



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

AMANDA MARIA DA CONCEIÇÃO PEREZ

**INTERFACE HOMEM-MÁQUINA: uma ferramenta de auxílio na reabilitação da
marcha e do equilíbrio em pacientes pós-acidente vascular encefálico**

Recife
2020

AMANDA MARIA DA CONCEIÇÃO PEREZ

**INTERFACE HOMEM-MÁQUINA: uma ferramenta de auxílio na reabilitação da
marcha e do equilíbrio em pacientes pós-acidente vascular encefálico**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Área de concentração: Bioengenharia.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.

Coorientadora: Profa. Dra. Débora Wanderley Villela.

Recife
2020

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 /1198

P438i Perez, Amanda Maria da Conceição.
Interface homem-máquina: uma ferramenta de auxílio na reabilitação da marcha e do equilíbrio em pacientes pós-acidente vascular encefálico / Amanda Maria da Conceição Perez - 2020.
97 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.
Coorientadora: Profa. Dra. Débora Wanderley Villela.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, 2020.
Inclui Referências, Apêndices e Anexo.

1. Engenharia Biomédica. 2. Acidente vascular encefálico. 3. Reabilitação. 4. Realidade virtual. 5. Usabilidade para sistemas virtuais. 6. Eletromiografia. 7. Acelerômetros. I. Rodrigues, Marco Aurélio Benedetti (Orientador). II. Villela, Débora Wanderley (Coorientadora). III. Título.

UFPE

610.28 CDD (22. ed.) BCTG/2020-222

AMANDA MARIA DA CONCEIÇÃO PEREZ

**INTERFACE HOMEM-MÁQUINA: uma ferramenta de auxílio na reabilitação da
marcha e do equilíbrio em pacientes pós-acidente vascular encefálico**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Aprovada em: 25 / 08 / 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Cristiana Maria Macedo de Brito (Examinadora Externa)

Universidade Católica de Pernambuco

Prof. Dr. Diogo Roberto Raposo de Freitas (Examinador Externo)

Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho ao meu pai, Antônio Xavier do Nascimento (in memoriam).
Painho, seja onde você estiver, espero que esteja comigo nesse momento tão importante da minha defesa e em todos os dias da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente a Deus que tornou possível a realização desse projeto, amparou-me nos momentos difíceis e me deu forças para superar as dificuldades.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti pela orientação e apoio durante todo esse período, sendo fundamental para que eu chegasse até aqui. À Prof.^a Dra. Débora Wanderley pela coorientação e por acreditar em mim desde a graduação. Agradeço por ter me ensinado os primeiros passos de uma pesquisa e por todo apoio durante esses anos.

Aos colegas do GPEB, por toda ajuda que recebi na área de engenharia, na construção do equipamento que contou com a colaboração de vários integrantes do grupo. Sou grata por toda dedicação e paciência dispensada a mim durante todo o processo. A disponibilidade de cada um que contribuiu, direta ou indiretamente, foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto.

À intensa participação de Rafael na construção dessa pesquisa, em todos os momentos dela, indo várias vezes no laboratório para me ajudar com verdadeiras aulas da parte de engenharia, com a montagem do equipamento, com os testes, até nos fins de semana, não vou esquecer nunca disso, sem contar na ajuda com os cálculos dos resultados. Sua contribuição foi de suma importância para finalização desta pesquisa. Muito obrigada de verdade!

As minhas amigas da vida, Maria Clara e Leiliane por todo apoio, ajuda e incentivo e principalmente por estarem sempre ao meu lado em quaisquer circunstâncias. Vocês são muito importantes para mim.

A minha família por ser minha base, e pelos valores ensinados e pelo incentivo de sempre nos meus estudos. A minha outra família (sogra e cunhada), por serem sempre tão presentes e importantes em minha vida.

Ao meu marido Henrique Perez que sempre torceu e torce por mim. Por ter me ajudado desde a inscrição, separando todos os documentos comigo e por ter lido várias vezes minha dissertação para contribuir no que fosse preciso. Obrigada por ser tão parceiro e presente em minha vida!

Ao meu filho que é a maior fonte de incentivo que eu tenho, minha maior razão para não desistir nunca, obrigada por ter escolhido a mim como mãe.

RESUMO

O acidente vascular encefálico (AVE) é um evento que compromete o sistema nervoso central (SNC) levando a limitações funcionais. A Realidade Virtual (RV) tem sido proposta como uma nova ferramenta tecnológica de auxílio para reabilitação, já que vai além do tratamento proporcionando motivação aos pacientes. Os sinais biomédicos possibilitam a obtenção de informações importantes para avaliação, acompanhamento e reabilitação em tempo real. Essas ferramentas são de suma importância no processo de reabilitação de indivíduos pós-AVE. A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver um protótipo de uma interface homem-máquina, utilizando recursos de realidade virtual não imersiva, acelerometria e eletromiografia (EMG) como proposta para auxiliar na reabilitação da marcha e do equilíbrio de pacientes pós-AVE. Trata-se de um estudo de desenvolvimento tecnológico seguido de testes de funcionamento. O teste de funcionamento apresenta um desenho transversal com amostra por conveniência. A pesquisa foi dividida em quatro etapas, sendo a primeira a realização de um estudo piloto a fim de identificar e caracterizar as faixas de frequência para seleção dos filtros de eletromiografia. Na segunda etapa, foi realizada a montagem do instrumento, composto por um jogo de RV, EMG e acelerometria, realizada no laboratório de Interface Homem-máquina da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A terceira etapa foi composta por testes do instrumento, seguindo o seguinte protocolo: um senta/levanta e uma caminhada, com o objetivo de verificar a viabilidade de aplicação do equipamento proposto. Participaram do estudo indivíduos de ambos os sexos, com idade entre 25 e 60 anos e com cognitivo preservado. A etapa final foi dedicada à análise e interpretação dos resultados. A pesquisa resultou em um instrumento composto por um hardware, um software e firmware que se comunica com um computador via protocolo bluetooth. Após os testes do instrumento com os participantes voluntários, analisou-se os questionários aplicados e concluiu-se que o instrumento teve grau de satisfação positivo, sugerindo boa usabilidade. Sugerindo que pode ser utilizado por profissionais de saúde em processos de reabilitação.

Palavras-chave: Acidente vascular encefálico. Reabilitação. Realidade virtual. Usabilidade para sistemas virtuais. Eletromiografia. Acelerômetros.

ABSTRACT

The stroke is an event that compromises the central nervous system (CNS) leading to functional limitations. Virtual Reality (VR) has been proposed as a new technological tool to aid rehabilitation, as it goes beyond treatment to provide motivation to patients. Biomedical signals make it possible to obtain important information for assessment, monitoring and rehabilitation in real time. These tools are of paramount importance in the rehabilitation process of post-stroke individuals. This research aims to develop a prototype of a human-machine interface, using non-immersive virtual reality, accelerometry and electromyography resources as a proposal to assist in the rehabilitation of gait and balance of post-stroke patients. It is a study of technological development followed by functional tests. The function test features a cross-sectional design with a sample for convenience. The research was divided into four stages, the first being a pilot study in order to identify and characterize the frequency ranges for the selection of electromyography filters. In the second stage, the instrument was assembled, consisting of a set of VR, EMG and accelerometry, performed in the Human Machine Interface laboratory at the Federal University of Pernambuco (UFPE). The third stage consisted of testing the instrument, following the following protocol: a sit / stand and a walk, in order to verify the feasibility of applying the proposed equipment. Participants in the study were men and women, aged between 25 and 60 years and with preserved cognitive. The final step was dedicated to the analysis and interpretation of the results. The research resulted in an instrument consisting of hardware, software and firmware that communicates with a computer via the Bluetooth protocol. After testing the instrument with voluntary participants, the questionnaires applied were analyzed and it was concluded that the instrument had a positive level of satisfaction, suggesting good usability. Suggesting that it can be used by health professionals in rehabilitation processes.

Keywords: Stroke. Rehabilitation. Virtual reality. Usability for virtual systems. Electromyography. Accelerometers

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Acidente Vascular isquêmico e hemorrágico	18
Figura 2 - Locomoção Humana	24
Figura 3 - Estratégias de tornozelo (A), quadril (B) e passo (C).....	26
Figura 4 - Fluxograma de captação dos dados do estudo	39
Figura 5 - Sequência das angulações do teste de sentado/pé em 90° (A), 60° (B) e 40° (C).....	48
Figura 6 - Visão geral do sistema.....	49
Figura 7 - Fluxograma do o sistema de análise e interpretação dos dados	51
Figura 8 - Diagrama de bloco do esquemático de firmware do equipamento	52
Figura 9 - Diagrama de blocos de esquemático do hardware	53
Figura 10 - Comunicação dos sinais de EMG e acelerometria com o computador via bluetooth	54
Figura 11 - Sistema de aquisição de dados de acelerometria e EMG.....	54
Figura 12 - Ilustração da plataforma FRDM-KL25Z.....	55
Figura 13 - Diagrama de blocos apresentando o processo de jogo em fases.....	56
Figura 14 - Fluxograma do funcionamento do jogo	58
Figura 15 - Posicionamento dos eletrodos de EMG no corpo	60
Figura 16 - Posicionamento do acelerômetro no corpo.....	61
Figura 17 - Aquisição dos sinais de EMG e do acelerômetro pelo software no momento de repouso	66
Figura 18 - Aquisição dos sinais de EMG e do acelerômetro pelo software via bluetooth no momento da atividade	67
Figura 19 - Hardware finalizado dentro da caixa de proteção	68
Figura 20 - Caixa personalizada em impressora 3D	69
Figura 21 - Tela de abertura da interface gráfica do jogo.....	70
Figura 22 - Tela de calibração da interface gráfica do jogo.....	70
Figura 23 - Tela inicial do cenário da interface gráfica do jogo	71
Figura 24 - Tela final da interface gráfica do jogo	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Objetivos, número de pacientes, intervenção e principais resultados encontrados em cada estudo	40
Tabela 2 - Frequência máxima e mínima do músculo quadríceps nas angulações de 40° e 60°	63
Tabela 3 - Média das frequências máximas e mínimas para cada angulação	64
Tabela 4 - Características gerais dos voluntários da amostra	72
Tabela 5 - Valores do método de avaliação do questionário SUS e de tempo para realizar as atividades propostas no jogo	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVDs	Atividades de Vida Diária
AVE	Acidente Vascular Encefálico
AVEH	Acidente Vascular Encefálico Hemorrágico
AVEI	Acidente Vascular Encefálico Isquêmico
CMRR	Common-mode Rejection Ratio
ECG	Eletrocardiograma
EEB	Escala de equilíbrio de Berg
EMG	Eletromiografia
EMGs	Eletromiografia de superfície
HAS	Hipertensão Arterial Sistêmica
MEEM	Mine Exame do Estado Mental
OMS	Organização Mundial de Saúde
RV	Realidade Virtual
RVI	Realidade Virtual Imersiva
RVNI	Realidade Virtual Não Imersiva
SBDC	Sociedade Brasileira de Doenças Cerebrovasculares
SENIAM	Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscle
SNP	Sistema Nervoso Periférico
SPS	Sample per Seconds
SUS	System Usability Scale
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TUG	Timed Up and go
UMs	Unidades Motoras

