário experimental (visão lateral).



Fonte: Autoria própria.

Nas duas primeiras sessões de terapia, além dos três estágios do jogo, foi realizada um estágio de treinamento prévio, para que os participantes pudessem se acostumar ao controle por meio da movimentação do braço e o seu sincronismo com a harpia. Outro ponto relevante é que os participantes foram instruídos a jogar o jogo inteiro apenas usando o braço comprometido, sem compensar com o corpo. Eles também precisavam encontrar a melhor maneira de atingir os objetivos do jogo por si.

3.4 Coleta dos dados

Todos os participantes do estudo foram avaliados antes do início do tratamento e ao final das 15 sessões, pelo mesmo profissional de saúde, no mesmo horário da primeira avaliação, a fim de minimizar eventuais oscilações dos parâmetros avaliados ao longo do dia, decorrentes da administração de medicamentos ou fatores climáticos, entre outros. Os dados foram coletados no NTA e na APARU.

As variáveis avaliadas foram:

- (i) **EMA:** a Escala Modificada de Ashworth [90] é uma escala subjetiva, amplamente utilizada na prática clínica para avaliar a espasticidade, por sua fácil aplicabilidade e baixo custo. Para execução desta avaliação é necessário que o profissional da área da saúde faça movimentos de flexão e extensão do cotovelo de forma passiva, na velocidade que for mais confortável para ele, sendo que a graduação da espasticidade depende da capacidade e da experiência do avaliador. Esta escala baseia-se na avaliação da resistência ao estiramento passivo, e sua pontuação varia em 6 níveis, de 0 a 4. Na Tabela 4 é possível visualizar todas as graduações da EMA. A profissional da área da saúde responsável por executar esta avaliação possui experiência em avaliar pela EMA.

Tabela 4: Escala Modificada de Ashworth [90].

<i>Classificação</i>	<i>Descrição</i>
0	Nenhum aumento do tônus muscular.
1	Leve aumento do tônus muscular, manifestado por uma tensão momentânea ou por resistência mínima, no final da amplitude de movimento articular (ADM), quando a região é movida em flexão ou extensão.
1+	Leve aumento do tônus muscular, manifestado por tensão abrupta, seguida de resistência mínima em menos da metade da ADM restante.
2	Aumento mais marcante do tônus muscular, durante a maior parte da ADM, mas a região é movida facilmente.
3	Considerável aumento do tônus muscular, o movimento passivo é difícil.
4	Parte afetada rígida em flexão ou extensão.

- (ii) **BRS:** os estágios de retorno neurológico da função motora, segundo Signe Brunnström, acompanham uma sequência de sete estágios para pacientes pós-AVC. Estes estágios são baseados na espasticidade e nas sinergias, onde o aparecimento de movimentos desviados das sinergias é associado ao declínio da espasticidade e maior controle sobre o membro parético [104]. Para verificar o estágio no qual o paciente está inserido é necessário que o profissional da área da saúde tenha conhecimento das fases e saiba aplicá-las afim de observar a execução das tarefas propostas [16], [105], na Tabela 5 é possível observar os estágios.

Tabela 5: Sete estágios de recuperação funcional de Brunnstrom [105].

<i>Fases</i>	<i>Descrição</i>
Fase I	<ul style="list-style-type: none"> • Flacidez imediata, não há presença de atividades reflexa ou voluntária nas extremidades atingidas e as reações associadas não podem ser elicitadas.
Fase II	<ul style="list-style-type: none"> • Início do aparecimento da espasticidade, alguns componentes das sinergias básicas começam a aparecer, mesmo que sob a forma de reações associadas (precisando ser evocadas). Normalmente a flexão do cotovelo e a extensão do joelho são os primeiros componentes a aparecerem. A espasticidade é percebida como leve resistência ao estiramento passivo.
Fase III	<ul style="list-style-type: none"> • Espasticidade mais evidente e atingindo o grau máximo, movimentos das sinergias básicas são controlados voluntariamente mesmo que incompletos (sem todos os componentes).
Fase IV	<ul style="list-style-type: none"> • Espasticidade começa a perder sua intensidade, aparecem os movimentos desviados das sinergias.
Fase V	<ul style="list-style-type: none"> • Espasticidade esboçada, sinergias perdem sua dominância sobre o comportamento motor e aparecem os movimentos combinados.
Fase VI	<ul style="list-style-type: none"> • Espasticidade praticamente ausente, contração muscular isolada pode ser efetuada.
Fase VII	<ul style="list-style-type: none"> • Restauração completa da função motora, coordenação motora praticamente normal.

(iii) **ADM:** A mensuração da amplitude de movimento da articulação do cotovelo, foi feita utilizando-se o goniômetro universal (goniômetro de mão), que é um instrumento amplamente utilizado por fisioterapeutas na prática clínica [106], [107]. Para realizar esta medida, a profissional da área da saúde irá realizar de maneira passiva, o grau de flexão máxima do cotovelo (até 150°), o grau máximo de extensão passiva desta articulação (até 0) de cada participante. O limiar para interrupção da extensão era o relato de dor, feito pelo participante, ou rigidez total. A medida da amplitude de movimento (ADM) foi e será obtida por meio da diferença entre o ângulo de flexão máxima e o ângulo de extensão máxima do cotovelo [106].

(iv) **LRET:** o Limiar Reflexo de Estiramento Tônico é um método que oferece uma avaliação quantitativa eficiente para avaliação da

espasticidade. Várias pesquisas reportaram a validade do uso desta avaliação como medida para a espasticidade [54], [108]–[111]. Para esta avaliação utilizou-se um equipamento dedicado a este tipo de avaliação, este equipamento foi construído no NTA-UFU e testado previamente nos trabalhos de Rezende e Alves [112], [113]. O equipamento tem o nome SpES (*Spasticity Evaluation System*) (Figura 5), e possui depósito de patente no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) de número: BR1020180134949 [114]. Este equipamento é composto por um hardware e por um software.

Figura 5: SpES_ *Spasticity Evaluation System*.



Fonte: Autoria própria.

O *hardware* do equipamento, possui um canal de eletromiografia (EMG), para captação de sinais musculares (neste trabalho foi captado o sinal do músculo bíceps braquial) e um canal de eletrogoniometria, para medir o ângulo da articulação do cotovelo. A aquisição dos sinais eletromiográficos foi feita por EMG de superfície. As características do eletromiógrafo são:

(i) possui ganho ajustável, variando entre 750x, 1000x e 1250x, sendo que esta alteração pode ser feita manualmente, caso o profissional da área da saúde julgue necessário aumentar ou diminuir a amplitude do sinal;

(ii) a detecção do EMG é feita por eletrodos passivos e descartáveis;

(iii) o posicionamento no músculo bíceps braquial seguiram as sugestões do protocolo SENIAM (*Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles*).

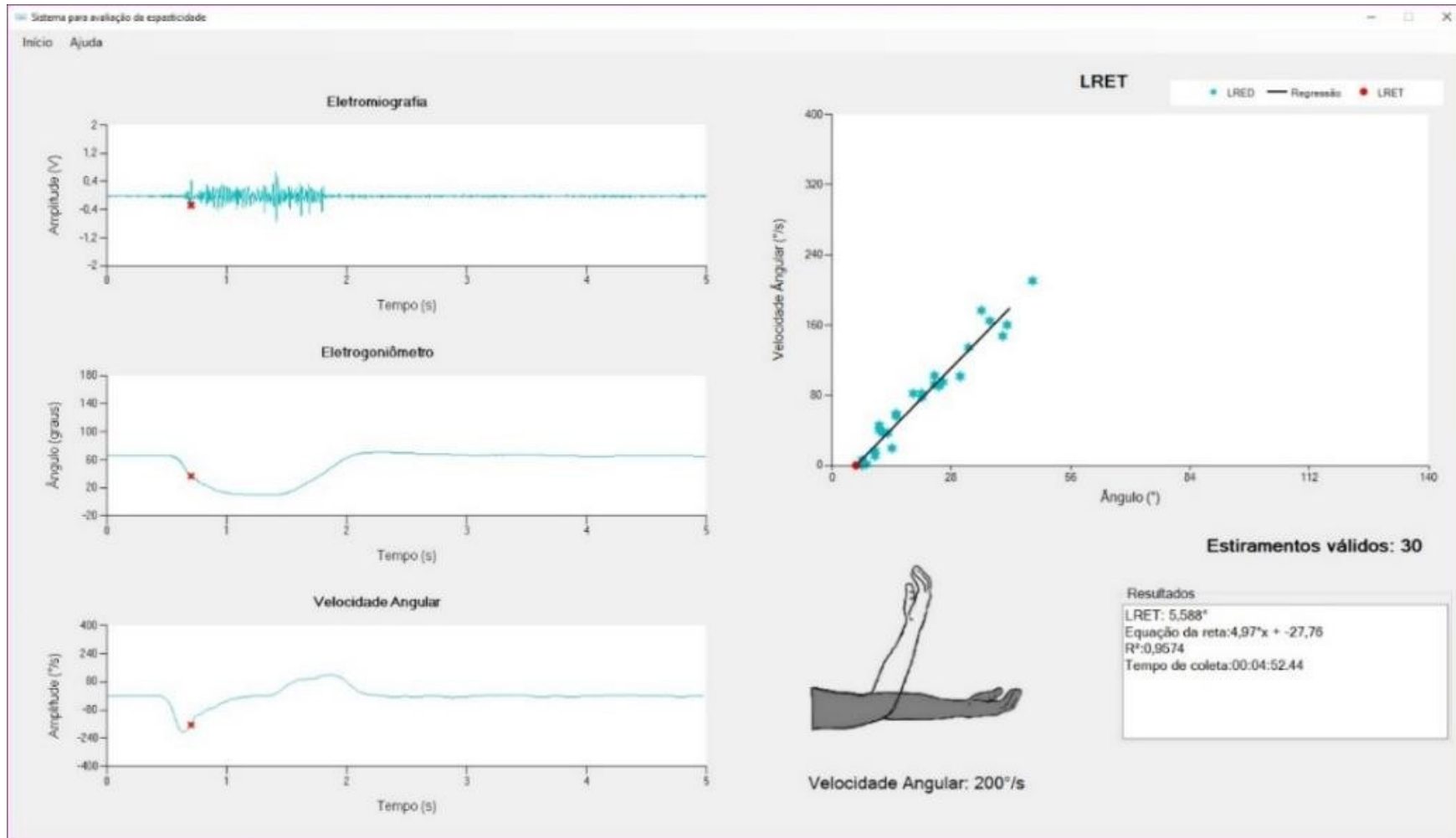
Para capturar os valores articulares, o eletro goniômetro utilizado foi desenvolvido com sensor de fibra óptica plástica. Este sensor apresentou resultados de alta confiabilidade, além de possuírem baixo custo e boa flexibilidade, como demonstrado trabalho de Rezende et al. [115].

O *software* que acompanha o equipamento também foi desenvolvido no NTA, possui registro no INPI, com número de processo: BR512018051735-8. Este software foi desenvolvido na linguagem C#, sendo responsável pelo processamento dos sinais capturados (EMG e eletrogoniometria), em tempo real, além disso, dispõe de uma interface para auxílio e acompanhamento do profissional da área da saúde durante toda a coleta [112], [113].

A interface do software (Figura 6) é composta por quatro gráficos que plotam sinais diferentes, um irá mostrar a atividade eletromiográfica, o outro o traçado correspondente ao deslocamento angular (eletrogoniômetro), o outro irá mostrar e velocidade angular e o último irá mostrar todos os pontos coletados e a reta de regressão com valor final do LRET para velocidade igual a zero. Nesta tela também é possível visualizar dois braços, o braço transparente que representa o braço do voluntário e o braço colorido que representa um braço fictício. Isto foi implementado no sistema para o profissional da área da saúde tivesse uma retroalimentação visual sobre a velocidade em que os estiramentos manuais passivos pudessem ser realizados (em acordo com o protocolo de coleta sugerido por Marques e colaboradores [111]), desta forma é necessário que o braço real pudesse sobrepor o braço fictício.

O valor final da coleta deve estar entre 0 e 140°, de acordo com a faixa biomecânica de amplitude da articular do cotovelo.

Figura 6: Interface do software ao final da coleta de dados.



Fonte: Autoria Própria.

- (v) **QV**: para avaliar o impacto do tratamento na qualidade de vida dos participantes será aplicado o questionário já validado Escala de Qualidade de Vida Específica para AVC (EQVE-AVC) (*Stroke-Specific Quality of Life Scale* (SSQL)) [116], [117], a descrição do mesmo se encontra neste documento no ANEXO I. Este questionário contempla questões relacionadas à função da extremidade superior, autocuidado, interação familiar, interação social, mobilidade, visão, disposição, humor, linguagem, produtividade e personalidade. Ao todo são 49 perguntas, para cada item a pontuação varia de 1 à 5, sendo assim, o voluntário pode chegar à 245, sendo que quanto maior o escore, melhor a percepção da QV da pessoa [118].

3.5 Análise dos dados

A descrição e a apresentação dos dados quantitativos foram realizadas por meio de estatística descritiva. Para realizar os cálculos estatísticos foi utilizado o programa R [119]. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para identificar se as amostras apresentavam distribuição normal [120]. Para o dado que apresentou distribuição normal (ADM) foi utilizado o teste T [121], e para os dados não normais (LRET, EMA, BRS, QV), foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney [122]. A utilização destes testes teve como finalidade verificar se os dados eram estatisticamente iguais ou diferentes, nos períodos pré e pós tratamento. A análise qualitativa dos dados foi executada por estatística descritiva.

3.6 Considerações Finais

Os materiais e métodos da pesquisa mostraram o planejamento dos experimentos, com detalhamento suficiente para o melhor entendimento do que foi realizado nesta pesquisa e dando suporte aos achados da pesquisa.

Capítulo 4

RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados das características dos participantes da pesquisa, os resultados quantitativos encontrados para todas as variáveis, e a presença ou não de diferença estatisticamente significativa nos períodos pré e pós tratamento, que indicarão se a terapia foi eficiente ou não. Finalizando o capítulo, será apresentada a avaliação qualitativa dos voluntários com o diário de coleta.

4.1 Características dos participantes da pesquisa

Um total de 10 indivíduos foram incluídos no estudo. As principais características dos voluntários podem ser observadas na Tabela 6.