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo geral	16
1.1.2	Objetivos específicos	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	CONCEITO DO ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO	17
2.1.1	Acidente vascular encefálico isquêmico	17
2.1.2	Acidente vascular hemorrágico	18
2.1.3	Fatores de risco do AVE	18
2.1.4	Quadro clínico do acidente vascular encefálico	19
2.1.5	Comprometimentos do equilíbrio e marcha no acidente vascular encefálico	20
2.2	FISIOTERAPIA CONVENCIONAL	21
2.2.1	Reabilitação motora de membros inferiores pós-AVE	22
2.2.2	Reabilitação do equilíbrio e marcha após-AVE	23
2.3	SINAIS BIOMÉDICOS	26
2.3.1	Eletromiografia	27
2.4	ACELEROMETRIA	28
2.5	JOGOS SÉRIOS	30
2.6	REALIDADE VIRTUAL	31
2.6.1	Realidade virtual imersiva (RVI)	32
2.6.2	Realidade virtual não imersiva (RVNI)	34
3	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	35
3.1	Escopo	35
3.2	Questões de pesquisa	36
3.3	Bases de dados	36
3.4	Gerenciadores de referências	37
3.5	String de busca	37
3.6	Critérios de elegibilidade	37
3.7	Procedimentos de seleção dos estudos	38
3.8	Qualidade metodológica dos estudos	38
3.9	Resultados e discussão	39

3.10 Proposta de solução	45
4 METODOLOGIA	46
4.1 DESENHO E LOCAL DO ESTUDO.....	46
4.2 PROCEDIMENTOS DAS ETAPAS DO ESTUDO.....	46
4.2.1 Primeira etapa: estudo piloto.....	47
4.2.2 Segunda etapa: desenvolvimento do instrumento.....	48
4.2.3 Segunda etapa: desenvolvimento do software	49
4.2.4 Segunda etapa: desenvolvimento do firmware.....	51
4.2.5 Segunda etapa: desenvolvimento do hardware	52
4.2.6 Segunda etapa: Desenvolvimento do Jogo.....	55
4.2.7 Terceira etapa: Procedimento de coleta.....	59
4.2.8 Etapa final: Análise dos dados obtidos através do System Usability Scale	62
5 RESULTADOS.....	63
5.1 Resultado do estudo piloto: primeira etapa do estudo	63
5.2 Resultado do teste de funcionamento do hardware e software.....	64
5.3 Resultado dos testes do instrumento com os participantes	69
5.4 Análises dos questionários.....	72
6 DISCUSSÃO	74
7 CONCLUSÃO	77
7.1 TRABALHOS FUTUROS	78
REFERÊNCIAS.....	79
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ...	87
APÊNDICE B - FICHA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS/ANAMNESE..	92
APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO SUS PARA AVALIAÇÃO DO INSTRUMENTO	94
ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	96

1 INTRODUÇÃO

O acidente vascular encefálico (AVE) é a segunda principal causa de morte por doença no mundo, no Brasil é a doença crônica que mais atinge a população, tendo maior incidência em adultos de meia-idade e idosos. O AVE é considerado um grave problema de saúde pública, no Brasil, é considerado o evento patológico que mais causa incapacidades funcionais e mortes em adultos e idosos. A maioria dos indivíduos pós-AVE necessita de reabilitação devido a presença de alterações funcionais. Aproximadamente 30% dos indivíduos com AVE necessitam de assistência para manter o equilíbrio e para caminhar (NOVELETTO et al, 2016; MOREIRA et al, 2015).

Dentre as principais alterações funcionais encontradas em pacientes com disfunções inerentes ao AVE, podem ser citadas alterações que comprometem o equilíbrio e marcha. As alterações do equilíbrio dificultam a realização de atividades funcionais e aumenta a predisposição a quedas, além de que a gravidade do déficit de equilíbrio também é um fator preditivo na redução dos níveis de deambulação em pacientes hemiplégicos (VERMA et al, 2010; FERLA; GRAVE; PERICO, 2015). É comum também que a coordenação motora se encontre deficitária, sendo assim, a recuperação eficiente da marcha e do equilíbrio são fatores relevantes da reabilitação visando a independência do paciente (COSTA et al, 2014).

A reabilitação das incapacidades decorrentes do AVE exige planos de tratamento efetivos e motivadores, a fim de promover a neuroplasticidade, restabelecendo funções perdidas. Neste contexto a tecnologia em saúde é considerada uma importante aliada para o processo de reabilitação do AVE, pois pode proporcionar protocolos de reabilitação efetivos e inovadores (PAVAO et al, 2013). As tecnologias voltadas para a atenção à saúde incluem medicamentos, equipamentos, procedimentos, sistemas organizacionais, educacionais, de informações e suporte e protocolos assistenciais, por meio dos quais a atenção e os cuidados com a saúde são prestados à população (SOUZA; SOUZA, 2018).

O conceito de tecnologia em saúde compreende toda e qualquer intervenção utilizada para promoção da saúde. Dentre as diversas modalidades inclusas nesse conceito encontram-se as tecnologias biomédicas, que interagem direta e indiretamente com os indivíduos (LORENZETTI et al, 2012; AMORIM et al, 2010).

Diversas são as áreas da saúde beneficiadas com a tecnologia. Para auxiliar nos processos de reabilitação, alguns dispositivos e sistemas biomédicos vem sendo cada vez mais utilizados por profissionais de saúde para avaliação e tratamento das mais variadas disfunções, como a eletromiografia (EMG). Ferramentas como acelerômetros e realidade virtual (RV) também podem auxiliar no desenvolvimento de sistemas biomédicos (NOVELETTO et al, 2016).

A atividade muscular pode ser mensurada por meio da Eletromiografia de superfície (EMG), que é um sinal biomédico amplamente utilizado por profissionais de saúde para estudar os grupamentos musculares. A EMG são sinais elétricos que podem ser amplificados e registrados por meio de gráficos, permitindo avaliar o grau e duração da atividade muscular, ocorrência de fadiga, alteração da composição das unidades motoras, entre outros fatores, tornando-se uma importante ferramenta clínica para saúde (MELLO et al, 2017; MOTA et al, 2016).

Os acelerômetros são dispositivos eletrônicos que medem a aceleração de movimentos em um, dois ou três eixos. Esses equipamentos permitem quantificar objetivamente a frequência e a intensidade dos movimentos, em função das características dos sinais de aceleração (SASAKI et al, 2017). Os acelerômetros atuais são pequenos, de fácil utilização e podem ser discretamente fixados no corpo sujeito a acelerações em diversos ambientes, nas mais diversas práticas clínicas (WEISS et al, 2015; ZAGO et al, 2018).

O acelerômetro é uma ferramenta precisa na percepção das acelerações corporais, podem ser muito úteis para a avaliação dos movimentos humanos (SILVA, 2013). A fixação de sensores em membros inferiores permite uma avaliação confiável dos parâmetros espaço-temporais, durante a marcha, como comprimento da passada e velocidade de caminhada, durante a fase de balanço, podendo ser utilizados também para avaliar possíveis desequilíbrios, tanto de pessoas saudáveis, quanto de pessoas com disfunções neurológicas como no AVE (YONEYAMA et al, 2014).

A RV promove a realização de tarefas orientadas e funcionais em um ambiente enriquecido tecnologicamente, o que torna a prática motivadora e aumenta o engajamento do paciente, favorecendo a reabilitação (TONETTA, et al, 2017). O uso da RV em ambiente clínico vem crescendo atualmente no mundo. Ferramentas foram desenvolvidas para treino da marcha de pacientes com doenças neurológicas, com o objetivo de favorecer um padrão de marcha adequado do ponto de vista funcional (MA

et al, 2011). Além disso, ambientes virtuais foram usados para a recuperação neuromotora de pacientes com déficits funcionais decorrentes do AVE (CAMEIRÃO et al, 2011; CROSBIE et al, 2012; BARROS, 2017).

Resultados importantes sobre o uso de realidade virtual para reabilitação de diversas doenças, entre elas do AVE foram descritos por Connelly e colaboradores, (2010) e Barros (2017). Os relatos incluem a redução das incapacidades, a melhora do desempenho das atividades de vida diárias no mundo real, após o treinamento com um sistema simulado através da RV, além da estimulação neuroplástica e de um aumento da ativação de campos motores.

Desfechos relevantes foram publicados por Donati et al, (2016), cujos autores utilizaram um programa de reabilitação fisioterapêutica com oito voluntários paraplégicos, submetidos a um sistema tecnológico, híbrido de realidade virtual imersiva (RVI), interface cérebro-máquina e robótica. Foram descritos resultados de melhora funcional abaixo do nível da lesão medular, resultados considerados impossíveis em sujeitos com lesão medular completa.

Um dos principais motivos para a utilização da RV é a oportunidade de inserir o usuário em uma interface simulada controlada, capaz de proporcionar motivação e prazer, durante a prática de atividades funcionais direcionadas aos mais variados protocolos de reabilitação. Entretanto, apesar dos avanços envolvendo a RV voltada para reabilitação, ainda são necessárias novas pesquisas para definir a relação entre aceitabilidade do usuário e à adequabilidade dos sistemas virtuais aos seus requisitos funcionais, sejam eles cognitivos ou motores (POMPEU et al, 2014).

Atualmente, existe uma crescente procura por terapias efetivas e estimulantes para a reabilitação do AVE, como treinamento utilizando a RV. Contudo, a maioria dessas terapias são realizadas através de jogos já disponíveis no mercado, desenvolvidos para divertir indivíduos saudáveis. Sendo assim o emprego desses jogos podem oferecer riscos aos pacientes durante a utilização, pois, não oferecem ajustes apropriados para níveis distintos de comprometimento, tais como déficits aprendizado e controle motor, de equilíbrio, sensorial e perceptual.

Diante disso, uma interface de RV, desenvolvida especificamente para o tratamento dessa população, poderá fornecer melhores resultados durante o processo de reabilitação. A interface em questão permitirá treinos personalizados, direcionados para as necessidades individuais de pacientes acometidos pelo AVE, incrementando

a abordagem neurofuncional com as vantagens advindas da motivação e da ludicidade, além, de fornecer um feedback imediato, auxiliando no tratamento fisioterapêutico desses pacientes.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é desenvolver um protótipo de uma interface homem-máquina, utilizando recursos de realidade virtual não imersiva, unindo a acelerometria e a eletromiografia como proposta para auxiliar na reabilitação funcional Pós-AVE.

1.1 OBJETIVOS

Para a organização deste trabalho foram delineadas metas sobre o tema abordado, e de acordo com elas, os objetivos deste trabalho foram elencados.

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um protótipo de uma interface homem-máquina, utilizando recursos de realidade virtual não imersiva, acelerometria e eletromiografia como proposta para auxiliar na reabilitação da marcha e do equilíbrio de pacientes pós-AVE.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Dimensionar requisitos do sistema de aquisição de EMG, como ganho do sistema de amplificação do sinal, faixa de frequência dos filtros e posicionamentos de eletrodos;
- b) Desenvolver um *hardware* para realizar a aquisição do sinal de acelerometria e de eletromiografia;
- c) Desenvolver um *firmware* para a comunicação do *hardware* com um computador através do módulo bluetooth.
- d) Desenvolver um *game* (jogo) com feedback visual e auditivo para o usuário;
- e) Analisar a usabilidade do instrumento desenvolvido por meio do questionário do *System Usability Scale*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo será apresentado o referencial teórico que embasou a presente pesquisa, possibilitando ao público leitor, uma melhor compreensão do tema em questão.

2.1 CONCEITO DO ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO

O Acidente Vascular Encefálico (AVE) pode ser caracterizado como um déficit neurológico focal, de início súbito e origem vascular, que causa, lesões encefálicas e danos às funções neurológicas, ocorrendo do tipo isquêmico ou hemorrágico, sendo o isquêmico o mais comum (LACERDA et al, 2018). O diagnóstico é clínico com confirmação através de exames de imagens como tomografia computadorizada e ressonância magnética (BARCALA et al, 2011).

O AVE é uma das principais causas de morte e incapacidades no mundo, no Brasil, são registradas cerca de 68 mil mortes por AVE anualmente (FERLA; GRAVE; PERICO, 2015). A incidência do AVE aumenta duas vezes mais a cada década de vida a partir dos 55 anos, sendo que em mulheres, a incidência é superior (PIASSAROLI, et al, 2012). No Brasil, no ano de 2011, foram registradas 179 mil internações por AVE, sendo essa uma das doenças crônicas que mais afeta a população brasileira, atingindo principalmente adultos de meia-idade e idosos (NOVELETTO et al, 2016).

2.1.1 Acidente vascular encefálico isquêmico

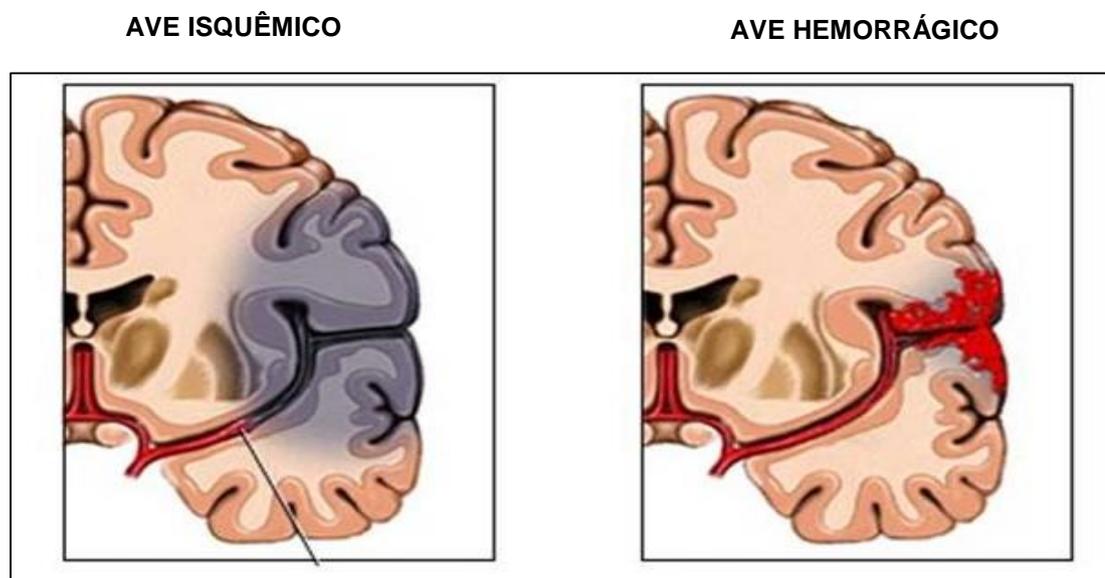
O AVE isquêmico acontece devido a oclusões de vasos no tecido encefálico, interrompendo o fluxo de sangue em determinada região, esta interrupção pode ser provocada por um trombo ou êmbolo, como também pode ser causada por uma redução da pressão de perfusão cerebral, seja provocada por hipotensão arterial grave ou pela redução do débito cardíaco (LACERDA et al, 2018).

O acometimento é considerado reversível quando esta privação dura menos que 24 horas. Quando a isquemia persiste por um período maior que 24 horas, lesões irreversíveis poderão instalar-se no tecido encefálico, ocasionando morte neuronal e de tecidos adjacentes, conseqüentemente, ocasionando sequelas graves para os indivíduos acometidos (World Health Organization, 2019).

2.1.2 Acidente vascular hemorrágico

O AVE hemorrágico é causado pela ruptura de um vaso cerebral, causando sangramento intracraniano, resultando da ruptura espontânea de uma artéria devido a hipertensão prévia, ruptura de um aneurisma, ruptura de uma malformação arteriovenosa, trauma cefálico ou distúrbios hemorrágicos. Geralmente atinge grande área do tecido encefálico. Os dois tipos de AVE estão ilustrados e descritos na figura 1 (LYRA, 2016; World Health Organization, 2019).

Figura 1 - Acidente Vascular isquêmico e hemorrágico



Fonte: Adaptado de American Stroke Association, 2010.

2.1.3 Fatores de risco do AVE

Segundo a Sociedade Brasileira de Doenças Cerebrovasculares (SBDC), fatores de risco são aqueles que podem facilitar a ocorrência do evento. Evitar os fatores de risco é de grande importância, pois, diminui a probabilidade de um indivíduo vir a ter um episódio da doença, aumentando o tempo e a qualidade de vida (LACERDA et al, 2018).

Um estudo multicêntrico, denominado de Inter Stroke, foi desenvolvido em 22 países dentre eles o Brasil, e identificou os principais fatores, modificáveis e não modificáveis, considerados de risco. Os fatores modificáveis são: hipertensão arterial sistêmica (HAS), tabagismo, anticoncepcional, drogas, sedentarismo, etilismo, relação cintura quadril elevada, depressão, estresse psicossocial, fatores cardíacos,

obesidade e dieta pobre em vegetais e frutas. Os fatores não mutáveis são: idade, sexo, histórico familiar e genética (LOTUFOI; BENSENOR, 2013; LACERDA et al, 2018). Para uma melhor compreensão, pode-se classificar os fatores de risco em modificáveis e não modificáveis, como mostrado no quadro 1.

Quadro 1 - Fatores de risco do AVE

Riscos modificáveis	Riscos não modificáveis
Hipertensão	Idade
Diabetes	Sexo
Fumo/álcool	Etnia
Fibrilação arterial	Hereditariedade
Hiperlipidemias/Dislipidemias	
Sedentarismo	
Estenose carotídea assintomática	

Fonte: Adaptado de Lyra, 2016.

2.1.4 Quadro clínico do acidente vascular encefálico

As alterações ocorrem a nível celular no tecido encefálico, sendo assim, o quadro clínico poderá compreender distúrbios motores, sensitivos, cognitivos, de visão ou de audição. O comprometimento do encéfalo pode ser bilateral ou unilateral, resultando em hemiparesia (paralisia parcial) ou hemiplegia (paralisia total), bem como poderá ter alteração quadriparética ou quadriplégica (RANGEL; BELASCO; DICCINI, 2013).

Segundo o Ministério da Saúde (2013), déficits como heminegligência (não percepção de estímulos sensoriais), hemianopsia (perda parcial ou completa da visão) e apraxia (perda ou irregularidade da coordenação motora e muscular), também são comuns, dependendo do local afetado. Sintomas como disfagia (dificuldade para

deglutir), ataxia (perda da capacidade de executar movimentos precisos), diplopia (visão dupla), náuseas, nistagmo (tremor na região ocular) e desmaios (SILVA; ALBUQUERQUE, 2017). Os déficits supracitados podem comprometer a capacidade do paciente de manter as habilidades físicas e mentais necessárias para uma vida independente e autônoma (BARCALA et al, 2011).

2.1.5 Comprometimentos do equilíbrio e marcha no acidente vascular encefálico

Todas as atividades funcionais dependem do controle de tronco como base para o movimento. Após um AVE, o equilíbrio é um dos comprometimentos mais importantes relacionados a funcionalidade dos indivíduos. Dois sistemas estão envolvidos no estabelecimento do equilíbrio, o sistema de controle postural que envolve a orientação postural, ou seja, é a capacidade de manter a posição dos segmentos corporais em relação ao próprio corpo e ao ambiente, e o equilíbrio postural, representado por forças que agem sobre o corpo buscando equilíbrio corporal durante as ações motoras (ANTUNES et al, 2016; COSTA et al, 2014).

Os indivíduos com AVE apresentam redução do equilíbrio devido a diminuição da estabilidade postural, assimetria da distribuição do peso de pé e diminuição do equilíbrio dinâmico de pé. Esses pacientes apresentam também redução nos seus limites de estabilidade, que é definida como, a distância máxima que um indivíduo pode deslocar o seu peso em qualquer direção sem perder o equilíbrio. As alterações do equilíbrio influenciam diretamente na execução da marcha, aumentando o risco de quedas, o que contribui para o aumento da imobilidade e para a perda da capacidade de realização das atividades de vida diárias (AVDs) (VERMA *et al.*, 2010; FERLA; GRAVE; PERICO, 2015).

A capacidade de caminhar fica prejudicada em aproximadamente 80% dos pacientes pós-AVC, 40% precisam de ajuda para caminhar e 60% são limitados para caminhar fora do ambiente doméstico. Cerca de 35% dos pacientes com déficits de marcha não recuperam a função útil de caminhar, e 25% são inaptos para caminhar sem assistência física completa antes alta hospitalar. A hemiparesia provoca padrões sinérgicos de membros afetados em vez de controle de movimentos articulares individuais. Entre outros aspectos a serem considerados estão a repartição uniforme do peso corporal bipodal e unipodal. (COSTA et al, 2014; VERMA et al, 2010).