Tabela 6: Características gerais dos participantes da pesquisa.

Participantes	Sexo Masc/Fem	Idade (anos)	Tipo de lesão AVEi/h	Grau de escolaridade*	Lado comprometido (E/D)	Tempo de lesão (anos)
1	M	61	AVEi	1° GC	D	13.2
2	M	53	AVEh	2° GI	E	5
3	M	60	AVEi	NP	E	13.1
4	M	60	AVEi	SC	D	2
5	M	70	AVEh	1° GC	E	9.8
6	F	47	AVEi	SI	E	13.8
7	M	47	AVEh	SC	E	2
8	M	70	AVEi	2° GC	D	10.2
9	M	57	AVEi	SC	D	10.6
10	F	72	AVEi	SC	E	3.5
Média		59,7 ± 9				8,32 ± 4,73

*Grau de escolaridade: SC=Superior Completo; SI=Superior Incompleto; 2°GC=2° Grau Completo; 2°GI=2° Grau Incompleto; 1°GC=1° Grau Completo; 1°GI=1° Grau Incompleto; NPE=Não Possui Escolaridade.

Este grupo foi composto por 8 homens e 2 mulheres, com média de idade de $59,7 \pm 9$ anos e tempo médio de lesão de $8,32 \pm 4,73$ anos. Em relação ao tipo de lesão, participaram do

estudo 7 indivíduos com lesão isquêmica e 3 indivíduos com lesão hemorrágica. O grau de escolaridade foi variado e em relação ao lado acometido, o grupo ficou dividido por 6 com hemiparesia esquerda e 4 com hemiparesia direita.

4.2 Análise quantitativa

Os valores de LRET, ADM, EMA, BRS e QV obtidos para cada participante nos períodos pré-tratamento e pós-tratamento podem ser vistos na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados obtidos para todos os parâmetros nas fases pré e pós tratamento.

<i>Partic</i>	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>	<i>Pré</i>	<i>Pós</i>
	LRET	LRET	ADM	ADM	EMA	EMA	BRS	BRS	QV	QV
1	37,97°	29,86°	75°	127°	2	2	3	3	139	204
2	15,11°	12,75°	132°	135°	1	1	4	5	185	190
3	14,75°	8,87°	115°	142°	1	1	4	5	197	209
4	97,76°	57,95°	140°	145°	1	1	4	4	166	177
5	12,34°	6,21°	135°	140°	1	1	4	5	184	214
6	23,56	13,05°	125°	145°	1	1	4	5	104	159
7	25,09°	16,55°	95°	130°	2	1	3	4	154	173
8	70,06°	69,27°	130°	130°	1,5	1	3	3	137	177
9	41,65°	32,76°	145°	150°	1,5	1	3	4	153	198
10	13,54°	3,57°	110°	122°	1	1	4	5	127	163
Média	35,18°	25,08°	127,5°	137,5°					153,5	183,5

Observando separadamente as variáveis pode-se dizer que em relação aos dados do LRET, o valor médio no período pré-tratamento foi de 35,18°, e após o tratamento a média foi de 25,08°, mostrando uma melhora percentual de 34% neste parâmetro, Tabela 8.

Tabela 8: Dados referentes ao LRET.

Voluntários	<i>Diferença entre os períodos</i>	<i>Percentual da diferença entre os períodos</i>
	LRET°	LRET%
1	-8,11	-21
2	-2,36	-16
3	-5,88	-40
4	-39,81	-41
5	-6,13	-50
6	-10,51	-45
7	-8,54	-34
8	-0,79	-1
9	-8,89	-21
10	-9,97	-74
<i>Valor médio</i>	-8,325°	-34%

Para verificar se houve diferenças estatisticamente significativas entre estes períodos para a variável LRET, foi realizado inicialmente o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, os valores de p obtidos foram $p=0,01616$ (pré) e $p=0,04917$ (pós), indicando, portanto, que esses dados não correspondem a uma distribuição normal. Assim, foi realizado o teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney, de acordo com este teste, existe uma diferença estatisticamente significativa entre os valores médios nestes períodos ($p = 0,0019$), demonstrando evidências de que os resultados não são iguais, indicando que o tratamento influenciou nesta variável, com 99% de confiança.

Os dados referentes à amplitude de movimento do cotovelo tiveram média de $127,5^\circ$ no período que antecedeu o tratamento e $137,5^\circ$ após o tratamento, mostrando uma melhora geral de 8%, Tabela 9.

Tabela 9: Dados referentes à amplitude de movimento do cotovelo.

<i>Participantes</i>	<i>Diferença entre os períodos</i>	<i>Percentual da diferença entre os períodos</i>
	ADM°	ADM%
1	52	69%
2	3	2%
3	27	23%
4	5	4%
5	5	4%
6	20	16%
7	35	37%
8	0	0%
9	5	3%
10	12	11%
<i>Valor médio</i>	8,5°	8%

Para verificar se houve diferenças estatisticamente significativas entre estes períodos foi realizado também o teste de Shapiro-Wilk, com valores de $p = 0,302$ (pré), $p = 0,725$ (pós). Os dados correspondem a uma distribuição normal, e por isso foi realizado o Test T, os resultados mostraram que existe diferença estatisticamente significativa entre os valores médios nestes períodos ($p = 0,001372$), sendo assim, há evidências de que os resultados não são iguais, que houve influência do tratamento nesta variável com 99% de confiança.

Em relação à EMA, três participantes diminuíram a rigidez muscular, enquanto para o BRS, sete participantes mudaram de fase. Para esses parâmetros, os valores de p foram $p = 0,162$ e $p = 0,010$, respectivamente, e de acordo com esse resultado, houve diferença estatisticamente significante apenas para o BRS. Assim, pode-se afirmar com 99% de confiança que existe diferença estatística para o retorno neurológico da função neuromotora pré e pós tratamento.

Os escores da percepção dos voluntários sobre sua percepção de qualidade de vida apresentaram em média, uma diferença de 20% entre os períodos pré e pós tratamento. Os dados podem ser visualizados na Tabela 10, sendo que os valores médios para os períodos pré e pós tratamento foram 153,5 e 183,5 respectivamente.

Tabela 10: Dados referentes à Qualidade de Vida.

<i>Participantes</i>	<i>Diferença entre os períodos</i>	<i>Percentual da diferença entre os períodos</i>
	Qualidade de vida (pontos)	Qualidade de vida (pontos %)
1	65	47%
2	5	3%
3	12	6%
4	11	7%
5	30	16%
6	55	53%
7	19	12%
8	40	29%
9	45	29%
10	36	28%
<i>Valor médio</i>	33	20%

Para verificar se houve diferenças estatisticamente significativas entre estes períodos foi feito o teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney. De acordo com este teste, existe uma diferença estatisticamente significativa entre os valores médios nestes períodos ($p = 0,0019$), demonstrando evidências de que os resultados não são iguais, indicando que o tratamento influenciou nesta variável, com 99% de confiança.

4.4 Análise qualitativa

Durante a aplicação do protocolo terapêutico, observamos que não houve nenhum efeito adverso à terapia. Houve adesão de 100% dos participantes da pesquisa, visto que, não faltaram às sessões e sempre se apresentavam muito dispostos a darem tudo de si para o sucesso da terapia e consequente reabilitação do membro parético.

4.4.1 Diário de coleta

Participante 1

O Participante 1, iniciou as terapias com o *Harpy Game*, relatando bastante dor e falta de movimentos no braço parético. No entanto, desde o primeiro contato apresentou interação com o jogo, porém sempre tentava compensar a dificuldade de

movimentação do braço movimentando o corpo, mesmo contrariando as instruções de movimentar exclusivamente o braço parético. Assim, para que esta informação fosse melhor entendida, foi necessário que os pesquisadores interrompessem a terceira sessão de terapia, para explicar o quão prejudicial era esta atitude para sua recuperação. Após esta conversa o participante se policiou mais em relação à compensação e após as sessões ainda era possível encontrá-lo na universidade subindo e descendo as escadas, pois se sentia “mais animado para treinar as pernas também”. Este participante se encontrava sem nenhum tipo de tratamento fisioterapêutico há 5 anos por não conseguir pagar pelas terapias. A evolução deste participante em relação às dificuldades do protocolo de tratamento se iniciou após a quinta sessão, quando saiu da dificuldade 1 (D1) para dificuldade 2 (D2), alcançando até a dificuldade D4. Os passos para evolução foram: D1: 1º à 5º sessão; D2: 6º à 8º sessão; D3: 9º à 11º sessão; D4: 12º à 15º sessão.

Participante 2

O Participante 2 estava afastado das atividades fisioterapêuticas há 3 meses. Ele se apresentava bastante extrovertido e mostrou-se empolgado ao iniciar as terapias com o jogo, no decorrer das sessões estava muito empenhado e com boa desenvoltura. No decorrer das terapias foi possível entender que o participante lamentava muito por atitudes passadas, e se encontrava muito triste pelas incapacidades geradas pelas sequelas do AVC. Este participante cansava-se muito durante as sessões, fator que o impossibilitou de chegar ao nível de dificuldade mais elevado. A evolução deste participante em relação às dificuldades do protocolo de tratamento se iniciou após a terceira sessão, quando saiu da dificuldade 1 (D1) para dificuldade 2 (D2), alcançando até a dificuldade D5. Os passos para evolução foram: D1: 1º à 3º sessão; D2: 4º à 6º sessão; D3: 7º à 10º sessão; D4: 11º à 14º sessão, D5: 15º sessão.

Participante 3

O Participante 3 encontrava-se inserido em tratamento fisioterapêutico, e sua adesão e facilidade na execução das tarefas do jogo foram evidentes desde a primeira sessão, mesmo nunca tendo contato com jogo sério e RV. Também era possível

observar que o participante pensava sobre os melhores caminhos para cumprir as tarefas do jogo o mais rápido possível. A evolução deste participante em relação às dificuldades do protocolo de tratamento se iniciou após a primeira sessão, visto que participante ao fim das sessões, sempre pedia um desafio maior, alcançando até a dificuldade D8, que foi a maior dificuldade do jogo em questão. É possível observar que o protocolo de aumento de dificuldade previa D9 e D10, entretanto, como para outros participantes, na Fase 1, os anéis ficaram muito pequenos, e o obstáculo para evolução da dificuldade passou a ser a visão e não a habilidade em movimentar o membro superior. Sendo assim, os passos para evolução foram: D1: 1º sessão; D2: 2º sessão; D3: 3º sessão; D4: 4º sessão; D5: 5º à 6º; D6: 7º à 8º sessão; D7: 9º à 10º; D8: 11º à 15º.

Participante 4

O Participante 4 também já estava inserido em tratamento fisioterapêutico. Apresentou boa evolução da aprendizagem no jogo, este participante traçava caminhos que pudessem ser mais eficientes para cumprir as tarefas do jogo, no entanto, o participante relatava ter medo de melhorar muito e perder a aposentadoria. Era um dos participantes que mais sentia quando a velocidade da harpia era aumentada. A partir da 4º sessão relatou que o braço estava mais leve. A evolução deste participante em relação às dificuldades do protocolo de tratamento se iniciou após a segunda sessão, quando saiu da dificuldade 1 (D1) para dificuldade 2 (D2), alcançando até a dificuldade D8. Os passos para evolução foram: D1: 1º à 2º sessão; D2: 3º à 4º sessão; D3: 5º à 6º sessão; D4: 7º à 8º sessão; D5: 9º sessão; D6: 10º à 11º sessão; D7: 12º à 13º sessão; D8: 14º e 15º sessões.

Participante 5

Quando o Participante 5 iniciou as sessões de terapia, relatou sentir pontadas na cabeça durante a execução do jogo, fato que dizia nunca ter sentido com nenhuma outra terapia. Ele já estava inserido em tratamento fisioterapêutico desde quando teve o AVC e teve muita dificuldade em controlar a harpia até a 4º sessão. A partir da 5º sessão, o participante relatou as pontadas na cabeça haviam desaparecido e que estava passando

tão bem, como não se sentia há muito tempo, disse ainda que não sabia o que estávamos fazendo, e nem queria saber, só aproveitar os benefícios! Após esta fatídica sessão, o participante apresentava evoluções constantes em relação à sua performance, terminando as fases sem cometer erro algum. A evolução deste participante em relação às dificuldades do protocolo de tratamento se iniciou na quinta sessão, quando saiu da dificuldade 1 (D1) para dificuldade 2 (D2), alcançando até a dificuldade D8. Os passos para evolução foram: D1: 1º à 4º sessão; D2: 5º sessão; D3: 6º sessão; D4: 7º sessão; D5: 8º à 9º sessão; D6: 10º à 11º sessão; D7: 12º à 13º sessão; D8: 14º e 15º sessões.

Participante 6

A participante 6 foi uma voluntária muito falante e expressiva. Nas primeiras sessões brigou com o acompanhante durante a sessão, demonstrando que estava passando por um período de muito estresse. Quando não conseguia controlar a harpia ou cumprir as metas do jogo sentia mal e ficava mais nervosa ainda. Mesmo assim se sentia desafiada e não quis desistir da terapia. Disse que o jogo trabalhava muito a “cabeça” e que ela gostaria muito de poder controlar a ave. Na sexta sessão, a participante estava bem com seu acompanhante, se sentindo mais tranquila, e esta foi a primeira vez que ela conseguiu cumprir todos os desafios do jogo. A evolução deste participante em relação às dificuldades do protocolo de tratamento se iniciou na sexta sessão, quando saiu da dificuldade 1 (D1) para dificuldade 2 (D2), alcançando até a dificuldade D3. Os passos para evolução foram: D1: 1º à 6º sessão; D2: 7º à 12º sessão; D3: 13º à 15º sessão.

Participante 7

O participante 7 é uma pessoa que se cobra muito e precisava da aprovação dos pesquisadores a todo momento para se sentir estimulado. Quando iniciou as sessões de terapia, tinha muita dificuldade em movimentar o membro parético, mas com o cenário do jogo (principalmente a fase da pesca) e *feedback* dos pesquisadores, ele se sentia estimulado e a vontade para fazer o seu melhor, o que o deixava exausto após as terapias. A partir da quinta sessão, era perceptível o quanto o braço relaxava após as

sessões. Da sétima sessão em diante, o participante começou a executar movimentos de forma independente (flexão e extensão do cotovelo), diminuindo o sinergismo muscular. O participante e sua acompanhante relataram que nenhum outro tratamento havia trabalhado tanto e com tanta eficiência o membro superior parético. A evolução deste participante em relação às dificuldades do protocolo de tratamento se iniciou na sétima sessão, quando saiu da dificuldade 1 (D1) para dificuldade 2 (D2), alcançando até a dificuldade D3. Os passos para evolução foram: D1: 1º à 7º sessão; D2: 8º à 12º sessão; D3: 13º à 15º sessão.

Participante 8

O Participante 8, desde o início das terapias com o *Harpy Game*, entendeu que deveria esforçar bastante para cumprir as metas do jogo e conseqüente a reabilitação do membro superior parético. Este participante se encontrava sem nenhum tipo de tratamento fisioterapêutico há 6 anos por não conseguir perceber evolução no quadro. No início do tratamento, este voluntário apresentava pouca resistência muscular, mesmo sendo um indivíduo independente, que mora sozinho e faz todas as atividades domésticas, além dirigir sem nenhuma adaptação no carro. No decorrer da terapia, na quarta sessão com o jogo sério, o participante relatou que estava se sentindo muito bem, e já não sentia tanto cansaço após as terapias e que o braço estava mais “leve” no decorrer no dia. Após a quarta sessão, este participante conseguiu evoluir bastante na terapia, chegando até a dificuldade D8 (protocolo de tratamento), até tentamos evoluir para a dificuldade D9, entretanto, como para outros participantes, na Fase 1, os anéis ficaram muito pequenos, e o obstáculo para evolução passou a ser a visão e não a habilidade de membro superior. Os passos de evolução para este participante foram: D1: até a 4º sessão; D2: 5º sessão; D3: 6º; D4: 7º sessão; D5: 8º sessão; D6: 9º e 10º sessão; D7: 11º e 12º sessão; D8: 13º à 15º sessões.

Participante 9

O Participante 9 teve o AVC há mais de 10 anos e nunca parou de buscar melhora. Ele encontrava-se inserido em tratamento fisioterapêutico, e teve muita

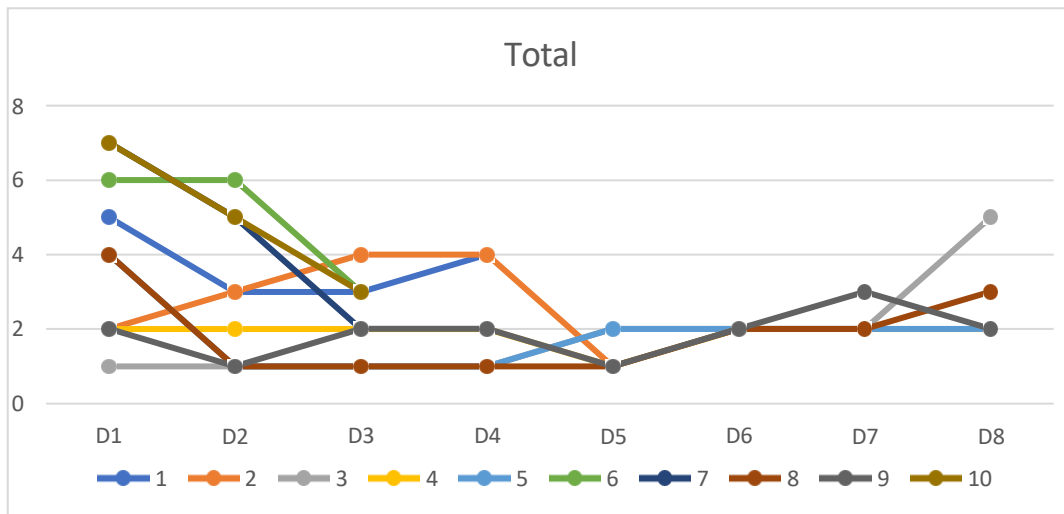
facilidade na execução das tarefas do jogo, o que não o impediam de sair bem cansado da terapia com o *Harpy Game*. Já na terceira sessão disse que estava se sentindo muito bem, que percebia sua melhora devido a leveza do braço comprometido. Durante as terapias foi possível observar que a alteração da velocidade era um fator que influenciava substancialmente seu desempenho no jogo. No dia que foi executar a décima primeira sessão, o participante relatou que sua esposa ficava observando ele dormir, pois durante o sono ele conseguia movimentar o braço normalmente, que isto não acontecia desde o AVC. Em relação às dificuldades do protocolo de tratamento, a evolução do participante se iniciou após a segunda sessão, chegando até a dificuldade D8. Os passos para evolução foram: D1: 1º à 2º sessão; D2: 3º sessão; D3: 4º à 5º sessão; D4: 6º à 7º sessão; D5: 8º; D6: 9º à 10º sessão; D7: 11º à 13º; D8: 14º à 15º.

Participante 10

A participante 10 era uma voluntária que quase não falava durante as sessões, porém com o passar das sessões, seu acompanhante nos relatou que ela ser uma pessoa nervosa, que se cobrava muito. Ela teve bastante dificuldade para aprender a controlar a harpia, no entanto, quando segurava uma toalha com a mão parética aumentava o controle dos movimentos. A partir da sétima sessão, podia-se notar que a participante programava a próxima jogada, relatou que o jogo trabalhava a memória, que ela se empenhava muito durante as sessões de terapia visando mais isto do que a reabilitação do membro parético. Demonstrou grande melhora a partir da 12º sessão de tratamento. A evolução deste participante em relação às dificuldades do protocolo de tratamento se iniciou na sétima sessão, quando saiu da dificuldade 1 (D1) para dificuldade 2 (D2), alcançando até a dificuldade D3. Os passos para evolução foram: D1: 1º à 7º sessão; D2: 8º à 12º sessão; D3: 13º à 15º sessão.

No Gráfico 1 abaixo é possível observar o comportamento de cada participante da pesquisa em relação a quantidade de sessões que cada um executou para cada nível de dificuldade.

Gráfico 1: Evolução dos participantes em relação aos níveis de dificuldade propostos, que variam de D1 à D8. Nele é possível verificar a quantidade de sessões que cada participante executou para cada nível de dificuldade.



Fonte: Autoria Própria.

Além disso, ao visualizar o Gráfico 1 também é possível observar que somente 4 participantes chegaram ao nível de dificuldade D8.

4.5 Considerações Finais

Os resultados mostrados neste capítulo validaram a hipótese da pesquisa, visto que comprovaram o impacto que a terapia com o *Harpy Game* apresentou feitos positivos para todos os parâmetros aferidos, com exceção da EMA. A análise qualitativa ofereceu dados referentes inexistência de efeitos adversos à terapia e à adesão total dos voluntários. Além disso, foi feita uma descrição individualizada dos principais acontecimentos durante as sessões de terapia no diário de coleta.

Capítulo 5

DISCUSSÃO

A discussão desta pesquisa será dividida em quatro partes. A primeira parte discorrerá sobre os materiais e métodos aplicados na pesquisa, relacionados à elaboração da terapia e a proposta do tratamento. A segunda tratará sobre a influência da terapia nos períodos pré e pós tratamento, para os parâmetros quantitativos aferidos. Finalizando, serão discutidos alguns aspectos qualitativos relacionados ao diário de coleta.

5.1 Elaboração da terapia e da proposta metodológica

Considerando o número significativo de indivíduos acometidos por acidente vascular cerebral no mundo e o impacto deixado pelas sequelas residuais, é de grande importância que novos protocolos de tratamento para a recuperação de membros comprometidos sejam comprovadamente eficientes. Assim, um tratamento adequado da condição pode melhorar os aspectos supracitados, aumentando as funções neuromotoras e a independência dos indivíduos afetados [110], [113]. Além disso, já existe uma discussão extensa que os tipos convencionais de terapia obtiveram sucesso na recuperação, especialmente quando se trata do MS parético [14], [15], [17], [64], [123]. Portanto, devido à complexidade envolvida na recuperação do MS parético, e a quantidade expressiva de trabalhos na área, acreditamos ser necessário executar uma série de processos para fornecer uma terapia verdadeiramente eficiente.

A técnica de reabilitação com jogos sérios e RV é muito difundida e tem resultados eficientes, pois permite que os pacientes maximizem suas chances de recuperação através do reaprendizado motor [64], [124], [125]. No entanto, nem todos os trabalhos que aplicam esta técnica tem obtido resultados expressivos. Alguns pesquisadores adaptaram jogos comercialmente existentes às necessidades dos pacientes

[24], [25], porém os resultados obtidos não mostraram melhora em relação à reabilitação da função neuromotora, apresentaram somente manutenção do quadro, confirmando a necessidade de desenvolver e implementar jogos em ambientes significativos e direcionados à debilidade.

Várias pesquisas que demonstram o desenvolvimento de jogos sérios específicos para o tratamento de pacientes pós-AVC, testam sua aplicabilidade apenas em testes-piloto [18], [19], [21], [22], dificultando o reconhecimento da real contribuição da terapia. Neste sentido, para ter sucesso com esta técnica, é necessário cumprir alguns pré-requisitos. Tais pré-requisitos estão relacionados com (i) o ambiente do jogo, (ii) cautela na dificuldade crescente (centrada no usuário) e (iii) uso de mecanismos quantitativos para medir o desempenho e o progresso dos usuários [62], [63].

Assim, esta pesquisa cumpriu todos os pré-requisitos para uma aplicação bem-sucedida de um jogo sério:

- (i) O ambiente construído para o jogo obteve aceitação entre os voluntários, com resultados positivos em relação à usabilidade do sistema e à avaliação do ambiente virtual [99], além disso o projeto de desenvolvimento do *Harpy Game* baseou-se nos movimentos propostos por Brunnstrom [105], para auxiliar a recuperação neuromotora de pacientes nas fases III e IV de BRS [98]. Oferecendo assim uma ampla gama de movimentos, uma vez que vários movimentos de treinamento podem contribuir positivamente para o retorno da função neuromotora, além de não limitar a amostra pelo grau de comprometimento apresentado [18], [83], [126]. De acordo com a Brunnstrom [16], há um conjunto de atividades que devem ser aplicadas para facilitar a restauração da função neuromotora após o AVC [16], [105]. Como os participantes da pesquisa estavam em III ou IV BRS, onde os movimentos voluntários possuem ampla participação de músculos sinérgicos, a liberdade de movimento e atividades compatíveis com os estágios.
- (ii) O profissional que supervisionou a aplicação do jogo teve o cuidado de selecionar os parâmetros, orientando sua conduta na individualidade, já que o protocolo de treinamento individualizado também contribui para o

engajamento e motivação dos participantes e conseqüentemente no sucesso da terapia [20], [83], [127], graças à combinação bem-sucedida entre as tarefas e as habilidades do usuário. Alguns autores relatam que as atividades que se centralizam na individualidade de cada participante seguem a ideia de que para uma melhora neuromotora significativa é necessário que os indivíduos possam entender o sentido de realizar certos movimentos ou atividades, a fim de perceber seu desempenho [17], [128]. Tal afirmação pode ser verificada no Gráfico 1, que mostra o comportamento dos participantes da pesquisa em relação aos níveis de dificuldade. Ao analisar este gráfico, é possível verificar que os indivíduos se comportaram de maneira completamente diferente, entretanto, os resultados para todos os parâmetros avaliados comprovaram que, para todos os participantes, a terapia foi efetiva.

- (iii) Por fim, para averiguar os resultados referentes à melhora da condição clínica do participante, utilizou-se nesta pesquisa instrumentos que forneceram resultados confiáveis acerca da recuperação neuromotora e funcional, por meio cálculo do LRET (espasticidade), o qual está intimamente ligado à BRS, ADM e de QV. Porém, a maioria dos artigos encontrados avalia o desempenho dos participantes por meio de escalas de avaliação funcional, como a escala de Fulg-Meyer [18], [23], [25], [68], [69], [83], [88]. Poucos trabalhos avaliam a ADM [21], [23], [72]. A espasticidade, embora seja uma das sequelas que mais desabilita o desempenho do MS e esteja intimamente ligada à função [6], [9], [53-54], foi avaliada por poucos trabalhos [88], e somente por EMA. A QV também é pouco mensurada [25].

5.2 Influência do tratamento nos parâmetros quantitativos avaliados

Em relação à espasticidade, como mencionado anteriormente, é uma das sequelas residuais do AVC, com maior impacto nos MSs dos indivíduos [11]. Para verificar a influência do tratamento neste parâmetro foram realizados dois tipos de avaliação, EMA [90] (método subjetivo) e LRET (método objetivo) [111]. Um

problema da EMA é que esta não é uma medida exclusiva da espasticidade, ela mede a resistência ao estiramento passivo, porém esta ainda é uma medida bastante utilizada para aferir a espasticidade em vários trabalhos e na prática clínica. Young-Bin e colaboradores [88] utilizaram a EMA para verificar se haveria diminuição da espasticidade após a aplicação da terapia com jogos sérios, os pesquisadores chegaram à conclusão que houve redução da espasticidade após a aplicação da terapia com jogos sérios e RV. Neste trabalho, em relação à EMA não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes, isso pode ter ocorrido devido a essa escala ser uma medida ordinal de resistência ao movimento passivo, e não um método de avaliação da espasticidade, portanto um número significativo de autores sugere que os profissionais de saúde evitem usar essa escala para avaliar espasticidade [129]–[131]. Entretanto, fatores como facilidade de uso e baixo custo, entre outros, fazem deste o método mais comumente utilizado para avaliação de espasticidade na prática clínica [132]. Assim, para obter resultados relacionados exclusivamente à espasticidade, optou-se por usar um método de avaliação que fosse objetivo e estivesse em conformidade com a definição do distúrbio [38].

A avaliação pelo LRET é um método muito difundido no meio científico, e já demonstrou sua eficácia e adequação à definição de espasticidade [54], [109], [110], [133]–[136]. Neste estudo, sua avaliação demonstrou resultados com diferenças estatisticamente significantes entre o período pré e pós tratamento ($p=0,0019$). Como a espasticidade é uma das sequelas que mais incapacitam o MS parético, e os tratamentos dados para essa finalidade têm muitos pontos negativos, como altos custos, invasivos e outros [11], [14], [37], [137], [138], os resultados deste trabalho confirmam que a terapia proposta, assim como a forma de aplicação, mostrou-se uma alternativa eficiente e não invasiva para o tratamento da espasticidade. Dentre todos os trabalhos encontrados sobre o tema, este trabalho foi o único que avaliou o impacto da terapia de jogos sérios e RV na espasticidade de forma objetiva.