A marcha hemiparética, apresenta alterações biomecânicas e neuromusculares, devido à espasticidade no hemicorpo afetado. Nesses indivíduos observam-se, alterações na propriocepção, ausência de seletividade na de alguns grupos musculares e incapacidade na dissociação entre a cintura escapular e pélvica. As fases de apoio e balanço também são prejudicadas, uma vez que ocorrerão mudanças nas dinâmicas do pé, joelho e quadril, impossibilitando a marcha de forma útil (WESTPHAL et al, 2016).

2.2 FISIOTERAPIA CONVENCIONAL

O processo de reabilitação no pós-AVE tem o objetivo de melhorar a capacidade física, funcional e/ou cognitiva, promovendo a reinserção e reintegração das pessoas com deficiência à sociedade. A intensidade do tratamento, o período de tempo entre a lesão e o início da reabilitação são fatores que influenciam diretamente na recuperação funcional após o acometimento. O início precoce, da reabilitação dos sujeitos após um AVE se destaca pela possibilidade de se alcançar melhores resultados com o tratamento nesse período, além de consequente reduzir as repercussões negativas relacionadas a capacidade físicas, funcionais e cognitivas (MENDES et al, 2016; LYRA, 2016).

Segundo as Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Acidente Vascular Encefálico do ministério da saúde (2013), a Fisioterapia convencional em pacientes pós-AVE pode ser dividida em três momentos de intervenção: a reabilitação na fase aguda, na fase pós-aguda e na fase crônica. Na fase aguda, dura aproximadamente três meses após o episódio do AVE, o paciente deve ser submetido a uma reabilitação de baixa intensidade, que auxilia a prevenir ou minimizar possíveis comprometimentos. Essa intervenção pode ser iniciada logo após a estabilização do paciente, que ocorre, geralmente, cerca de 62 horas após o AVE.

Na fase pós-aguda ou subaguda, cuja duração vai dos três meses subsequentes ao AVE até cerca de um ano, é indicada uma terapia intensiva, que consiste em um mínimo de três horas de reabilitação ativa por dia, cinco dias na semana. Finalmente, na fase crônica, as intervenções visam melhorias progressivas no equilíbrio, força, resistência e quaisquer outras características afetadas (LYRA, 2016; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013). Recomenda-se que os pacientes em processo

de reabilitação do AVE tenham acesso a avaliações periódicas das suas AVDs, relacionadas ao seu ambiente comunitário (GUIDELINE, 2018).

Segundo as Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular encefálico do Ministério da Saúde, (2013), é interessante destacar que a reabilitação busca, acima de tudo, a recuperação funcional desses pacientes, favorecendo a realização das AVDs, independente de auxílio. A reabilitação dos membros inferiores foca na recuperação funcional do balanço, do equilíbrio, de transferências e da marcha, sendo exercícios comumente utilizados: sentar/levantar, caminhar; caminhar sobre superfícies irregulares, treinos que melhorem a força muscular e que auxiliem na adaptação à utilização de dispositivos de assistência (LYRA, 2016).

2.2.1 Reabilitação motora de membros inferiores pós-AVE

De acordo com as Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular encefálico do Ministério da Saúde, (2013), uma das habilidades necessárias para a independência nas atividades cotidianas de pacientes pós-AVE é o sentar/levantar, é importante que haja uma melhora no desempenho dessa habilidade, sincronicamente com a melhora da força e da resistência muscular do membro afetado. Durante a reabilitação dessa população, deve-se considerar as compensações adaptativas que os pacientes utilizam para diminuir suas incapacidades, tais como: apoiar o corpo, utilizando apenas o membro mais forte e usar o membro superior não afetado como um auxiliador para a realização das AVDs, em especial na atividade de se sentar/levantar.

Os profissionais de Fisioterapia devem estar atentos às atividades realizadas durante os atendimentos, uma vez que as adaptações errôneas persistem, os membros afetados acabam sendo negligenciados e os pacientes não irão aprender a utilizá-los corretamente e acabarão executando as atividades de forma errada. O aprendizado ocorre por repetição, logo, quanto mais o membro afetado é recrutado durante as atividades realizadas na reabilitação, melhor será o desempenho do paciente nas tarefas de sentar/levantar e nas demais AVDs, melhorando funções como equilíbrio e marcha (LYRA, 2016).

2.2.2 Reabilitação do equilíbrio e marcha após-AVE

Os déficits de equilíbrio são frequentemente encontrados em pacientes que sofreram um AVE. Dos indivíduos que sobrevivem 83% cursam com sequelas de equilíbrio após um AVE agudo (HUNG et al, 2016). A capacidade reduzida de controlar o equilíbrio tem sido associada ao aumento do risco de quedas, portanto, um dos principais componentes da intervenção de reabilitação após a ocorrência de um AVE é melhorar o controle do equilíbrio (FONSECA; SILVA; PINTO, 2016).

O equilíbrio é uma habilidade motora funcional de alta complexidade que depende da conexão de vários sistemas como, do sistema visual, do sistema vestibular e somatossensorial. Essas entradas são integradas e usadas para responder antecipadamente aos distúrbios posturais (GUIDELINE, 2018). A manutenção adequada do equilíbrio depende de ajustes permanentes dos sistemas envolvidos, para tanto, existe uma busca constante de manter o centro de massa corporal dentro dos seus limites de estabilidade, sendo a estabilidade a habilidade responsável por controlar a postura sem alterar a base de suporte (BARCALA, 2011; FONSECA; SILVA; PINTO, 2016).

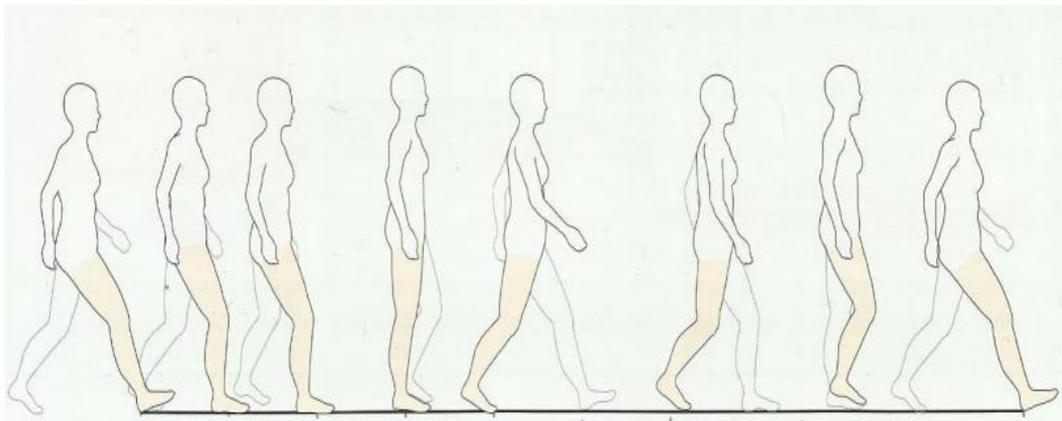
A postura estática humana é mantida por meio de um processo complexo, envolvendo várias modalidades sensoriais, que interagem para manter a estabilização postural. As alterações de equilíbrio são frequentes após um AVE, sendo necessário avaliar e elaborar metas e planos terapêuticos direcionados. A reabilitação do controle postural é essencial para melhorar o equilíbrio, as habilidades de transferências, como, ficar de pé e andar requerendo estratégias de reabilitação direcionadas para organização postural, essas estratégias influenciam diretamente na marcha, uma vez que a mesma está intimamente associada com equilíbrio (BARCALA, 2011; FERLA; GRAVE; PERICO, 2015).

A marcha é uma das habilidades primordiais dos seres humanos e apesar de envolver mecanismos complexos é caracterizada por movimentos suaves, regulares e repetitivos, com total eficiência do sistema neuro-músculo-esquelético. A execução da marcha parece simples por ser uma atividade rotineira dos indivíduos (SANTOS et al, 2016). A marcha considerada normal é o movimento em que se observa o deslocamento do corpo para frente de maneira eficiente. Qualquer desvio pode

acarretar um padrão anormal de marcha. Sendo esta atividade considerada a tarefa funcional mais complexa dos seres humanos (MORAES, 2018).

A marcha é uma das tarefas de mais difícil aprendizado, porém quando corticalizada, torna-se praticamente automática, envolvendo a atuação de processos complexos de músculos e articulações, sendo muitas as combinações de forças musculares que podem resultar num mesmo modelo de movimento. A marcha pode ser definida como uma maneira do indivíduo se locomover, utilizando os membros inferiores alternadamente, estando pelo menos um pé em contato com o solo todo o tempo (SEGURA *et al.*, 2008) Figura 2.

Figura 2 - Locomoção Humana



Fonte: Viegas, 2017.

As fases do ciclo de marcha ocorrem desde o ponto de toque inicial de uma extremidade até o ponto em que a mesma extremidade toca novamente o solo. Cada extremidade passa por duas fases, uma fase de apoio e uma fase de balanço durante cada ciclo. A fase de apoio se inicia quando uma extremidade entra em contato com o solo e continua enquanto o pé estiver em contato com o mesmo. Esta fase é responsável por aproximadamente 60% do ciclo de marcha. Já a fase de oscilação inicia-se quando o membro inferior descola do solo e termina antes do contato ao solo do mesmo membro. Essa fase corresponde a cerca de 40% do ciclo de marcha (SOUSA, 2013).

A análise clínica da marcha é realizada através de parâmetros biomecânicos tais como velocidade, passo e cadência. Durante o envelhecimento como também nos processos patológicos, a marcha sofre alterações e perde velocidade, de forma que indivíduos com idade ≥ 70 anos apresentam reduções relevantes na velocidade,

quando comparados a indivíduos com idade entre 40 e 59 anos, independente do sexo. A velocidade comum durante a caminhada corresponde à velocidade média atingida depois de aproximadamente três passos, sendo calculada pela distância dividida pelo tempo (NOVAES et al, 2011).

Na marcha normal, a sequência de movimentos depende da sincronia do corpo ao longo de uma linha de progressão. Isso depende da atividade muscular e articular para proporcionar a manutenção da energia fisiológica necessária. Aproximadamente 75% dos indivíduos que sofreram um AVE recuperam a capacidade de caminhar, porém sem o sinergismo muscular adequado. A marcha pós AVE apresenta alterações na fase de balanço e apoio, devido a flexão do tornozelo e a insuficiente extensão do quadril, alterando completamente a dinâmica da marcha (LOTÉRIO et al, 2017; NOVAES et al, 2011).

As alterações da marcha de pacientes com AVE geram instabilidade no padrão de caminhada e alto risco de quedas. Frente a isso, alguns métodos e técnicas são amplamente utilizados na fisioterapia convencional para reabilitação da marcha e do equilíbrio no pós-AVE, como, Circuito, Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) e balance. Os Circuitos consistem em exercícios realizados em grupos, focados na prática repetitiva de tarefas funcionais compostos por caminhada em superfície instável, desvios de obstáculos, atividades com apoio unipodal, atividades com bola, subir e descer degraus, rampas e atividades com dupla tarefa (GUIDELINE, 2018; FERLA; GRAVE; PERICO, 2015).

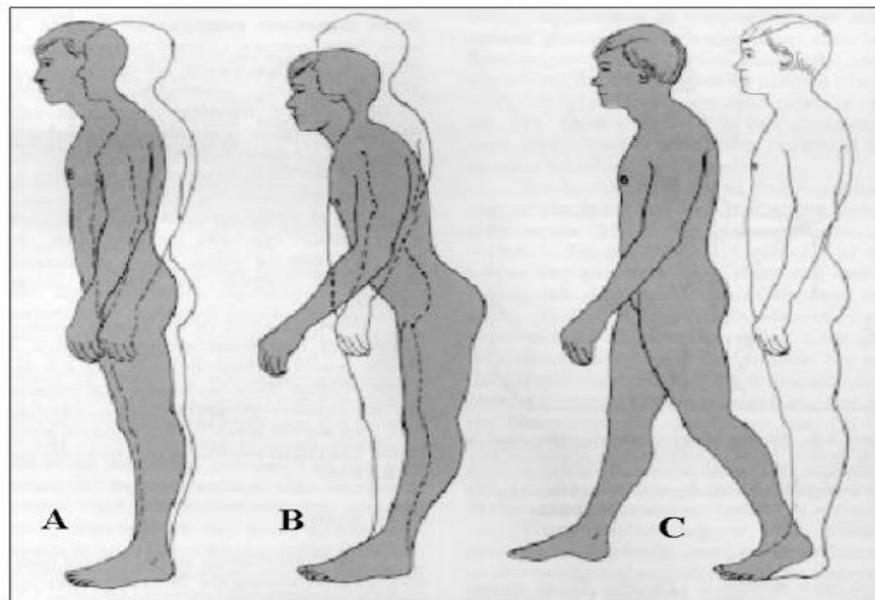
A FNP é usada tanto para treinar atividades funcionais como para evitar deformidades, sendo uma abordagem que trabalha simultaneamente vários aspectos funcionais. A FNP é um método que trabalha, força muscular, alongamento, flexibilidade, propriocepção e ativação muscular através de padrões de movimentos tridimensionais e de suas diagonais de irradiação. A FNP promove respostas neuromusculares através da ativação dos receptores sensoriais relacionados ao movimento e a posição corporal, denominados, proprioceptores, favorecendo o movimento de forma mais funcional possível (SANTOS et al, 2016; SILVA et al, 2014).

O balance está relacionado com o controle do equilíbrio através dos ajustes posturais preparatórios, antecipatórios e compensatórios, esses ajustes correspondem às mudanças nos padrões de ativação muscular em resposta a perturbações. O primeiro tem por finalidade, minimizar os efeitos mecânicos da

perturbação esperada, mantendo o equilíbrio; o segundo precede as perturbações através de posturas e geração de força, permitindo estabilidade durante a execução de uma tarefa; O terceiro envolve a capacidade do indivíduo em recuperar o equilíbrio após a exposição a uma perturbação externa (YIOU; CADERBY; HUSSEIN, 2012).

No balance, algumas estratégias denominadas de estratégia de tornozelo, quadril e de passo são utilizadas na reabilitação do equilíbrio. A estratégia de tornozelo, faz com o que o corpo se desloque sobre a articulação do tornozelo com um movimento pequeno de quadril e joelho. A estratégia de quadril é utilizada quando a estratégia de tornozelo não é eficaz, gerando um movimento amplo e rápido do quadril e tornozelo. A estratégia de passo é utilizada frente a grandes perturbações, através da ativação dos abdutores do quadril e da co-contração do tornozelo (YIOU; CADERBY; HUSSEIN, 2012; CARVALHEIRO, 2010). A figura 3 apresenta as estratégias de tornozelo (A), quadril (B) e passo (C).

Figura 3 - Estratégias de tornozelo (A), quadril (B) e passo (C).



Fonte: Carvalheiro, 2010.

2.3 SINAIS BIOMÉDICOS

Os sinais biomédicos são registros de espaço-tempo de um evento como um músculo contraindo, a atividade elétrica, química e mecânica que ocorre durante esse evento fornece sinais que podem ser medidos e analisados. O estudo dos sinais

biomédicos fornece informações úteis para o entendimento dos mecanismos fisiológicos de um evento biológico específico ou de um sistema que pode ser relevante na saúde. Esses sinais podem ser obtidos de várias maneiras, como por exemplo, o uso de um estetoscópio para avaliação de batimentos cardíacos através da ausculta dos sons do coração de um paciente (ENDERLE; BRONZINO, 2012).

Na última década sistemas baseados em sinais biomédicos vêm sendo desenvolvidos para controlar interfaces homem-máquina. Por exemplo, tem crescido o uso de sinais de eletromiografia por profissionais de saúde (LOTARIO et al, 2017). Esses sinais também podem ser utilizados para incentivar a interação entre usuários e ambientes virtuais através de interfaces homem-máquina. O custo dessas tecnologias está diminuindo significativamente o que facilita o emprego diversificado de algumas outras ferramentas tecnológicas, que podem ser usadas juntamente com sinais biomédicos, como é o caso dos acelerômetros triaxiais (MAGARREIRO, 2014).

2.3.1 Eletromiografia

A eletromiografia (EMG) estuda a atividade elétrica muscular, por meio de um equipamento chamado eletromiógrafo. Esta ferramenta é capaz de captar os potenciais elétricos desencadeados pela despolarização das fibras musculares em repouso ou durante uma contração. Através dessa tecnologia, é possível mensurar a amplitude e a duração dos potenciais de ação das unidades motoras, além de registrar e analisar esses dados a fim de avaliar a biomecânica humana. Essa análise é comumente utilizada para avaliações e pode auxiliar na tomada de decisão do tratamento fisioterapêutico (MELLO et al, 2017; LYRA, 2016).

O sinal de EMG possui diversas aplicações na saúde, possibilita a avaliação do sinal produzido pela atividade muscular, auxiliando em processos de reabilitação. Através desse sinal é possível ter informação sobre a atividade muscular no momento exato da contração (PAZETO; OLIVEIRA; TELES, 2014). O sinal eletromiográfico é uma representação do campo de potencial elétrico gerado pela despolarização das fibras musculares, comandadas por motoneurônios do Sistema Nervoso Periférico (SNP). O sinal de EMG pode representar o quanto excitadas estão as Unidades motoras (UMs), durante o estado de contração. (MERLETTI; FARINA, 2016; SOUSA, 2015).

É importante saber que a análise e o uso destes sinais em diferentes aplicações devem ser feitos depois de seus respectivos processamentos, pois inicialmente eles possuem baixa amplitude e aparência ruidosa, tornando difícil sua interpretação. Para o tratamento do sinal, as etapas de condicionamento comumente presentes são as de amplificação e filtragem, as quais podem ser feitas de diversas maneiras. Seja através de hardware, envolvendo confecção de circuitos, utilizando componentes eletrônicos; ou através de software, utilizando filtros e amplificadores nos próprios programas de processamento; ou ainda contendo os dois recursos, hardware e software (LA BANCA. et al, 2016; JAMAL, 2012).

Os sinais de EMG podem ser captados por eletrodos intramusculares ou de superfície, quando é realizada a análise através da eletromiografia de superfície (EMGs) os sinais possuem amplitudes em torno de 5mV e quando captados por eletrodos intramusculares, do tipo agulhas, os sinais possuem amplitudes em torno de 10mV. Os sinais captados na eletromiografia de superfície possuem maior energia em frequências abaixo de 500Hz e a energia dominante do sinal está compreendida entre as frequências de 50Hz e 150Hz dependendo de qual grupamento muscular esta sendo avaliado (SOUZA, 2015; LYRA, 2016).

Diferentes tipos de eletrodos são utilizados para o registro de EMG de diferentes músculos do corpo. A forma e o tamanho dos sinais EMG dependem das propriedades elétricas desses eletrodos. As captações musculares não invasivas exigem uma preparação adequada da pele, que comumente envolve a limpeza do local, com álcool ou aplicação de uma pequena quantidade de pasta eletrolítica, que ajuda a minimizar a impedância da pele-eletrodo, melhorando a qualidade do sinal registrado. Para o registro direto de sinais elétricos de nervos e fibras musculares, são utilizados eletrodos percutâneos de agulha, sendo o mais comum o eletrodo bipolar concêntrico (ENDERLE; BRONZINO, 2012; MERLETTI; FARINA, 2016).

2.4 ACELEROMETRIA

Os acelerômetros são instrumentos que medem as vibrações de uma massa a partir de uma base de sustentação e dos sensores, que captam as oscilações e as transformam em tempo real em sinais elétricos. Esses sensores são muito precisos na percepção de frequência e intensidade dos movimentos, dessa forma podem ser muito úteis para a avaliação dos movimentos humanos. Com a queda no custo e a

diminuição de tamanho, esses dispositivos tornaram-se cada vez mais atrativos para estudos em diversas áreas inclusive as de saúde (SILVA, 2013).

A utilização dos acelerômetros, como ferramenta de análise clínica humana, pode fornecer informações importantes sobre a posição do corpo, durante avaliações biomecânicas. O uso deste equipamento apresenta como principal vantagem a objetividade na realização de coleta de dados, permitindo a análise direta da movimentação, auxiliando os profissionais de saúde na tomada de decisão clínica. Dessa forma, ficando cada vez mais relevante o estudo sobre o uso dos acelerômetros como tecnologia de auxílio para a prática clínica e de reabilitação (NEVILLE; LUDLOW; RIEGER, 2015; SILVA, 2013).

Os acelerômetros podem ser usados também para medir o movimento durante as AVDs quando as pessoas estão fora do ambiente clínico de reabilitação, para tanto podem ser utilizados os acelerômetros de pulso e os acelerômetros usados no tornozelo. Esses dispositivos podem monitorar atividades de passo, durante uma caminhada, podendo avaliar parâmetros como, altura, comprimento e largura de passo. O acelerômetro é uma alternativa segura e econômica, além de permitir que profissionais de saúde monitorizem a quantidade e os tipos de movimentos que ocorrem na vida cotidiana dos pacientes (GUIDELINE, 2018; SILVA, 2013).