A avaliação pelo BRS é um método de avaliação do retorno da função neurológica de pacientes pós AVC. Este sistema é baseado na espasticidade e na sinergia muscular de pacientes hemiplégicos, onde o aparecimento de movimento individual dos membros está associado ao declínio na espasticidade e o controle sobre o membro parético [104]. Com os resultados da pesquisa foi possível observar que a

terapia influenciou na redução do grau de espasticidade, o que possibilitou aos participantes mudarem de estágio de BRS. Este fato observado em 70% dos participantes da pesquisa, com diferença significativa ($p = 0,01073$) nos períodos pré e pós o tratamento com *Harpy Game*, sendo que a mudança de estágio de BRS implica em maior controle do membro parético sugerindo reorganização cortical, associada à recuperação motora positiva [139].

Outro parâmetro que tem alta relação com o ganho de função é a amplitude de movimento, pois uma maior flexibilidade implica em ganho de aptidão física e melhora do desempenho motor, com influência na realização de movimentos ligados à atividades cotidianas [9], [140]. Sendo assim, é importante salientar que este parâmetro é avaliado por diversos autores quando pesquisam tratamentos para os MSs paréticos [42], [141], [142]. Os resultados encontrados para este parâmetro demonstraram que houve diferenças estatisticamente significativas, indicando que o tratamento disponibilizado também aumentou a ADM, com 99% de confiança. A ADM também foi alvo de avaliação em outros trabalhos que verificavam a aplicabilidade da técnica de jogos sérios e RV para reabilitação do MS parético de pacientes pós AVC [21], [23], nestes artigos, assim como neste trabalho, houve ganho na amplitude de movimento nos períodos pré e pós aplicação do jogo. Confirmando que a terapia foi capaz de aumentar a força muscular e diminuir a rigidez do MS parético.

No entanto, é discutido por alguns autores que avaliações motoras do comprometimento não fornecem informações suficientes sobre todo o impacto do AVC [143]–[145]. Sendo assim, neste trabalho, foi verificada a percepção dos indivíduos em relação à sua QV pela versão traduzida do SSQL [118]. Esta escala é composta por itens que abordam temas relacionados à energia, papel familiar, linguagem, mobilidade, humor, personalidade, autocuidado, papel social, raciocínio, função de membro superior, visão e trabalho/produktividade. Os itens foram elaborados a partir de entrevistas com hemiplégicos, que identificaram as áreas mais afetadas pelo AVC [116]. Os resultados da pesquisa mostraram que o tratamento com o jogo *Harpy Game*, promoveu uma melhora na QV com 99% de confiança. Uma observação interessante é que de várias pesquisas que abordam o tema jogos sérios e RV, poucos autores avaliam o impacto desta técnica na qualidade de vida dos participantes. O trabalho de Carregosa [25], avaliou este parâmetro por uma escala mais genérica, o SF-36 [78], e não

encontrou diferença estatística significativa para este parâmetro. Isto pode ter acontecido devido a este questionário abranger seu uso em estudos avaliativos para políticas públicas e estado de saúde geral de pacientes, não sendo direcionado à indivíduos que tiveram AVC [146].

5.3 Avaliação qualitativa e diário de coleta

A aplicação da terapia foi feita em ambiente controlado, no entanto, houve um esforço dos pesquisadores em deixar o ambiente adequado para reabilitação dos participantes. Durante a aplicação do protocolo terapêutico, observamos alguns pontos que seriam fundamentais que culminaram na boa adesão da terapia e nos resultados positivos em relação aos parâmetros clínicos aferidos:

- i. Ausência de efeitos adversos à terapia, os participantes apenas relatavam cansaço, o que consideramos um sucesso, visto que, esta terapia forneceu um trabalho intenso e específico para o MS parético.
- ii. Houve adesão de 100% dos participantes da pesquisa durante a aplicação das 15 sessões de terapia, indicando que a terapia foi realmente motivadora e eficiente.
- iii. Como dito anteriormente os participantes encontravam-se nos estágios III e IV de Brunnstrom, e como a terapia foi proposta com liberdade de movimento, observamos que ao deixar os participantes utilizarem os músculos sinergistas para executarem os movimentos, eles reaprenderam com o decorrer da terapia, a realizar movimentos que se desviam das sinergias, o que os habilitou a se encaixem em estágios com menos comprometimento motor do que quando iniciaram as terapias.

Este trabalho também forneceu um diário de coleta. A construção dele teve como objetivo registrar as estratégias metodológicas aplicadas na pesquisa para auxiliar a compreensão do objeto do estudo. Foi empregado como modo de apresentação, descrição e ordenação das vivências e narrativas dos sujeitos do estudo e como um esforço para compreendê-las [147]. A utilização do diário de coleta permite ao pesquisador compreender as individualidades e reconhecer o contexto de vida dos indivíduos, bem como suas experiências e cuidados antes e após a doença [147]. No

contexto desta pesquisa, o diário de coleta foi utilizado para retratar os procedimentos metodológicos utilizados para condução dos experimentos, mostrar reações e comportamentos individuais, explicar o momento de evolução da dificuldade da terapia para cada participante, confirmando mais uma vez, a importância de disponibilizar uma terapia individualizada para obtenção de dados clínicos reais.

Pelo diário de coletas conseguimos observar que a evolução de dificuldade no jogo não tem tanta relação com a evolução do quadro clínico, nem de retorno da função neuromotora. Com os resultados da pesquisa foi possível observar que o Participante 1, foi um participante que demonstrou dificuldade em sair da zona de conforto, tentando sempre compensar o movimento com o corpo, no entanto, mesmo não tendo chegado ao nível máximo de dificuldade (chegou até D4), foi o participante que mais evoluiu na amplitude de movimento da articulação do cotovelo, 69%, sentiu grande aumento de sua qualidade de vida, 47% após a terapia.

O Participante 2 no decorrer da terapia, foi se mostrando uma pessoa melancólica, que ainda sentia muito por ter tido o AVC, acreditamos que mesmo ele falando que gostaria muito de melhorar, seu estado emocional o atrapalhava. Ele chegou até a D5, e conseguiu mudar a fase de retorno neurológico da função motora do membro superior. O Participante 3 já apresentava uma boa função motora do braço parético e evoluiu ainda mais conseguindo mudar o estágio de BRS, no jogo, ele chegou até o nível de dificuldade D8.

O Participante 4 nos apresentou uma informação muito curiosa que nos fez refletir como pessoas e como pesquisadores. Na incessante busca de reabilitar e devolver os indivíduos à vida normal, nunca pensamos que algum indivíduo não queira melhorar tanto devido às condições socioeconômicas. Em linhas gerais, este participante melhorou bastante no quesito diminuição da espasticidade, e no desempenho do jogo (D8), no entanto, a melhora dos outros aspectos não acompanhou esta evolução. Ficamos pensando se a vontade de manter o benefício da aposentadoria não teve influência nos outros parâmetros avaliados na pesquisa, principalmente no parâmetro que avaliou a QV.

O Participante 5 também é um indivíduo muito falante, e suas falas contribuíram em demasia para o entendimento das suas emoções ao jogar e do seu envolvimento com a terapia no decorrer da pesquisa. Foi um participante que apresentou uma

diminuição bastante significativa da espasticidade, 50% e evolução no BRS, mostrando de forma palpável os benefícios da terapia, e chegando até o nível de dificuldade máximo, D8.

A Participante 6 assim como o Participante 5, relatava suas emoções a todo momento. Quando iniciou a pesquisa, esta participante se apresentava com alto nível de insatisfação com sua vida familiar, causadas muitas vezes pelo impacto do AVC na sua vida. No decorrer da terapia, em suas falas, pudemos perceber que seu estado emocional interferia de forma negativa no desempenho do jogo, sendo assim, os pesquisadores tentavam manter o otimismo, sempre incentivando a voluntária, o que culminou em uma considerável melhora em relação à sua percepção da QV, evoluindo em 53% após a terapia, mesmo tendo chegado somente ao nível D3.

O Participante 7, assim como os outros que tiveram comprometimento no hemisfério direito (Participante 2, Participante 3, Participante 5, Participante 6, Participante 10), é uma pessoa muito falante, que expressa seus sentimentos com maior facilidade. É um indivíduo que deixava muito claro sua tristeza por ter tido o AVC e precisava a todo momento do nosso *feedback* para se sentir melhor em relação aos desafios propostos pela terapia com o *Harpy Game*. Visualmente, foi um dos voluntários que mais evoluiu suas capacidades motoras, mesmo chegando somente ao nível de dificuldade D3.

O Participante 8, relatou que o jogo aliviou um pouco as dores que sentia no braço, no entanto, mesmo chegando ao nível D8, este participante não apresentou tanta melhora nos parâmetros avaliados, o parâmetro que obteve maior resultado foi o de avaliação da QV, com 29% de melhora. O Participante 9 demonstrou bastante empenho durante as terapias ele chegou até o nível 9 de dificuldade e evoluiu no estágio de BRS. A Participante 10 foi a que apresentou maior índice de diminuição da espasticidade 74%, mesmo não tendo evoluído tanto nas dificuldades propostas pelo jogo. Esta participante também relatou que sua memória havia melhorado e foi possível observar também que ela mudou de estágio de BRS.

CONCLUSÃO

Nesta tese foi apresentado um protocolo de tratamento individualizado, utilizando jogos sérios e RV para facilitar a recuperação neurológica da função motora em MS parético, atuando diretamente na redução da espasticidade do músculo bíceps braquial, no aumento da amplitude de movimento do cotovelo e na melhora da percepção da qualidade de vida dos participantes da pesquisa. Nessa intervenção observou-se, que a terapia proposta não apresentou nenhum efeito adverso, foi bastante motivadora, ofereceu um treinamento específico e intenso para o MS parético, o que culminou nos resultados da pesquisa, que indicaram melhora em relação à rigidez do membro superior parético, aumento da amplitude de movimento e aumento da qualidade de vida para voluntários pós AVC crônicos.

Limitações do estudo

As limitações desse estudo foram:

- Número reduzido de participantes.
- No jogo não era possível ajustar a velocidade para cada fase.
- Não conseguimos aplicar os níveis de dificuldade D9 e D10 devido ao do tamanho dos anéis, eles ficavam muito pequenos.
- Não era possível parar o jogo para o participante descansar.

Trabalhos futuros

- Inserir grupo controle.
- Comparar os resultados obtidos por mais de um avaliador cego.
- Implementar instrumentos para verificar o estado emocional dos participantes antes iniciarem a terapia e durante a terapia.
- Aplicar o protocolo para outros tipos de doenças.
- Correlacionar os resultados obtidos com as características dos participantes, como sexo, idade, dentre outros.
- Coletar os dados em conjunto com eletroencefalografia.

- Coletar os dados com instrumentos que possam avaliar aspectos emocionais durante a terapia.
- Implementar alguma forma de ajuste automático no sistema para que ele possa reconhecer que o indivíduo esteja apto a aumentar a dificuldade do jogo.
- Implementar no sistema alguma forma para evitar a compensação do corpo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. J. Benjamin *et al.*, “Heart disease and stroke statistics - 2018 update: A report from the American Heart Association,” *Circulation*, 2018. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000659>
- [2] Organização mundial da Saúde, “OPAS/OMS | Brasil | Doenças cardiovasculares,” 2016. [Online]. Available: http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5253%3ADoencas-cardiovasculares-&catid=845%3Anoticias&Itemid=839. [Accessed: 05-Dec-2018].
- [3] A. M. S. R. Greenberg DA, *Neurologia Clínica*, 2^o. Porto Alegre, 1996. [ISSN 0103-5355](https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000659).
- [4] R. C. Schuster *et al.*, “Análise da pressão plantar em pacientes com acidente vascular encefálico Foot pressure measurements in stroke patients,” 2008. <http://revistaneurociencias.com.br/edicoes/2008/RN%2016%2003/Pages%20from%20RN%2016%2003-4.pdf>
- [5] N. E. Mayo *et al.*, “Disablement following stroke.,” *Disabil. Rehabil.*, vol. 21, no. 5–6, pp. 258–68, 1999. <https://doi.org/10.1080/096382899297684>
- [6] G. Kwakkel, B. J. Kollen, and H. I. Krebs, “Effects of Robot-Assisted Therapy on Upper Limb Recovery After Stroke: A Systematic Review,” *Neurorehabil. Neural Repair*, vol. 22, no. 2, pp. 111–121, Mar. 2008. <https://doi.org/10.1177/1545968307305457>
- [7] C. G. Burgar *et al.*, “Robot-assisted upper-limb therapy in acute rehabilitation setting following stroke: Department of Veterans Affairs multisite clinical trial,” *J. Rehabil. Res. Dev.*, vol. 48, no. 4, p. 445, 2011. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2010.04.0062>
- [8] Y. Hsieh, C. Wu, W. Liao, K. Lin, K. Wu, and C. Lee, “Effects of Treatment Intensity in Upper Limb Robot-Assisted Therapy for Chronic Stroke,” *Neurorehabil. Neural Repair*, vol. 25, no. 6, pp. 503–511, Jul. 2011. <https://doi.org/10.1177/1545968310394871>
- [9] L. Teixeira Fidelis, L. Jorge Patrizzi, and I. Aparecida Porcatti de Walsh, “Influência da prática de exercícios físicos sobre a flexibilidade, força muscular manual e mobilidade funcional em idosos Influence of physical exercise on the flexibility, hand muscle strength and functional mobility in the elderly,” *Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.*, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1809-98232013000100011>