É notório o aumento da utilização dos acelerômetros em vários estudos e investigações científicas, fato este que se justifica devido sua evolução e redução de custo (SEIMETZ et al, 2012). Pesquisas atuais apontam para o emprego dos acelerômetros na análise do movimento humano, podendo-se destacar também o seu uso na monitorização do controle da atividade física, na avaliação, em reabilitação neurológica, para ajustes de padrões anormais dos movimentos e na avaliação do risco de quedas (MAGARREIRO, 2014; NEVILLE; LUDLOW; RIEGER, 2015).

A cinemática humana ocorre em mais de um eixo de movimento, assim para a analisar os movimentos humanos dá-se a preferência aos acelerômetros triaxiais que permitem medir o deslocamento e a aceleração em cada um dos três eixos. A amostragem dos sinais de acelerometria é constituída por três vetores, onde cada um representa a aceleração do sensor em um dos três eixos do plano cartesiano, sendo o eixo X responsável por captar os movimentos laterais, o eixo Y responsável por captar as oscilações perpendiculares e o eixo Z é responsável por captar os sinais referentes às oscilações verticais. Os registros das movimentações nos três eixos

podem ser plotados em gráficos e esses podem ser digitalizados para processamento posterior (ROCHA; MARRANGHELLO, 2013).

2.5 JOGOS SÉRIOS

Os jogos sérios são aqueles desenvolvidos com uma finalidade educacional, ou seja, vão além do entretenimento e da diversão, mas isso não quer dizer que o jogo não pode ser divertido. Esses jogos são utilizados por profissionais de diversas áreas, inclusive da saúde. Quando são voltados para fins terapêuticos, devem ser criados com ênfase nas necessidades específicas de cada caso isoladamente (GUIMARÃES; SILVEIRA; NUNES, 2013).

Os jogos sérios direcionados para saúde surgiram antes mesmo do termo ficar conhecido. Em 1992, foi desenvolvido um jogo chamado *Captain Novolin* para ajudar crianças a controlar a diabetes, que consiste em um super-herói diabético com a missão de controlar o nível de glicose em seu sangue, combatendo os inimigos *aliens* chamados de *Junk food*. O jogo ajudava as crianças a consumirem alimentos saudáveis, prevenindo as crises de glicose (DJAOUTI et al, 2011).

Estudos utilizando jogos sérios abrangem grandes áreas das ciências da saúde como: Educação Física, Psicoterapia e Fisioterapia. O emprego desses jogos durante as sessões de Fisioterapia pode repercutir positivamente no tratamento desses pacientes, devido aos benefícios que essas tecnologias oferecem como a interatividade que esses jogos proporcionam, deixando as atividades realizadas mais lúdicas (BALISTA, 2013; LYRA, 2016).

Sabe-se que, a recuperação funcional de déficits neuromotores exige protocolos de reabilitação consideravelmente repetitivos, a fim de induzir a neuroplasticidade (LOHSE, 2014). Entretanto esses protocolos são desestimulantes para os pacientes, às vezes, levando ao abandono do tratamento. O uso de jogos sérios favorece a adesão às práticas terapêuticas, estimulando os pacientes e diminuindo o índice de abandono do tratamento, além de aperfeiçoar as técnicas utilizadas de forma convencional (NOVELETTO et al, 2016; BALISTA, 2013).

Os jogos sérios são excelentes para serem utilizados tanto na reabilitação da população idosa, como na de pessoas com déficits neurológicos, devido a sua forma lúdica de estimular alguns aspectos motores e cognitivos, como a concentração, planejamento, percepção, o aprendizado motor, coordenação e equilíbrio. A

motivação proporcionada pelo contato com o ambiente virtual através de jogos sérios os torna, uma ferramenta importante, que pode favorecer todo o processo de reabilitação (NOVELETTO et al, 2016).

2.6 REALIDADE VIRTUAL

Teoricamente Realidade Virtual é um termo contraditório, ou seja, algo que é real e virtual ao mesmo tempo, porém pode-se dizer que os ambientes virtuais são, ao mesmo tempo, reais, tendo em vista que são realidades alternativas, criadas artificialmente, mas que podem ser percebidas pelos nossos sistemas sensoriais de modo semelhante aos ambientes reais. São capazes de motivar, ensinar, divertir e interagir com atividades reais, sem que haja a necessidade de existência física. Sendo assim, características materiais passam a fazer parte dos ambientes virtuais, tornando-os cada vez mais próximos da realidade (TORI, R; HOUNSELL, M, S, 2018).

Na literatura existem várias definições para RV, isto é em parte, à natureza interdisciplinar da ferramenta e também ao seu processo de evolução. De uma maneira simplificada, podemos conceituar a RV como uma forma revolucionária de interface entre, usuário e computador (HANCOCK, 1995). Trata-se de uma interface homem-máquina que proporciona a interação do usuário com ambientes simulados, similares aos do mundo real através de jogos interativos, desenvolvidos por programas computacionais (PENNY et al, 2015).

Através da RV, os usuários podem desfrutar de experiências multissensoriais, obtendo em tempo real um feedback relacionado ao seu desempenho com o uso do sistema gameificado. A gameificação utiliza recursos como desafios, pontuações e premiações, inseridos em atividades com outros fins que não a diversão. (SIN; LEE, 2013; TORI, 2015). Quando utilizada na reabilitação a RV, favorece o envolvimento dos pacientes na prática de tarefas específicas, devido ao ambiente visual atrativo, simulado virtualmente, tornando o ambiente mais interessante, aumentando a motivação do usuário para realizar as atividades propostas (GUIDELINE, 2018).

Pode-se dizer que uma das grandes vantagens de se utilizar a RV nos protocolos de reabilitação, advém justamente do fato que, esses jogos estimulam o usuário a ponto de favorecer a prática das atividades propostas em níveis superiores aos que seriam realizados durante a reabilitação convencional. A RV, proporciona ambientes atrativos e diversificados aos pacientes, durante longos períodos de

tratamento. De acordo com o grau de imersão do ambiente virtual a RV pode ser classificada como, imersiva e não imersiva (VIANA, 2013).

2.6.1 Realidade virtual imersiva (RVI)

O conceito de Imersão relacionado à RV, refere-se ao grau de precisão que um determinado sistema computacional pode apresentar ao fornecer para o usuário a experiência de sentir em uma realidade diferente daquela na qual este se encontra. Ou seja, pode ser caracterizada como o nível objetivo em que um sistema de RV pode enviar estímulos aos receptores sensoriais dos usuários. Portanto, é possível mensurar e comparar a qualidade imersiva de sistemas de RV (TORI; HOUNSELL, 2018). De acordo com Cummings, et al (2012), as características que discriminam a imersão são as seguintes:

- a) Qualidade da imagem: Refere-se ao realismo e fidelidade da imagem que envolve resolução, frequência, qualidade do mapeamento de texturas e graus de singularidade da imagem;
- b) Campo de visão: refere-se a perspectiva de visão que o usuário consegue alcançar ao interagir com o ambiente virtual;
- c) Estereoscopia: possibilidade que o sistema pode ou não ter para fornecer visão estereoscópica (imagens tridimensionais).
- d) Rastreamento: graus de liberdade, exatidão, tempo de resposta e outras características referentes a qualidade do sistema de rastreamento.

Os parâmetros de imersão supracitados estão focados no sentido da visão, sendo este um sentido muito importante, quando relacionado com sistemas de RV, porém a imersão pode ser otimizada quando inseridos os demais sentidos no sistema, possibilitando uma abordagem mais ampla das características que estabelece o nível de imersão de um sistema de RV:

- a) Abrangência: É referente à quantidade de diferentes estímulos sensoriais fornecidas aos usuários, como visual, auditiva e tátil;
- b) Combinação: É referente à combinação entre os diferentes estímulos sensoriais (exemplo: a imagem exibida corresponde ao movimento de determinada área do corpo, o som é sincronizado com a imagem etc.);

- c) Envolvimento: É referente à extensão em que os sentidos estão envolvidos panoramicamente (campo de visão, áudio espacial, rastreamento de movimentos de áreas corpóreas, etc.);
- d) Vivacidade: qualidade da simulação (resolução, taxa de quadros, iluminação, áudio etc.);
- e) Interatividade: É referente à capacidade que o usuário tem de interferir no ambiente, resposta dos elementos do ambiente às ações do usuário e as possibilidades de interferência em acontecimentos futuros;
- f) Enredo: fluência, consistência e qualidade da narrativa e do comportamento do ambiente e dos elementos nele presentes.

Dessa forma torna-se possível, definir e comparar, de forma objetiva o grau de imersão que determinados sistemas de RVI podem proporcionar (TORI, R; HOUNSELL, M, S, 2018).

Sabe-se que a imersão está relacionada a experiência de fazer parte do ambiente simulado e isso pode ser intensificado quando os aparelhos utilizados isolam os sentidos do indivíduo do ambiente real, ou seja, consiste na sensação de inclusão experimentada pelo usuário num ambiente virtual (PENNY et al, 2015). Comumente, um sistema imersivo é obtido através do uso de objetos como capacete de visualização, luvas, telas, óculos de imersão, plataformas vibratórias e etc. Dispositivos ligados aos demais sentidos também são importantes para sensação de imersão (VIANA, 2013).

A realidade virtual imersiva permite ainda que o usuário da técnica receba diversos estímulos sensoriais através da interface digital, como estímulos perceptivos, visuais, auditivos sensoriais, provocando sensações naturais de interação com o ambiente simulado virtualmente. Sendo assim, os indivíduos realizam suas atividades em cenários virtuais, por intermédio de dispositivos tecnológicos, porém utilizando seu conhecimento cognitivo, adquirido previamente de suas experiências vividas no mundo real (BOWER et al, 2014).

2.6.2 Realidade virtual não imersiva (RVNI)

A realidade virtual não imersiva (RVNI) é aquela em que o usuário interage com o ambiente virtual de forma parcial, ou seja, o usuário utiliza dispositivos, como por exemplo, um monitor, porém o mesmo continua a sentir-se predominantemente no mundo real. A interação com o sistema de realidade virtual não imersiva acontece principalmente devido a capacidade do próprio usuário em interagir com o ambiente virtual, fazendo uso de teclados *joysticks*, entre outros (TORI, 2018; SANTANA et al, 2015).