- [10] A. Thibaut, C. Chatelle, E. Ziegler, M.-A. Bruno, S. Laureys, and O. Gosseries, "Spasticity after stroke: physiology, assessment and treatment," *Brain Inj.*, vol. 27, no. 10, pp. 1093–1105, Sep. 2013. <https://doi.org/10.3109/02699052.2013.804202>.
- [11] A. Baricich, A. Picelli, F. Molteni, E. Guanziroli, A. Santamato, and A. Santamato, "Post-stroke spasticity as a condition: a new perspective on patient evaluation.," *Funct. Neurol.*, vol. 31, no. 3, pp. 179–80, 2016. <https://doi.org/10.11138/FNeur/2016.31.3.179>
- [12] C.-L. Kuo and G.-C. Hu, "Post-stroke Spasticity: A Review of Epidemiology, Pathophysiology, and Treatments," *Int. J. Gerontol.*, vol. 12, no. 4, pp. 280–284, Dec. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijge.2018.05.005>
- [13] D. K. Cheung, S. A. Climans, S. E. Black, F. Gao, G. M. Szilagy, and G. Mochizuki, "Lesion Characteristics of Individuals With Upper Limb Spasticity After Stroke," *Neurorehabil. Neural Repair*, vol. 30, no. 1, pp. 63–70, Jan. 2016. <https://doi.org/10.1177/1545968315585357>
- [14] J. Higgins, N. E. Mayo, J. Desrosiers, N. M. Salbach, and S. Ahmed, "Upper-limb function and recovery in the acute phase poststroke," *J. Rehabil. Res. Dev.*, 2005. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2003.10.0156>
- [15] G. Schlaug, V. Renga, and D. Nair, "Transcranial direct current stimulation in stroke recovery," *Archives of Neurology*. 2008. <https://doi.org/10.1001/archneur.65.12.1571>
- [16] Procedures in Hemiplegia: Based on Sequential Recovery Stages," *Phys. Ther.*, vol. 46, no. 4, pp. 357–375, Apr. 1966. <https://doi.org/10.1093/ptj/46.4.357>
- [17] O. Rosenthal *et al.*, "Boosting robot-assisted rehabilitation of stroke hemiparesis by individualized selection of upper limb movements – a pilot study," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 16, no. 1, p. 42, Dec. 2019. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0513-0>
- [18] F. Wittmann *et al.*, "Assessment-driven arm therapy at home using an IMU-based virtual reality system," in 2015 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), 2015, pp. 707–712. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2015.7281284>
- [19] O. Postolache *et al.*, "Postural balance analysis using force platform for K-theragame users," in 2016 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA), 2016, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/MeMeA.2016.7533705>
- [20] A. M. M. M. Funabashi, R. V. Aranha, T. D. Silva, C. B. M. M. Monteiro, W. S. Silva, and F. L. S. S. Nunes, "AGaR: A VR Serious Game to Support the Recovery of Post-Stroke Patients," in 2017 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR), 2017, pp. 279–288.

<https://doi.org/10.1109/SVR.2017.15>

- [21] K. Saurav, A. Dash, D. Solanki, and U. Lahiri, “Design of a VR-Based Upper Limb Gross Motor and Fine Motor Task Platform for Post-Stroke Survivors,” in 2018 IEEE/ACIS 17th International Conference on Computer and Information Science (ICIS), 2018, pp. 252–257. <https://doi.org/10.1109/ICIS.2018.8466538>
- [22] M. Trombetta, P. P. P. Bazzanello Henrique, M. R. Brum, E. L. Colussi, A. C. B. De Marchi, and R. Rieder, “Motion Rehab AVE 3D: A VR-based exergame for post-stroke rehabilitation,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 151, pp. 15–20, Nov. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.08.008>
- [23] G. House et al., “A Rehabilitation First—Tournament Between Teams of Nursing Home Residents with Chronic Stroke,” *Games Health J.*, vol. 5, no. 1, pp. 75–83, Feb. 2016. <https://doi.org/10.1089/g4h.2015.0072>
- [24] G. Saposnik et al., “Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial,” *Lancet. Neurol.*, vol. 15, no. 10, pp. 1019–1027, Sep. 2016. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)30121-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(16)30121-1)
- [25] A. A. Carregosa et al., “Virtual Rehabilitation through Nintendo Wii in Poststroke Patients: Follow-Up,” *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.*, vol. 27, no. 2, pp. 494–498, Feb. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.09.029>
- [26] V. L. Feigin et al., “Atlas of the global burden of stroke (1990-2013): The GBD 2013 study,” *Neuroepidemiology*, 2015. <https://doi.org/10.1159/000441106>
- [27] H. Asadi, “Acute ischemic stroke,” in *Interventional Radiology for Medical Students*, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53853-2_22
- [28] H. Kirshner and V. Mark, “Ischemic and Intracerebral Hemorrhagic Stroke,” in *Neurovascular Neuropsychology*, 2009. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.112.655910>
- [29] J. P. Mohr, D. W. Choi, J. C. Grotta, B. Weir, and P. A. Wolf. *Stroke: Pathophysiology, Diagnosis, and Management* 2004. ISBN: 9780443066009
- [30] A. Siniscalchi, L. Gallelli, A. Labate, G. Malferrari, C. Palleria, and G. De Sarro, “Post-stroke Movement Disorders: Clinical Manifestations and Pharmacological Management,” *Curr. Neuropharmacol.*, 2012. <https://doi.org/10.2174/157015912803217341>
- [31] J. C. Polese, A. Tonial, F. K. Jung, R. Mazuco, S. G. de Oliveira, and R. C. Schuster, “Avaliação da funcionalidade de indivíduos acometidos por acidente vascular encefálico,” *Rev. Neurociencias*, 2008. <http://revistaneurociencias.com.br/edicoes/2008/RN%2016%2003/Pages%20from%20RN%2016%2003-3.pdf>

- [32] R. Teasell and H. Mbbs, "Clinical Consequences of Stroke," *EBRSR [Evidence-Based Rev. Stroke Rehabil.]*, 2013. <http://www.ebrsr.com/sites/default/files/v18-SREBR-CH2-NET.pdf>
- [33] A. Pascual-Leone, "Clinical Consequences of Stroke," *Evidence-Based Rev. Stroke Rehabil.*, 2008. <http://www.ebrsr.com/evidence-review/2-clinical-consequences-stroke>
- [34] N. E. Mayo, S. Wood-Dauphinee, R. Côté, L. Durcan, and J. Carlton, "Activity, participation, and quality of life 6 months poststroke," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 83, no. 8, pp. 1035–1042, Aug. 2002. <https://doi.org/10.1053/apmr.2002.33984>
- [35] G. Sheean, "The pathophysiology of spasticity.," *Eur. J. Neurol.*, vol. 9 Suppl 1, pp. 3–9; dicussion 53-61, May 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1468-1331.2002.0090s1003.x>
- [36] Q. V. Doan *et al.*, "Relationship Between Disability and Health-Related Quality of Life and Caregiver Burden in Patients With Upper Limb Poststroke Spasticity," *PM R*, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.10.001>
- [37] C. Marciniak, "Poststroke Hypertonicity: Upper Limb Assessment and Treatment," *Top. Stroke Rehabil.*, 2011. <https://doi.org/10.1310/tsr1803-179>
- [38] J. Lance, *Spasticity: Disorder of Motor Control*. 1980.
- [39] J. Wissel, A. Manack, and M. Brainin, "Toward an epidemiology of poststroke spasticity," *Neurology*, vol. 80, no. Issue 3, Supplement 2, pp. S13–S19, Jan. 20130. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182762448>
- [40] A. Opheim, A. Danielsson, M. Alt Murphy, H. C. Persson, and K. S. Sunnerhagen, "Upper-Limb Spasticity During the First Year After Stroke," *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 93, no. 10, pp. 884–896, Oct. 2014. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000157>
- [41] D. K. Sommerfeld, U. G ripenstedt, and A.-K. Welmer, "Spasticity after stroke: an overview of prevalence, test instruments, and treatments.," *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 91, no. 9, pp. 814–20, Sep. 2012. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31825f13a3>
- [42] A. M. Bakheit *et al.*, "A randomized, double-blind, placebo-controlled study of the efficacy and safety of botulinum toxin type A in upper limb spasticity in patients with stroke.," *Eur. J. Neurol.*, vol. 8, no. 6, pp. 559–65, Nov. 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1468-1331.2001.00277.x>
- [43] R. Baranyi, R. Perndorfer, N. Lederer, B. Scholz, and T. Grechenig, "MyDailyRoutine - a serious game to support people suffering from a cerebral dysfunction," in *2016 IEEE International Conference on Serious Games and ApplicationsforHealth(SeGAH)*, 2016, pp.1–6.

<https://doi.org/10.1109/SeGAH.2016.7586283>

- [44] “BVS - Ministério da Saúde - Dicas em Saúde.” [Online]. Available: http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/dicas/260_qualidade_de_vida.html. [Accessed: 28-Jul-2019].
- [45] R. Nijland, E. Van Wegen, J. Verbunt, R. Van Wijk, J. Van Kordelaar, and G. Kwakkel, “A comparison of two validated tests for upper limb function after stroke: The wolf motor function test and the action research arm test,” *J. Rehabil. Med.*, 2010. <https://doi.org/10.2340/16501977-0560>
- [46] G. Kwakkel, B. Kollen, and E. Lindeman, “Understanding the pattern of functional recovery after stroke: facts and theories,” *Restor. Neurol. Neurosci.*, 2004. <https://www.mendeley.com/catalogue/understanding-pattern-functional-recovery-after-stroke-facts-theories/>
- [47] M. Brainin *et al.*, “Poststroke chronic disease management: Towards improved identification and interventions for poststroke spasticity-related complications,” *Int. J. Stroke*, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2010.00539.x>
- [48] Kandel, *Principles of neural science - KANDEL*. 2000. ISBN: 9780071390118
- [49] D. Hebert *et al.*, “Canadian stroke best practice recommendations: Stroke rehabilitation practice guidelines, update 2015,” *Int. J. Stroke*, vol. 11, no. 4, pp. 459–484, Jun. 2016. <https://doi.org/10.1177/1747493016643553>
- [50] S. M. Hatem *et al.*, “Rehabilitation of motor function after stroke: A multiple systematic review focused on techniques to stimulate upper extremity recovery,” *Front. Hum. Neurosci.*, 2016. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00442>
- [51] C. M. Trevisan, “Efeitos da imagem mental na reabilitação da função motora do membro superior na hemiplegia após-acidente vascular encefálico,” 2007. <http://repositorio.unb.br/handle/10482/2389>
- [52] E. M. Goldstein, N. Associates, and P.-D. Rd, “Spasticity Management: An Overview,” 2001. <https://doi.org/10.1177/088307380101600104>
- [53] V. Klamroth-Marganska *et al.*, “Three-dimensional, task-specific robot therapy of the arm after stroke: a multicentre, parallel-group randomised trial,” *Lancet Neurol.*, vol. 13, no. 2, pp. 159–166, 2014. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70305-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70305-3)
- [54] D. Vieira, M. B. Silva, M. C. Melo, and A. B. Soares, “Effect of myofeedback on the threshold of the stretch reflex response of post-stroke spastic patients,” *Disabil. Rehabil.*, vol. 39, no. 5, pp. 458–467, Feb. 2017. <https://doi.org/10.3109/09638288.2016.1146359>
- [55] H. Richvoldsen, “Serious Gaming: Serious content in an entertaining framework,” 58, 2009. <http://hdl.handle.net/11250/2369415>

- [56] O. Postolache, F. Cary, P. S. Girão, and N. Duarte, “Physiotherapy assessment based on Kinect and mobile APPs,” in *2015 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, 2015, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/IISA.2015.7388013>
- [57] L. E. Sucar *et al.*, “Gesture Therapy: An Upper Limb Virtual Reality-Based Motor Rehabilitation Platform,” *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, vol. 22, no. 3, pp. 634–643, May 2014. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2013.2293673>
- [58] K. X. Khor, P. J. H. Chin, H. A. Rahman, C. F. Yeong, E. L. M. Su, and A. L. T. Narayanan, “A novel haptic interface and control algorithm for robotic rehabilitation of stroke patients,” in *2014 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)*, 2014, pp. 421–426. <https://doi.org/10.1109/HAPTICS.2014.6775492>
- [59] T. Susi, M. Johannesson, and P. Backlund, “Serious Games : An Overview,” 2007. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:2416/FULLTEXT01.pdf>
- [60] J. Burke, M. McNeill, D. Charles, P. Morrow, J. Crosbie, and S. McDonough, “Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games,” *Vis Comput.*, vol. 25, pp. 1085–1099, 2009. <https://doi.org/10.1007/s00371-009-0387-4>
- [61] L. Omelina, B. Jansen, B. Bonnechère, S. Van, S. Jan, and J. Cornelis, “Serious games for physical rehabilitation: designing highly configurable and adaptable games,” *Virtual Real. Assoc. Technol. Laval 2012 ICDVRAT*, pp. 10–12, 2012. <https://pdfs.semanticscholar.org/5aa0/9f8260ac96159daf15fbb54fa4f257b17187.pdf>
- [62] G. Placidi, D. Avola, D. Iacoviello, and L. Cinque, “Overall design and implementation of the virtual glove,” *Comput. Biol. Med.*, vol. 43, no. 11, pp. 1927–1940, Nov. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2013.08.026>
- [63] A. E. F. Da Gama *et al.*, “MirrARbilitation: A clinically-related gesture recognition interactive tool for an AR rehabilitation system,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 135, pp. 105–114, Oct. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2016.07.014>
- [64] M. F. Levin, P. L. Weiss, and E. A. Keshner, “Emergence of Virtual Reality as a Tool for Upper Limb Rehabilitation: Incorporation of Motor Control and Motor Learning Principles,” *Phys. Ther.*, vol. 95, no. 3, p. 415, Mar. 2015. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130579>
- [65] P. L. Weiss, E. A. Keshner, and M. F. Levin, Eds., *Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation*. New York, NY: Springer New York, 2014. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0968-1_1
- [66] L. A. Boyd and C. J. Winstein, “Impact of explicit information on implicit motor-sequence learning following middle cerebral artery stroke.,” *Phys. Ther.*, 2003. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.11.976>

- [67] J. A. Kleim and T. A. Jones, "Principles of Experience-Dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation After Brain Damage," *J. Speech, Lang. Hear. Res.*, 2008. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/018\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/018))
- [68] L. E. Sucar, R. Luis, R. Leder, J. Hernández, and I. Sánchez, "Gesture therapy: A vision-based system for upper extremity stroke rehabilitation," in *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC'10*, 2010. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2010.5627458>
- [69] F. Orihuela-Espina *et al.*, "Neural Reorganization Accompanying Upper Limb Motor Rehabilitation from Stroke with Virtual Reality-Based Gesture Therapy," *Top. Stroke Rehabil.*, 2013. <https://doi.org/10.1310/tsr2003-197>
- [70] A. R. Fugl Meyer, L. Jaasko, and I. Leyman, "The post stroke hemiplegic patient. A method for evaluation of physical performance," *Scand. J. Rehabil. Med.*, 1975. https://neurophys.gu.se/digitalAssets/1328/1328802_the_post-stroke-hemiplegic_patient.pdf
- [71] G. Demeurisse, O. Demol, and E. Robaye, "Motor evaluation in vascular hemiplegia," *Eur. Neurol.*, 1980. <https://doi.org/10.1159/000115178>
- [72] S. L. Sen, Y. B. Xiang, E. S. L. Ming, K. K. Xiang, Y. C. Fai, and Q. I. Khan, "Enhancing effectiveness of virtual reality rehabilitation system: Durian Runtuh," in *2015 10th Asian Control Conference (ASCC)*, 2015, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/ASCC.2015.7244607>
- [73] C. Benaim, D. A. Pérennou, J. Villy, M. Rousseaux, and J. Y. Pelissier, "Validation of a standardized assessment of postural control in stroke patients: The Postural Assessment Scale for Stroke patients (PASS)," *Stroke*, 1999. <https://doi.org/10.1161/01.STR.30.9.1862>
- [74] S. L. Wolf, D. E. Lecraw, L. A. Barton, and B. B. Jann, "Forced use of hemiplegic upper extremities to reverse the effect of learned nonuse among chronic stroke and head-injured patients," *Exp. Neurol.*, 1989. [https://doi.org/10.1016/S0014-4886\(89\)80005-6](https://doi.org/10.1016/S0014-4886(89)80005-6)
- [75] S. Barreca *et al.*, "Development of the Chedoke Arm and Hand Activity Inventory: Theoretical constructs, item generation, and selection," *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2004. <https://doi.org/10.1310/JU8P-UVK6-68VW-CF3W>
- [76] G. Jackson-Koku, "Beck depression inventory," *Occupational Medicine*. 2016. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqv087>
- [77] R. M. Reitan, "validity of the trail making test as an indicator of organic brain damage," *Percept. Mot. Skills*, 1958. <https://doi.org/10.2466/pms.1958.8.3.271>
- [78] J. E. Ware, "SF-36 Health Survey update," *Spine*. 2000. <https://doi.org/10.1097/00007632-200012150-00008>

- [79] S. H. Lee, H.-Y. Jung, S. J. Yun, B.-M. Oh, and H. G. Seo, "Upper Extremity Rehabilitation Using Fully Immersive Virtual Reality Games with a Head Mount Display: A Feasibility Study," *PM&R*, Jun. 2019. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12206>
- [80] R. C. Lyle, "A performance test for assessment of upper limb function in physical rehabilitation treatment and research.," *Int. J. Rehabil. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 483–92, 1981. <https://doi.org/10.1097/00004356-198112000-00001>
- [81] V. Mathiowetz, G. Volland, N. Kashman, and K. Weber, "Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity.," *Am. J. Occup. Ther. Off. Publ. Am. Occup. Ther. Assoc.*, 1985. <https://doi.org/10.5014/ajot.39.6.386>
- [82] S. Shah, F. Vanclay, and B. Cooper, "Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation," *J. Clin. Epidemiol.*, 1989.
- [83] A. Warland *et al.*, "The feasibility, acceptability and preliminary efficacy of a low-cost, virtual-reality based, upper-limb stroke rehabilitation device: a mixed methods study.," *Disabil. Rehabil.*, vol. 41, no. 18, pp. 2119–2134, Sep. 2019. <https://doi.org/10.1080/09638288.2018.1459881>
- [84] K. Kim, "Likert Scale," *Korean J. Fam. Med.*, 2011. doi: 10.4082/kjfm.2011.32.1.1 <https://doi.org/10.4082/kjfm.2011.32.1.1>
- [85] G. A. V. Borg, "Psychophysical bases of perceived exertion," *Plast. Reconstr. Surg.*, 1954. <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=7154893>
- [86] E. Taub, K. McCulloch, G. Uswatte, and D. M. Morris, "Motor Activity Log (MAL) Manual," *Ther. Res. Gr.*, 2011. https://www.uab.edu/citherapy/images/pdf_files/CIT_Training_MAL_manual.pdf
- [87] M. R. Brum, F. W. Simor, A. C. B. Marchi, and R. Rieder, "Proposta de um protocolo de avaliação de usabilidade de interfaces 3D para idosos," 2015. <http://semanadoconhecimento.upf.br/download/anais-2015/ciencias-exatas-terra/manoela-rogfski-brum-proposta-de-um-%20protocolo.pdf>
- [88] Y.-B. Oh *et al.*, "Efficacy of Virtual Reality Combined With Real Instrument Training for Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 100, no. 8, pp. 1400–1408, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.03.013>
- [89] N. Ciesla, V. Dinglas, E. Fan, M. Kho, J. Kuramoto, and D. Needham, "Manual muscle testing: A method of measuring extremity muscle strength applied to critically III patients," *J. Vis. Exp.*, no. 50, Apr. 2011. <https://doi.org/10.3791/2632>
- [90] M. B. Bohannon, R. W., Smith, "Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity," *Physical Ther.*, 1987.

<https://doi.org/10.1093/ptj/67.2.206>

- [91] V. Mathiowetz, K. Weber, N. Kashman, and G. Volland, “Adult norms for the nine hole peg test of finger dexterity,” *Occup. Ther. J. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 24–38, Jan. 1985. <https://doi.org/10.1177/153944928500500102>
- [92] T. H. Kim *et al.*, “Korean version of mini mental status examination for dementia screening and its’ short form.,” *Psychiatry Investig.*, vol. 7, no. 2, pp. 102–8, Jun. 2010. <https://doi.org/10.4306/pi.2010.7.2.102>
- [93] K.-H. Park *et al.*, “The Korean Version of the Cognitive Assessment Scale for Stroke Patients (K-CASP): A Reliability and Validity Study,” *Ann. Rehabil. Med.*, vol. 41, no. 3, p. 362, Jun. 2017. <https://doi.org/10.5535/arm.2017.41.3.362>
- [94] D. L. Ines and G. Abdelkader, “Mixed reality serious games: The therapist perspective,” in *2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 2011, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1109/SeGAH.2011.6165462>
- [95] “UFU cria jogo para reabilitação de braços após AVC | TV Paranaíba | A TV que a gente faz.” [Online]. Available: <http://www.tvparanaiba.com.br/videos/ufu-cria-jogo-para-reabilitacao-de-bracos-apos-avc>. [Accessed: 09-Apr-2019].
- [96] “Jogo criado por cientistas da UFU auxilia na reabilitação de pacientes que sofreram AVC - G1 Triângulo Mineiro - Catálogo de Vídeos.” [Online]. Available: <http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/videos/t/todos-os-videos/v/jogo-criado-por-cientistas-da-ufu-auxilia-na-reabilitacao-de-pacientes-que-sofreram-avc/7462066/>. [Accessed: 09-Apr-2019].
- [97] “Cientistas da UFU criam jogo para reabilitação de braços após AVC | comunica.ufu.br.” [Online]. Available: <http://www.comunica.ufu.br/noticia/2019/02/cientistas-da-ufu-criam-jogo-para-reabilitacao-de-bracos-apos-avc>. [Accessed: 09-Apr-2019].
- [98] J. T. de Souza, “Jogo sério baseado em Realidade Virtual para reabilitação de indivíduos com paresia de membro superior decorrente de Acidente Vascular Encefálico (AVE),” Universidade Federal de Uberlândia, 2019. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25935>
- [99] G. Fernandes Cyrino, “Harpy Game: um jogo sério customizável com interface multimodal.,” Universidade Federal de Uberlândia, 2019. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24795>
- [100] A. Piccoli *et al.*, “Immersive Virtual Reality for individuals with spinal cord injuries,” in *2017 IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT)*, 2017, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1109/LISAT.2017.8001959>
- [101] M. Eckert, I. Gómez-Martinho, J. Meneses, and J. F. M. Ortega, “A modular

- middleware approach for exergaming,” in *2016 IEEE 6th International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)*, 2016, pp. 169–173. <https://doi.org/10.1109/ICCE-Berlin.2016.7684747>
- [102] M. Sathiyarayanan and S. Rajan, “MYO Armband for physiotherapy healthcare: A case study using gesture recognition application,” in *2016 8th International Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS)*, 2016, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/COMSNETS.2016.7439933>
- [103] H.-C. Lee, C.-L. Huang, S.-H. Ho, and W.-H. Sung, “The Effect of a Virtual Reality Game Intervention on Balance for Patients with Stroke: A Randomized Controlled Trial,” *Games Health J.*, vol. 6, no. 5, pp. 303–311, Oct. 2017. <https://doi.org/10.1089/g4h.2016.0109>
- [104] S. Naghdi, N. N. Ansari, K. Mansouri, and S. Hasson, “A neurophysiological and clinical study of Brunnstrom recovery stages in the upper limb following stroke,” *Brain Inj.*, vol. 24, no. 11, pp. 1372–1378, Oct. 2010. doi: 10.3109/02699052.2010.506860 <https://doi.org/10.3109/02699052.2010.506860>
- [105] E. D. de Freitas, *Manual Prático de Reeducação Motora do Membro Superior na Hemiplegia: fundamentado no método Brunnstrom*. São Paulo, 2000. <https://recursosoteraputicosto.files.wordpress.com/2016/03/manual-pre3altico-de-reeducac3a7c3a3o-motora-do-membro-superior-na-hemiplegia.pdf>
- [106] A. Marques, *Manual de goniometria*, 2^o Edição. Barueri, SP, 2003. ISBN: 978-85-204-4081-0.
- [107] J. D. M. dos Santos, M. A. de Oliveira, N. J. F. da Silveira, S. de S. Carvalho, and A. G. Oliveira, “Confiabilidade inter e intraexaminadores nas mensurações angulares por fotogrametria digital e goniometria,” *Fisioter. em Mov.*, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-51502011000300003>
- [108] M. F. Levin, R. W. Selles, M. H. G. Verheul, and O. G. Meijer, “Deficits in the coordination of agonist and antagonist muscles in stroke patients: Implications for normal motor control,” *Brain Res.*, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0006-8993\(99\)02298-2](https://doi.org/10.1016/S0006-8993(99)02298-2)
- [109] A. Calota, A. G. Feldman, and M. F. Levin, “Spasticity measurement based on tonic stretch reflex threshold in stroke using a portable device,” *Clin. Neurophysiol.*, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.07.215>
- [110] M. B. Silva, A. N. Silva, E. L. M. Naves, E. T. Palomari, and A. B. Soares, “An improved approach for measuring the tonic stretch reflex response of spastic muscles,” *Comput. Biol. Med.*, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2016.12.001>
- [111] I. A. Marques, M. B. Silva, A. N. Silva, L. M. D. Luiz, A. B. Soares, and E. L.

- M. Naves, "Measurement of post-stroke spasticity based on tonic stretch reflex threshold: implications of stretch velocity for clinical practice," *Disability and Rehabilitation*, Taylor & Francis, pp. 1–7, 02-Oct-2017. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1381183>
- [112] A. R. Rezende, "Avaliação quantitativa do efeito da toxina botulínica tipo A em indivíduos com espasticidade do músculo bíceps braquial," Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24603>
- [113] C. M. Alves, "Desenvolvimento e aplicação de um equipamento para avaliação da espasticidade pelo método limiar do reflexo de estiramento tônico," Universidade Federal de Uberlândia, 2019. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24601>
- [114] E. L. M. Naves, A. R. Rezende, C. M. Alves, and I. A. Marques, "Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT 29409161805855025 29/06/2018 870180056637 15:59 Número do Processo: BR 10 2018 013494 9Pedido nacional de Invenção , Modelo de Utilidade ," 2018.
- [115] A. Rezende, C. Alves, I. Marques, M. A. Silva, and E. Naves, "Polymer Optical Fiber Goniometer: A New Portable, Low Cost and Reliable Sensor for Joint Analysis," *Sensors*, Vol 18, Iss 12, p 4293, no. 12, p. 4293, 2018.
- [116] L. S. Williams, M. Weinberger, L. E. Harris, D. O. Clark, and J. Biller, "Development of a stroke-specific quality of life scale.," *Stroke*, vol. 30, no. 7, pp. 1362–9, Jul. 1999. <https://doi.org/10.1161/01.STR.30.7.1362>
- [117] I. Muus, L. S. Williams, and K. C. Ringsberg, "Validation of the Stroke Specific Quality of Life Scale (SS-QOL): test of reliability and validity of the Danish version (SS-QOL-DK)," *Clin. Rehabil.*, vol. 21, no. 7, pp. 620–627, Jul. 2007. <https://doi.org/10.1177/0269215507075504>
- [118] M. L. Lima RCM, Teixeira-Salmela LF and Gomes-Neto M5, "Propriedades psicométricas da versão brasileira da escala de qualidade de vida específica para acidente vascular encefálico: aplicação do modelo Rasch," *Rev Bras Fisioter*, vol. 12, no. 2, pp. 149–56, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552008000200012>.
- [119] M. J. Crawley, *The R Book*. London, UK, 2007. [ISBN-13: 978-0-470-51024-7](https://doi.org/10.1002/9780470510247)
- [120] S. S. Shapiro and M. B. Wilk, "An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)," *Biometrika*, 2006. https://www.jstor.org/stable/2333709?seq=2#metadata_info_tab_contents
- [121] S. Brown and L. Melamed, "T Test," in *Experimental Design and Analysis*, 2012. <https://doi.org/10.4135/9781412984218.n3>