Nessa modalidade, os movimentos corporais dos usuários são captados pelos controles ou comandos computacionais, que resulta da capacidade que o indivíduo tem em mover objetos, desviar de obstáculos, alterar sons, entre outras. O envolvimento com o jogo é um dos principais fatores responsáveis pela adesão e motivação do usuário com a técnica, proporcionando aos usuários resoluções de problemas e aquisição de habilidades de forma mais atraente e prazerosa, encorajando assim, um maior número de repetições de exercícios/atividades pelo paciente sem que a atividade se torne monótona (POMPEU et al, 2014).

O processo de reabilitação apresenta dois pontos importantes: a repetição e o feedback, a repetição precisa facilitar as modificações benéficas na capacidade das habilidades funcionais dos pacientes e o feedback precisa ser algo relevante que propicie ao paciente o engajamento durante a reabilitação. Sendo assim, como recurso terapêutico, a RVNI vem se apresentando como uma ferramenta relevante para recuperação motora, por meio de jogos sérios, de forma eficiente e estimulante, já que a mesma possibilita um *feedback* imediato relacionado à evolução do paciente (SILVA et al, 2019; SANTANA et al, 2015).

3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

As revisões sistemáticas da literatura são estudos com investigações focadas em questões bem delimitadas, a fim de identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências científicas relevantes disponíveis. Os métodos para elaboração das revisões sistemáticas preveem determinado protocolo (GALVÃO; PEREIRA, 2014). O presente estudo compõe-se de escopo, questões da pesquisa, bases de dados, termos de busca, strings de busca, critérios de elegibilidade e procedimentos de seleção de estudos.

- a) Título: Efeitos da Realidade Virtual no equilíbrio e marcha de pacientes pós-AVE.
- b) Objetivo: Investigar o que a literatura aponta como resultados da Realidade Virtual no equilíbrio e marcha de pacientes pós-AVE.

3.1 ESCOPO

O acidente vascular encefálico (AVE) é a segunda principal causa de morte por doença no mundo, no Brasil, atinge principalmente os adultos de meia-idade e os idosos (NOVELETTO et al, 2016). É o evento patológico que mais causa incapacidades funcionais na população brasileira, sendo assim considerado um grave problema na saúde pública do país. O AVE é caracterizado como um evento neurológico complexo com aparecimento súbito de sinais e sintomas de origem vascular, podendo apresentar distúrbios focais e/ou globais das funções encefálicas, com duração de pelo menos 24 horas (FERLA; GRAVE; PERICO, 2015).

Déficits de equilíbrio e da marcha são frequentemente descritos em pacientes que sobreviveram a um AVE (HUNG et al, 2016), isso pode ocorrer devido a alterações visuais, vestibulares, sensoriais, somatossensoriais e motoras. As estratégias utilizadas na reabilitação, muitas vezes, não são efetivas, predispondo o indivíduo a quedas durante a marcha. Diversas pesquisas mostram que, após um AVE, 25% - 75% dos pacientes relatam quedas e 10% dos que caem cursam com sequelas graves, e 73% necessitam de internação. A reabilitação do equilíbrio e da marcha é indispensável nestes pacientes (FONSECA, SILVA, PINTO, 2016).

Diversas são as estratégias utilizadas pela Fisioterapia, que podem auxiliar na reabilitação do AVE, tais como técnicas de facilitação neuroevolutiva, treino de

marcha, treino de equilíbrio e terapia orientada a tarefa (FONSECA, SILVA, PINTO, 2016; KARASU, BATUR, KARATAS, 2018). Entretanto, essas estratégias podem ser desmotivadoras, devido a excessiva repetição. Nesse contexto, a realidade virtual (RV) apresenta-se como um recurso que associado aos protocolos convencionais pode contribuir com a reabilitação do AVE, proporcionando, interação, motivação, e diversão durante as intervenções (CALABRÒ et al, 2017; CARREGOSA et al, 2018).

3.2 QUESTÕES DE PESQUISA

Para analisar os títulos obtidos durante a pesquisa, foi necessária a elaboração de questionamentos que permitiram filtrar e classificar esses artigos, a fim de obter informações relevantes que corroborem com o estudo em questão. A seguir são apresentadas três questões que foram norteadoras da avaliação dos estudos selecionados através dessa revisão:

- a) Quais os requisitos devem ser considerados para o desenvolvimento de dispositivos baseados em RV para auxiliar na reabilitação de pessoas com déficits advindos de um acidente vascular encefálico;
- b) Quais são as principais contribuições da engenharia para o desenvolvimento de dispositivos direcionados para pessoas com déficits advindos de um acidente vascular encefálico;
- c) Quais os desafios e ou problemas identificados na literatura relacionados ao desenvolvimento de dispositivos direcionados para pessoas com déficits advindos de um acidente vascular encefálico.

3.3 BASES DE DADOS

As bases de dados utilizadas nesse estudo foram selecionadas por se tratarem das principais fontes de pesquisas nas áreas da saúde e de engenharias. Foram elas: Pubmed, IEEE, PMC, ACM, Science direct, Springer, Scopus e Bireme. As buscas por artigos foram realizadas restringindo o período de publicação entre os anos de 2014 a 2020. A pesquisa dos artigos foi realizada entre os meses de dezembro de 2018 e julho de 2019. As palavras-chave utilizadas foram: reabilitação, realidade virtual, vídeo game, acidente vascular cerebral e seus correlatos em inglês. Os descritores utilizados na busca seguiram a descrição dos termos MESH/DECS, sendo eles:

Stroke, Virtual Reality e exercise therapy. Para o cruzamento dos termos foram utilizados os operadores booleanos (AND e OR).

3.4 GERENCIADORES DE REFERÊNCIAS

A pesquisa foi realizada através de dois gerenciadores de referências, foram eles: O Mendeley e o Zotero, esses *softwares* foram utilizados a fim de auxiliar na busca e na organização das bibliografias obtidas durante a pesquisa.

3.5 STRING DE BUSCA

Foi utilizada uma *string* de busca genérica que foi modificada para se adequar a cada base de dados pesquisada. A *string* genérica utilizada foi a seguinte: (*rehabilitation*) AND (*stroke*) AND (*Virtual reality OR Serious Games OR games*). Após a finalização das buscas os arquivos foram filtrados para se adequarem ao objetivo do estudo, os filtros utilizados estão listados nos critérios de elegibilidade.

3.6 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Os artigos selecionados foram avaliados e validados quando se tratavam de ensaios clínicos randomizados e estudos quase-experimentais. Dado o número crescente de estudos abordando a RV como recurso terapêutico para a reabilitação do AVE, foram definidos como critérios de elegibilidade apenas os estudos que investigaram os efeitos da RV no equilíbrio e na marcha de indivíduos pós-AVE. Quanto à população selecionada, foram inclusos estudos com indivíduos de ambos os gêneros, com idade entre 18 e 60 anos.

Foram excluídos da pesquisa revisões de literatura, estudos de caso, estudos observacionais, conferências, resumos de artigos publicados em anais de congressos e cartas ao editor. Foram excluídos também estudos em que os participantes apresentavam idade superior a 60 anos e inferior a 18 anos, outras doenças neurológicas que evoluem com déficits neuromotores associadas ao AVE, bem como outras formas de tratamento que não incluíssem à RV.

Foi criada uma tabela com um padrão único para o preenchimento dos principais dados coletados dos artigos e após as leituras e análises de cada artigo, os revisores preencheram essa tabela igualmente. Desse modo, os estudos foram selecionados por dois revisores independentes e, na existência de discordância na seleção dos estudos, um terceiro revisor foi recrutado para solucionar a não concordância. A tabela desenvolvida abrangia os seguintes dados: autor, ano, objetivo, amostra, detalhamento da intervenção e resultados apresentados nos estudos.

3.7 PROCEDIMENTOS DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS

A etapa de buscas nas bases de dados consiste na obtenção de títulos após a realização das buscas nas bases de dados, utilizando a string e a aplicação de filtros, como: período de publicação, idioma da publicação e tipo da publicação, bem como a análise dos critérios de elegibilidade.

A etapa de remoção de duplicatas consiste na análise do software, que procura por referências duplicadas na totalidade de títulos obtidos. Após essa verificação mantém-se apenas um título e as cópias do mesmo são excluídas.

A etapa de leitura de títulos e resumo consiste na leitura na íntegra dos metadados dos artigos selecionados, a fim de remover todos os materiais que não estejam relacionados ao objetivo do estudo. Após essa etapa com o mesmo objetivo foi lido na íntegra a introdução e a conclusão do restante de artigos selecionados.