- [122] J. W. Gooch, “Mann-Whitney U Test,” in *Encyclopedic Dictionary of Polymers*, 2011. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6247-8_15277
- [123] J. E. Deutsch and S. Westcott McCoy, “Virtual Reality and Serious Games in Neurorehabilitation of Children and Adults: Prevention, Plasticity, and Participation.,” *Pediatr. Phys. Ther.*, vol. 29 Suppl 3, pp. S23–S36, Jul. 2017. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000387>
- [124] P. Rego, P. M. Moreira, and L. P. Reis, “Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy,” in *5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies.*, 2010.
- [125] M. F. Levin, J. E. Deutsch, M. Kafri, and D. G. Liebermann, “Validity of Virtual Reality Environments for Sensorimotor Rehabilitation,” 2014, pp. 95–118. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0968-1_6
- [126] M. L. Woodbury *et al.*, “Matching Task Difficulty to Patient Ability During Task Practice Improves Upper Extremity Motor Skill After Stroke: A Proof-of-Concept Study,” *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 97, no. 11, pp. 1863–1871, Nov. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.03.022>
- [127] O. A. Postolache and G. B. Postolache, “Development and selection of balance sensing devices,” *IEEE Instrum. Meas. Mag.*, vol. 20, no. 1, pp. 38–48, 2017. <https://doi.org/10.1109/MIM.2017.7864548>
- [128] D. M. Wolpert, J. Diedrichsen, and J. R. Flanagan, “Principles of sensorimotor learning,” *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 12, no. 12, pp. 739–751, Dec. 2011. <https://doi.org/10.1038/nrn3112>
- [129] J. F. M. Fleuren *et al.*, “Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity,” *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 2010. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2009.177071>
- [130] C. P. Charalambous, “Interrater reliability of a modified ashworth scale of muscle spasticity,” in *Classic Papers in Orthopaedics*, 2014. DOI: [10.1007/978-1-4471-5451-8_105](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5451-8_105)
- [131] A. D. Pandyan, G. R. Johnson, C. I. M. Price, R. H. Curless, M. P. Barnes, and H. Rodgers, “A review of the properties and limitations of the Ashworth and modified Ashworth Scales as measures of spasticity,” *Clin. Rehabil.*, 1999. <https://doi.org/10.1191/026921599677595404>
- [132] T. Kaya, A. Goksel Karatepe, R. Gunaydin, A. Koc, and U. Altundal Ercan, “Inter-rater reliability of the Modified Ashworth Scale and modified Modified Ashworth Scale in assessing poststroke elbow flexor spasticity,” *Int. J. Rehabil. Res.*, vol. 34, no. 1, pp. 59–64, Mar. 2011. <https://doi.org/10.1097/MRR.0b013e32833d6cdf>
- [133] M. Germanotta, M. Petrarca, S. Rossi, A. Colazza, E. Castelli, and P. Cappa,

- “Measure of stretch reflex spatial thresholds at the ankle in a patient with CP using the Anklebot,” *Gait Posture*, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.05.051>
- [134] H. S. Park, J. Kim, and D. L. Damiano, “Development of a haptic elbow spasticity simulator (HESS) for improving accuracy and reliability of clinical assessment of spasticity,” *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, 2012.. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2012.2195330>
- [135] K. S. Kim, J. H. Seo, and C. G. Song, “Portable measurement system for the objective evaluation of the spasticity of hemiplegic patients based on the tonic stretch reflex threshold,” *Med. Eng. Phys.*, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2010.09.002>
- [136] A. K. Blanchette, A. A. Mullick, K. Moin-Darbari, and M. F. Levin, “Tonic Stretch Reflex Threshold as a Measure of Ankle Plantar-Flexor Spasticity After Stroke,” *Phys. Ther.*, 2016. <https://doi.org/10.2522/ptj.20140243>
- [137] S. Roze, H. Kurth, B. Hunt, W. Valentine, and R. Marty, “Evaluation of the cost per patient per injection of botulinum toxin a in upper limb spasticity: Comparison of two preparations in 19 countries,” *Med. Devices Evid. Res.*, 2012. <https://doi.org/10.2147/MDER.S35563>.
- [138] M. Doan-Aslan, G. F. Nakipolu-Yüzer, A. Doan, I. Karabay, and N. Özgirgin, “The effect of electromyographic biofeedback treatment in improving upper extremity functioning of patients with hemiplegic stroke,” *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.*, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2010.06.006>
- [139] K. N. Arya, S. Pandian, D. Kumar, and V. Puri, “Task-Based Mirror Therapy Augmenting Motor Recovery in Poststroke Hemiparesis: A Randomized Controlled Trial,” *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.*, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.03.026>
- [140] G. Kwakkel, J. Veerbeek, E. van Wegen, and S. Wolf, “Constraint-induced movement therapy after stroke,” in *Constraint-induced movement therapy after stroke*, 2015. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70160-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70160-7)
- [141] L. Santisteban, M. Térémetz, J.-P. Bleton, J.-C. Baron, M. A. Maier, and P. G. Lindberg, “Upper Limb Outcome Measures Used in Stroke Rehabilitation Studies: A Systematic Literature Review,” *PLoS One*, vol. 11, no. 5, p. e0154792, May 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154792>
- [142] E. Tsekleves, I. T. Paraskevopoulos, A. Warland, and C. Kilbride, “Development and preliminary evaluation of a novel low cost VR-based upper limb stroke rehabilitation platform using Wii technology,” *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.*, vol. 11, no. 5, pp. 413–422, Jul. 2016. <https://doi.org/10.3109/17483107.2014.981874>

- [143] I. H. Suenkeler *et al.*, “Timecourse of health-related quality of life as determined 3, 6 and 12 months after stroke,” *J. Neurol.*, vol. 249, no. 9, pp. 1160–1167, Sep. 2002. <https://doi.org/10.1007/s00415-002-0792-3>
- [144] F. J. Carod-Artal and J. A. Egido, “Quality of Life after Stroke: The Importance of a Good Recovery,” *Cerebrovasc. Dis.*, vol. 27, no. 1, pp. 204–214, 2009. <https://doi.org/10.1159/000200461>
- [145] E. Gurcay, A. Bal, and A. Cakci, “Health-related quality of life in first-ever stroke patients,” *Ann. Saudi Med.*, vol. 29, no. 1, pp. 36–40, 2009. <https://doi.org/10.4103/0256-4947.51814>
- [146] J. E. Ware and C. D. Sherbourne, “The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection,” *Med. Care*, 1992. <https://doi.org/10.1097/00005650-199401000-00004>
- [147] L. F. Santos De Araújo *et al.*, “Diário de pesquisa e suas potencialidades na pesquisa qualitativa em saúde,” *Rev. Bras. Pesq. Saúde*, vol. 15, no. 3, pp. 53–61, 2013. <https://doi.org/10.21722/rbps.v15i3.6326>
- [148] S. Scoppa, Fábio; Capra, Roberto; Gallamini, Michele; Schiffer, Riccardo; D’Ottavio, “Clinicial Stabilometry Standardization: feet position in the stabilometric and postural.” DOI: [10.19193/0393-6384_2017_4_105k](https://doi.org/10.19193/0393-6384_2017_4_105k)

APÊNDICE

Publicações obtidas durante o período do doutorado

- Aceito para publicação
Revista (2019)
- MIZIARA, Isabela Marques; SILVA, Bárbara Gama; **MARQUES, Isabela Alves**; SÁ, Angela Abreu Rosa de Sá; MORAIS, Iraídes Oliveira; PEREIRA, Adriano Alves; NAVES, Eduardo Lázaro Martins. Analysis of the biomechanical parameters of high-performance of the roundhouse kicks in Taekwondo athletes. RESEARCH ON BIOMEDICAL ENGINEERING.
- Revista (2018)
- A1
Eng IV
- REZENDE, Andressa; ALVES, Camille; **MARQUES, Isabela**; SILVA, Marco; NAVES, Eduardo. Polymer Optical Fiber Goniometer: A New Portable, Low Cost and Reliable Sensor for Joint Analysis. SENSORS, v. 18, p. 4293, 2018.
- Revista (2017)
- A1
Ed. Física
- MARQUES, Isabela Alves**; SILVA, Maristella Borges; SILVA, Andrei Nakagawa; LUIZ, Luiza Maire David; SOARES, Alcimar Barbosa; NAVES, Eduardo Lázaro Martins. Measurement of post-stroke spasticity based on tonic stretch reflex threshold: implications of stretch velocity for clinical practice. DISABILITY AND REHABILITATION, p. 1-7, 2017.
- Artigo aceito em congresso
(2019)
- Isabela MARQUES**, Camille Alves, Andressa Rezende, Marco Aurélio Silva and Eduardo Naves. Evaluating the spasticity level during the rehabilitation process: a survey of traditional methods and a new trend. The 10th International Conference on Emerging Ubiquitous Systems and Pervasive Networks (EUSPN). November 4-7, 2019, Coimbra, Portugal
- Congresso
(2019)
- Maire David Luiz, Luiza, **ALVES MARQUES, Isabela**, Oliveira Andrade, Adriano. (2019). Proposta de uma avaliação longitudinal na Doença de Parkinson utilizando instrumentos biomédicos para quantificação dos sinais motores. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3461159>

Congresso (2017) AZEVEDO, M.R.; SENA, R.; **MARQUES, I**; FREITAS, A.D;
NAKAGAWA, A.; SOARES, A.B. Evoked Related Potential Assessment for Anxious and Non-Anxious Subjects. In: Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia (COBEC) e o Simpósio de Engenharia Biomédica (SEB) COBECSEB, 2018, Uberlândia. Anais do V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia e X Simpósio de Engenharia Biomédica, 2017.

A. MARQUES, I.; P. ZAMBALDE, E.; M. SANTANA, E.; L. M. NAVES, E.. Influência da Propriocepção Plantar no Equilíbrio de Adultos Jovens. In: Anais COBECSEB 2017, 2018, Uberlândia. Anais do V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia e X Simpósio de Engenharia Biomédica, 2017

M. D. LUIZ, L.; **A. MARQUES, I.**; O. ANDRADE, A.. Proposta De Um Método De Avaliação Quantitativa Do Tremor Pré, Intra E Pós-Operatória por Meio da Utilização de Sensores Inerciais e de Eletromiografia em Procedimento Cirúrgico Funcional. In: Anais COBECSEB 2017, 2018, Uberlândia. Anais do V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia e X Simpósio de Engenharia Biomédica, 2017.

MARTINS, F; **MARQUES, I. A.**; NAVES, E. L. M.. Proposta De Dispositivo Para Comunicação Aumentada e Alternativa com Design Centrado no Usuário. In: VII Congresso Brasileiro de Comunicação Alternativa, 2017, Natal. Anais do VII Congresso Brasileiro de Comunicação Alternativa ISAAC-Brasil. Marília: ABPEE, 2017. v. 7. p. 366-379.

Congresso (2016) BARRETO, C.; NOBREGA, L.; Silva, G; **MARQUES, I. A.**; MARTINS, F.; MACHADO, G.; RODRIGUES, M.; NAVES, E. L. M. Proposta de um dispositivo para comunicação aumentada alternativa. In: Simpósio de Engenharia Biomédica, 2016, Uberlândia. Anais do SEB 2016/ Simpósio de Engenharia Biomédica, 2016.

AZEVEDO, M. R.; SENA, R.; SILVA, S. A. S.; **MARQUES, I. A.**; Soares,

AB. Avaliação Clínica do Bruxismo do Sono em Jovens Adultos Com Auxílio de Dispositivo Descatável de EMG. In: IV Congresso Brasileiro De Eletromiografia E Cinesiologia E Iv Jornada Nacional De Procedimentos Mioterápicos, 2016, Ribeirão Preto.

- Congresso (2015) **MARQUES, I. A.**; MIZIARA, I. M.; LUIZ, L. M. D.; AZEVEDO, M. R..
Influência dos protetores bucais na performance de atletas do karatê. In: 5º Congresso Internacional de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, 2015, Uberlândia. ANAIS da 35ª Jornada Odontológica da UFU / 5º Congresso Internacional de Odontologia da UFU, 2015.
- Patente (2018) **MARQUES, I. A.**; ALVES, C. M.; REZENDE, A. R.; NAVES, E. L. M..
Dispositivo para Avaliação da Espasticidade baseado no método LRET. 2018, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR10201801349, título: "Dispositivo para Avaliação da Espasticidade baseado no método LRET", Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 29/06/2018
- MARQUES, I. A.**; ALVES, C. M.; REZENDE, A.R.; NAVES, E. L. M.
SpES - Spasticity Evaluation System. 2018. Patente: Programa de Computador. Número do registro: BR512018051735-8, data de registro: 24/09/2018, título: "SpES Spasticity Evaluation System", Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.
- Coorientação de TCC (2017) Nyalla Maria do Valle Alves. Desenvolvimento de dispositivo para avaliação da espasticidade. 2017. Iniciação Científica. (Graduando em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Uberlândia. Coorientador: **Isabela Alves Marques.**
- Premiação (2017) Prêmio: Odorico Machado, Sociedade Brasileira de Eletromiografia e Cinesiologia.

Síntese dos trabalhos correlatos.

Autores	Número de participantes	Materiais utilizados	Sessões de terapia	Avaliações	Resultados e Conclusões	Observações
L. E. Sucar <i>et al.</i> [68], 2010	42 sujeitos pós AVC. GC: 22 pacientes; GE: 20 pacientes.	Web cam; Bola colorida presa a uma pinça; Jogo sério Gesture Therapy.	21 sessões; 60 min; 3 sessões por semana.	Fugl-Meyer [63]; Índice de Motricidade [64]; Inventário de Motivação Intrínseca.	Melhora significativa para os parâmetros avaliados, sem diferença significativa entre os dois grupos, com maior motivação para jogo sério.	Necessidade de segurar o sensor de movimento. Monitor onde é executado o jogo é pequeno. Gráficos muito simples. Avatar do jogo correspondente a uma mão aleatória no ambiente virtual.
F. Orihuela-Espina <i>et al</i> [69], 2013	8 pacientes pós AVC.	Ressonância magnética; Jogo sério Gesture Therapy.	20 sessões; 45 minutos.	Escala de Fugl-Meyer [63]; Índice de Motricidade [64].	Maior ativação do córtex motor no hemisfério não afetado, com recrutamento cerebelar e ativação compensatória do córtex pré-frontal. Correlação forte e significativa entre a destreza motora. Atividade cerebral inversamente relacionada às melhorias comportamentais. Indivíduos com maior comprometimento se beneficiam mais do tratamento.	Trabalho bastante promissor para detecção da atividade encefálica. Terapia do Gesto, como descrito acima, pode ser melhorada.

L. E. Sucar <i>et al.</i> [57], 2014.	6 pacientes pós AVC.	Computador; Webcam; Controladores; Rastreamento, ambiente simulado; Detector de compensação de tronco; Módulo de adaptação.	1 a 4 3 minutos.	Número de alvos por unidade de tempo; Movimentação do controle; Velocidade.	Não foram encontradas alterações significativas em nenhum dos aspectos medidos. Os autores afirmam que com a publicação destes três trabalhos, ficou demonstrada a viabilidade do jogo sério	Tentativa de fornecer uma reabilitação mais completa. Poucas sessões para concluir sua efetividade.
Wittman <i>et al.</i> [18], 2015	5 voluntários com sequelas de AVC,	MotionPod 3; Movea SA, França.	6 semanas em casa e sem supervisão do terapeuta.	Fugl-Meyer [63]	Melhora de 5 pontos pela escala de Fugl-Meyer. Poposta viável para terapia domiciliar.	Estudo piloto. Gráficos simples. Sistema de mãos livres.
Postolache <i>et al.</i> [19], 2015	2 indivíduos hígidos	Sensor Kinect; Plataforma de força.	Única sessão.	Estabilometria de acordo com Teste de Roomberg [148].	Resultados satisfatórios em relação ao alto nível de integração dos sistemas. Possibilidade de realizar cálculos on-line de métricas dos dois sensores.	Estudo piloto. Somente em indivíduos hígidos. Adequação da terapia, de forma individualizada.
Sen <i>et al.</i> [72], 2015	3 indivíduos hígidos	Jogo sério Durian Runtuh; Kinect.	6 sessões 36 minutos por sessão.	ADM; Estabilidade e a segurança do sistema.	Para detecção do ADM, é necessário melhorar o algoritmo de captura dos movimentos pelo Kinect. Em relação ao sistema, de acordo com os autores, os resultados foram satisfatórios.	Testes em indivíduos hígidos. Sistemas de mãos livres. Limitações do algoritmo utilizado para reconhecimento das articulações.

Saposnik <i>et al.</i> [24], 2016	121 pacientes, GE: 59 GC: 52	Nintendo Wii; Jogos diversos	10 sessões; 60 minutos.	<i>Wolf Motor Function Test</i> [70].	Terapia com RV não foi superior à intervenção com atividade recreativa na melhora da função motora. Tipo de tarefa pode ser menos relevante, porém, deve ser intensiva o suficiente e específica para cada tarefa.	Jogos comercialmente existentes. Sem resultados efetivos de melhora funcional.
House <i>et al.</i> [23], 2016	7 pacientes pós AVC	<i>BrightArm™ Duo (Bright Cloud International Corp., Highland Park, NJ)</i>	8 semanas; Dois períodos de reforço; Torneio. 45 a 50 minutos treinamento 30 minutos torneio.	Escala de Fugl–Meyer [63]; <i>Chedoke Arm and Hand Activity Inventory</i> [72]; ADM; <i>Beck Depression Inventory</i> [73] <i>Trail Making Test</i> [74]	Melhora na ADM. Boa adesão nos jogos cooperativos, com redução do tempo de conclusão do jogo. Manutenção dos resultados em relação à função e níveis de depressão. Eficácia na melhoria da ADM.	Necessário um espaço considerável para aplicação da terapia. Jogos com interfaces mais simples.
Funabashi <i>et al.</i> [20], 2017	4 indivíduos com sequelas de AVC	Sensor Kinect One, Jogo sério AGaR.	Uma sessão de pré-treinamento e uma sessão de treinamento	Avaliação qualitativa do sensor. Avaliação do AGaR. SDK da Affectiva.	Limitações do Kinect. Melhora no aprendizado para alguns participantes. Resultados inconclusivos para análise afetiva. Necessário um maior número de sessões, assim como um maior número de pacientes.	Estudo piloto. Terapia individualizada. Sensor mãos livres. Comunicação afetiva.
Carregosa <i>et al.</i> [25], 2018	5 pacientes hemiplégicos	Console Nintendo Wii Jogos já	16 sessões; 50 minutos	Fulg-Meyer [63]; <i>Short Form Health Survey 36 (SF-36)</i> [77]	Manutenção dos resultados. Para os pesquisadores foi um resultado positivo, visto que os participantes não	Estudo envolvendo poucos participantes. Jogos já existentes.

		existentes.			pioraram o quadro.	Utilização do SF-36.
Saurav <i>et al.</i> [21], 2018	6 indivíduos hígidos; 2 pós-AVC,	Luva com 8 sensores inerciais e 6 vibradores	Única sessão; 25 minutos	ADM; Trajetória de movimento da mão; Desempenho na atividade motora fina e grossa; Estudo de usabilidade	Bons resultados na quantificação da ADM e houve extensão da coordenação no braço e nos dedos. Obtenção de resultados relacionados às tarefas motoras finas e grossas dos participantes. Desempenho individualizado.	Estudo piloto. Promissor para reabilitação das funções da mão de indivíduos pós AVC.
Lee <i>et al.</i> [79], (2019)	9 participantes	óculos Rift® e HTC Vive®.	10 sessões; 30 minutos; Duas a três vezes por semana	Teste da Ação da Extremidade Superior [80]; <i>Box and Block Test</i> [81]; Índice de Barthel modificado [82]; Usabilidade do sistema.	Terapia eficiente em todos os parâmetros avaliados. Melhora funcional significativa dos MMSS. Não foram identificados efeitos adversos graves ao sistema imersivo.	Possibilidade de efeitos adversos à utilização de terapia imersiva.
Warland <i>et al.</i> [83], 2019	Participaram do estudo 12 voluntários	Versão adaptada de terapia pós AVC; Nintendo Wii.	9 sessões, com duração de 40 minutos cada	Escala de Likert [84]; Escala de BORG [85]; Escala de Fugl-Meyer [63]; Ação da Extremidade	Sistema é viável. Melhorias funcionais nos parâmetros avaliados. Atividades personalizadas. Terapias com liberdade de movimento para	Individualização da terapia. Sistemas de mãos livres

				Superior [80]; <i>Motor Activity Log</i> [86]; Índice Subjetivo de Resultado Físico e Social.	as mãos.	
Trombetta <i>et al.</i> [22], 2019	10 voluntários hígidos,	Sensor Kinect, <i>Smart TV</i> 3D, Óculos Rift®.	Única sessão. 30 segundos, com intervalo de 2 minutos para descanso.	Brum e Rieder [88]; Escala Likert [84]	Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas em relação às tecnologias utilizadas. Classificação do processo de interação com boa aceitação. Ferramenta útil para motivar os pacientes durante as sessões de reabilitação.	Estudo piloto. Necessidade de observação em relação às limitações dos óculos <i>Rift</i> ®.
Young-Bin <i>et al.</i> [88],2019	31 voluntários GE: 17 GC: 14	Joystima (manipulador tridimensional) consiste em um monitor, computador convencional e vários instrumentos reais com 3 graus de liberdade	18 sessões; 30 minutos.	Teste Muscular Manual [90]; EMA [91]; Escala de Fugl-Meyer [63]; Força de preensão manual; <i>Box and Block Test</i> [81]; Teste 9-Hole Peg (9-HPT) [92];	Os resultados da pesquisa mostraram que o grupo experimental apresentou maiores efeitos terapêuticos na potência motora de extensão do punho, diminuição da espasticidade do cotovelo e extensão do punho. O treinamento com instrumentos reais combinados de RV foi eficaz na promoção da recuperação da extremidade superior e da função cognitiva dos pacientes.	Treinamento promissor para atividades de vida diária

			<p>Miniexame do Estado Mental Coreano [93];</p> <p>Avaliação Cognitiva Coreano-Montreal [94].</p>		
--	--	--	---	--	--

ANEXO I

Questionário de qualidade de vida

Versão traduzida da *Stroke-Specific Quality of Life Scale*.

Energia:

- 1) Eu me senti cansado a maior parte do tempo.
 - Concordo inteiramente – 1
 - Concordo mais ou menos - 2
 - Nem concordo nem discordo - 3
 - Discordo mais ou menos - 4
 - Discordo inteiramente – 5

- 2) Eu tive que parar e descansar durante o dia.
 - Concordo inteiramente – 1
 - Concordo mais ou menos - 2
 - Nem concordo nem discordo - 3
 - Discordo mais ou menos - 4
 - Discordo inteiramente – 5

- 3) Eu estava cansado demais para fazer o que eu queria.
 - Concordo inteiramente – 1
 - Concordo mais ou menos - 2
 - Nem concordo nem discordo - 3
 - Discordo mais ou menos - 4
 - Discordo inteiramente – 5

Papéis Familiares:

- 1) Eu não participei em atividades apenas por lazer/diversão com minha família.
 - Concordo inteiramente – 1
 - Concordo mais ou menos - 2

- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

2) Eu senti que era um fardo/peso para minha família.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

3) Minha condição física interferiu com minha vida pessoal.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

Humor:

1) Eu estava desanimado sobre meu futuro.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

2) Eu não estava interessado em outras pessoas ou em outras atividades.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

3) Eu me senti afastado/isolado das outras pessoas.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

4) Eu tive pouca confiança em mim mesmo.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

5) Eu não estava interessado em comida.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

Personalidade:

1) Eu estava irritável. (“Com os nervos à flor da pele”)

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

2) Eu estava impaciente com os outros.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

3) Minha personalidade mudou.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

Papéis Sociais:

1) Eu não saí com a frequência que eu gostaria.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

2) Eu dediquei menos tempo aos meus hobbies e lazer do que eu gostaria.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

3) Eu não encontrei tantos amigos meu quanto eu gostaria.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

4) Eu tive relações sexuais com menos frequência do que gostaria.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3

- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

5) Minha condição física interferiu com minha vida social.

- Concordo inteiramente – 1
- Concordo mais ou menos - 2
- Nem concordo nem discordo - 3
- Discordo mais ou menos - 4
- Discordo inteiramente – 5

Linguagem:

1) Você teve dificuldade para falar? Por exemplo, não achar a palavra certa, gaguejar, não conseguir se expressar, ou embolar as palavras?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

2) Você teve dificuldade para falar com clareza suficiente para usar o telefone?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

3) Outras pessoas tiveram dificuldade de entender o que você disse?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

4) Você teve dificuldade em encontrar a palavra que queria dizer?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

5) Você teve que se repetir para que os outros pudessem entendê-lo?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

Mobilidade:

1) Você teve dificuldade para andar? (Se o paciente não pode andar, vá para questão 4 e pontue as questões 2 e 3 com 1 ponto.)

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

2) Você perdeu o equilíbrio quando se abaixou ou tentou alcançar algo?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

3) Você teve dificuldade para subir escadas?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4

- Nenhuma dificuldade mesmo -5
- 4) Ao andar ou usar a cadeira de rodas você teve que parar e descansar mais do que gostaria?
- Não pude fazer de modo algum - 1
 - Muita dificuldade - 2
 - Alguma dificuldade - 3
 - Um pouco de dificuldade - 4
 - Nenhuma dificuldade mesmo -5
- 5) Você teve dificuldade para permanecer de pé?
- Não pude fazer de modo algum - 1
 - Muita dificuldade - 2
 - Alguma dificuldade - 3
 - Um pouco de dificuldade - 4
 - Nenhuma dificuldade mesmo -5
- 6) Você teve dificuldade para se levantar de uma cadeira?
- Não pude fazer de modo algum - 1
 - Muita dificuldade - 2
 - Alguma dificuldade - 3
 - Um pouco de dificuldade - 4
 - Nenhuma dificuldade mesmo -5

Memória / Concentração:

- 1) Foi difícil para eu me concentrar.
- Não pude fazer de modo algum - 1
 - Muita dificuldade - 2
 - Alguma dificuldade - 3
 - Um pouco de dificuldade - 4
 - Nenhuma dificuldade mesmo -5
- 2) Eu tive dificuldade para lembrar-me das coisas.
- Não pude fazer de modo algum - 1

- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

3) Eu tive que anotar as coisas para me lembrar delas.

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

Função da Extremidade Superior:

1) Você teve dificuldade para escrever ou digitar?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

2) Você teve dificuldade para colocar meias?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

3) Você teve dificuldade para abotoar a roupa?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

4) Você teve dificuldade para usar o zíper?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

5) Você teve dificuldade para abrir uma jarra?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

Visão:

1) Você teve dificuldade em enxergar a televisão o suficiente para apreciar um programa?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

2) Você teve dificuldade para alcançar as coisas devido à visão fraca?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

3) Você teve dificuldade em ver coisas nas suas laterais/de lado?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3

- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

Trabalho / Produtividade:

1) Você teve dificuldade para fazer o trabalho caseiro diário?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

2) Você teve dificuldade para terminar trabalhos ou tarefas que havia começado?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

3) Você teve dificuldade para fazer o trabalho que costumava fazer?

- Não pude fazer de modo algum - 1
- Muita dificuldade - 2
- Alguma dificuldade - 3
- Um pouco de dificuldade - 4
- Nenhuma dificuldade mesmo -5

Autocuidado:

1) Você precisou de ajuda para preparar comida?

- Ajuda Total - 1
- Muita ajuda - 2
- Alguma ajuda - 3
- Um pouco de ajuda - 4
- Nenhuma ajuda necessária - 5

2) Você precisou de ajuda para comer? Por exemplo, para cortar ou preparar a comida?

- Ajuda Total - 1
- Muita ajuda - 2
- Alguma ajuda – 3
- Um pouco de ajuda - 4
- Nenhuma ajuda necessária - 5

3) Você precisou de ajuda para se vestir? Por exemplo, para calçar meias ou sapatos, abotoar roupas ou usar um zíper?

- Ajuda Total - 1
- Muita ajuda - 2
- Alguma ajuda – 3
- Um pouco de ajuda - 4
- Nenhuma ajuda necessária - 5

4) Você precisou de ajuda para tomar banho de banheira ou chuveiro?

- Ajuda Total - 1
- Muita ajuda - 2
- Alguma ajuda - 3
- Um pouco de ajuda - 4
- Nenhuma ajuda necessária - 5

5) Você precisou de ajuda para usar o vaso sanitário?

- Ajuda Total - 1
- Muita ajuda - 2
- Alguma ajuda – 3
- Um pouco de ajuda - 4
- Nenhuma ajuda necessária - 5