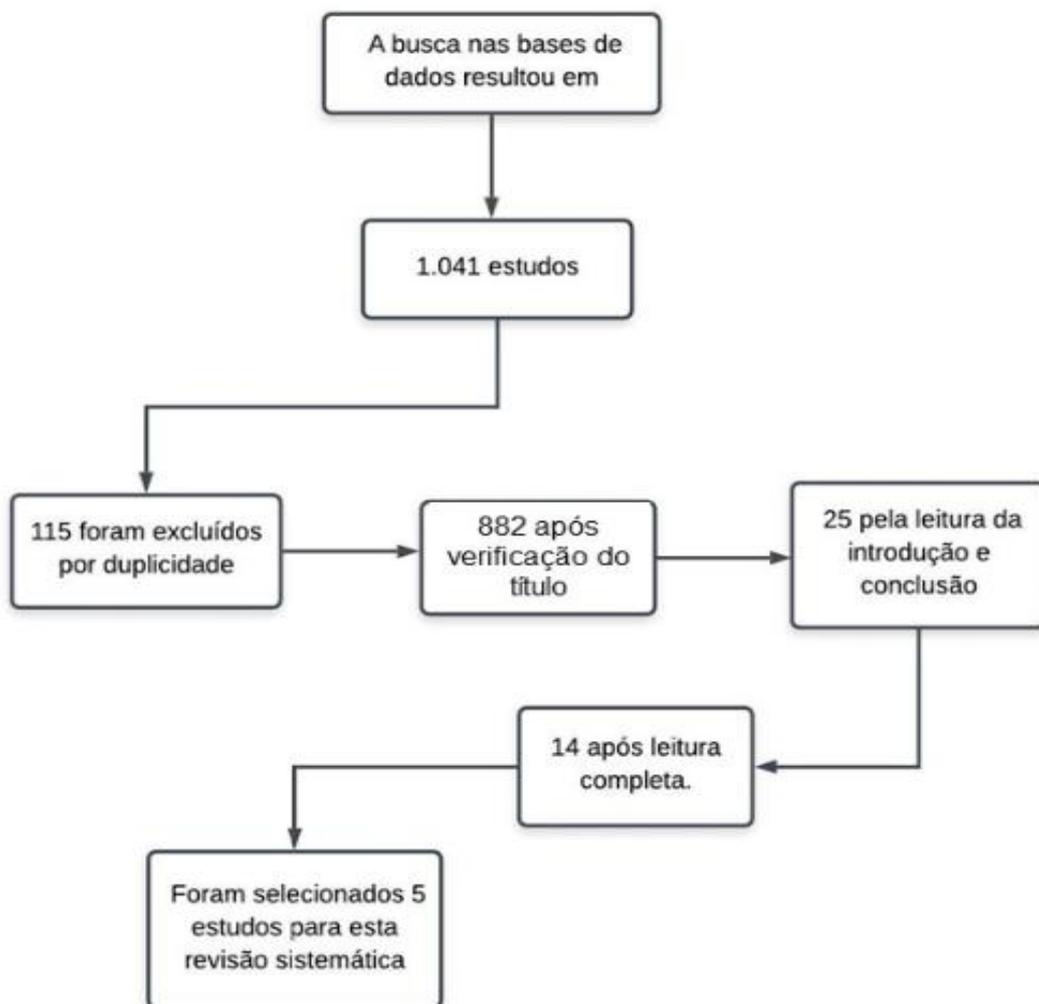
3.8 QUALIDADE METODOLÓGICA DOS ESTUDOS

A avaliação da qualidade metodológica dos artigos selecionados foi realizada por meio da escala PeDro. A escala consiste em 11 questões sobre o estudo, das quais 10 são pontuáveis, cada item corresponde a 1 ponto quando atinge seu objetivo com exceção do item 1 que não é pontuado. Desta forma a pontuação total pode variar de 0 (zero) a 10 (dez) pontos, quanto maior a pontuação obtida na escala PEDro, maior é a qualidade metodológica do estudo, e estudos com pontuação superior a 5 são considerados de boa qualidade metodológica (BARROS et al, 2014).

3.9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca nas bases de dados estabelecidas resultou em 1.041 estudos, dentre os quais 115 foram excluídos por duplicidade, 882 após a leitura do título, 25 pela leitura da introdução e conclusão e foram selecionados 14 estudos para leitura completa, após a mesma 9 estudos foram excluídos. Dessa forma, 5 estudos foram selecionados para esta revisão sistemática e estão apresentados na figura 4.

Figura 4 - Fluxograma de captação dos dados do estudo



Fonte: A Autora, 2019.

Os estudos clínicos elegíveis selecionados para essa revisão sistemática da literatura foram caracterizados de acordo com as seguintes variáveis analisadas: ano

de publicação do estudo, objetivo, tamanho da amostra, intervenção e principais resultados encontrados em cada estudo, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Objetivos, número de pacientes, intervenção e principais resultados encontrados em cada estudo

Autor/Ano	Objetivo	Amostra	Intervenção	Resultados
McEwen et al. (2014)	Efeito da RV para treinar o equilíbrio de sujeitos com AVE.	Total: 59 GE: 30 GC: 29	GE: reabilitação padrão de AVE mais RV em pé. GC: reabilitação padrão do AVE mais RV sentada.	Ambos os grupos apresentaram melhora significativa.
Fonseca, Silva e Pinto (2016)	Efeito da RV no equilíbrio, durante a marcha.	Total: 27 GE: 14 GC: 13	GE: fisioterapia convencional com RV com <i>Nintendo Wii</i> . GC: fisioterapia convencional	Houve redução do risco de quedas em ambos os grupos.
Lloréns et al. (2015)	Eficácia de um programa de telereabilitação baseado em RV para recuperação do equilíbrio.	Total: 30 GE: 15 GC: 15	GC: Treinados na clínica. GE: treinados em domicílio. Os participantes realizaram 20 sessões de 45 minutos com a telereabilitação de RV 3 vezes por semana.	Ambos os grupos obtiveram melhoras.
Hung et al. (2016)	Viabilidade e eficácia do sistema de <i>biofeedback Tetrax</i> para avaliar o equilíbrio pós-AVE.	Total: 23 GC: 11 GI: 12	GC: Fisioterapia convencional. GI: Fisioterapia convencional mais 20 minutos de treino com o <i>biofeedback Tetrax</i> .	O treinamento do equilíbrio com o <i>Tetrax</i> associado a reabilitação convencional pode melhorar o equilíbrio de pacientes com AVE.
Karasu, Batur e Karatas (2018)	Eficácia da reabilitação do equilíbrio pós AVE através do <i>Nintendo Wii Fit®</i> associado à reabilitação convencional.	Total: 23 GE: 12 GC: 11	GC: reabilitação padrão para o equilíbrio, 2 a 3 horas por dia, 5 dias por semana. GE: Reabilitação padrão mais 20 min de exercício de equilíbrio, com o <i>Wii Fit</i> e o <i>Wii Balance Board</i> , 5 dias por semana, por 4 semanas.	A reabilitação do equilíbrio utilizando o <i>Wii Fit</i> pode ser útil ao tratamento tradicional para melhorar o equilíbrio estático e dinâmico.

Fonte: A Autora, 2019.

GC: Grupo controle; GE: Grupo experimental; RV: Realidade virtual; AVE: Acidente vascular encefálico.

De modo geral, os estudos dataram de 2014 a 2018, com tamanho de amostra variando de 23 q 59, investigando os efeitos da realidade virtual na marcha e equilíbrio de pacientes pós-AVE. Alguns artigos incluíram desfechos como, força, espasticidade e função nas atividades de vida diárias, esses desfechos não foram analisados por este estudo por não se tratarem do objetivo do mesmo. O estudo revelou que a RV é uma terapia útil na reabilitação da marcha e do equilíbrio de pacientes pós-AVE, quando realizada em associação com a reabilitação convencional.

Os artigos foram agrupados de acordo com a avaliação de qualidade metodológica, conforme análise dos itens da escala PEDro. Os itens são: 1. Critérios de elegibilidade, 2. Alocação aleatória, 3. Sigilo na alocação, 4. Similaridade dos sujeitos, 5. Amostra cega, 6. Terapeutas cegos, 7. Avaliadores cegos, 8. Desfecho em 85% dos sujeitos, 9. Tratamento ou controle conforme alocação, 10. Pelo menos um resultado-chave intergrupos e, 11. Medidas de precisão e variabilidade. Dos cinco

estudos analisados quatro foram considerados como de boa qualidade. O resultado dessa análise pode ser visualizado no Quadro 2.

Quadro 2 - Avaliação metodológica dos estudos pela escala de PEDro

Autor/ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Pontuação total
McEwen et al. (2014)	X	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	7/10
Fonseca, Silva e Pinto (2016)	X	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	6/10
Lloréns et al. (2015)	X	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9/10
Hung et al. (2016)	X	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	4/10
Karasu, Batur e Karatas (2018)	X	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10

Fonte: A Autora, 2020.

McEwen et al. (2014) examinaram o efeito de um programa de reabilitação convencional de AVE associada a RV para treinar o equilíbrio, mobilidade e comprometimento motor de pacientes internados em uma unidade de reabilitação para AVE. Participaram do estudo 59 pacientes com AVE que foram randomizados entre o grupo experimental (GE) com 30 indivíduos e controle (GC) com 29. O GE recebeu terapia de reabilitação padrão de AVE, além de um programa de exercícios de RV que desafiava o equilíbrio (por exemplo, treinamento de futebol, snowboard) realizado em pé. O GC recebeu terapia de reabilitação padrão do AVE mais a exposição a RV idênticos, porém os jogos não desafiaram o equilíbrio (realizados na posição sentada). Todos os indivíduos foram avaliados antes, imediatamente e após 1 mês de intervenção.

As medidas do estudo foram: o teste Timed Up and Go (TUG), o teste de caminhada de dois minutos (TMT) e o domínio da perna da escala de avaliação de AVE Chedoke McMaster. O estudo mostrou que ambos os grupos obtiveram melhoras com os tratamentos propostos. No entanto, houve uma melhora maior no GE que utilizou a adição da intervenção de RV em pé. Contudo a diferença nas melhorias entre os grupos não foi significativa em todas as medidas. Isto pode ser explicado pelo fato de que o estudo teve um número pequeno em sua amostra. A análise do poder

post hoc sugere que seria necessário adicionar 20 indivíduos por grupo neste estudo para que houvesse significância estatística.

Fonseca, Silva e Pinto (2016) realizaram um estudo a fim de averiguar os efeitos da RV aplicada em conjunto com a utilização de exercícios convencionais de Fisioterapia para no equilíbrio, durante a marcha e no número de quedas em indivíduos com sequelas de AVE. Este estudo realizou um ensaio clínico randomizado com 27 pacientes de ambos os sexos, com hemiparesia decorrente do AVE, com faixa etária de 18 a 65 anos. Os pacientes incluídos na pesquisa foram randomizados em grupos de dez por lote por meio do programa RANDOM.ORG, o agrupamento foi realizado por uma terceira pessoa a fim de preservar a ocultação da alocação.

O grupo experimental (GE) contou com 14 pacientes e realizou o tratamento com o protocolo de exercícios fisioterapêuticos convencionais em associação com a reabilitação virtual que fez uso da plataforma *Nintendo Wii*, e o grupo controle (GC) obteve um número total de 13 pacientes que realizaram o protocolo de Fisioterapia convencional. Os pacientes foram acompanhados durante 20 sessões de Fisioterapia, duas vezes por semana com duração de uma hora cada sessão. As avaliações do equilíbrio e a investigação do número de quedas ocorridos tiveram avaliações antes e no final do estudo, que teve duração de aproximadamente 3 meses.

Os jogos utilizados no estudo foram o tênis, futebol, bambolê e boxe, realizados por um período de 12 minutos em cada sessão, com um intervalo de 1 minuto entre eles. As intervenções com o protocolo de Fisioterapia convencional consistiram em alongamentos de membros superiores, atividades de mobilização do tronco ambas por 10 minutos; movimentos em diagonal por 15 minutos; treino de equilíbrio em pé em superfície estável e instável por 10 minutos; treinamento de marcha livre por 10 minutos e treino com obstáculos.

O estudo utilizou como medida de avaliação o teste de avaliação do equilíbrio da marcha e risco de quedas, o Dynamic Gait Index (DGI). A partir dessa avaliação a pesquisa pode mostrar que em ambos os grupos, o número de quedas foi reduzido após a intervenção, mas essa diferença foi estatisticamente significativa apenas nos indivíduos que fizeram parte do grupo de tratamento. Já na análise intergrupos, não houve diferença significativa no equilíbrio durante a marcha após o protocolo de reabilitação, bem como na redução da incidência de quedas.

Lloréns et al. (2015) realizaram um estudo cego, randomizado e controlado a fim de avaliar a eficácia clínica de um programa de telereabilitação baseado em realidade virtual (RV) para recuperação do equilíbrio de indivíduos hemiparéticos devido a um AVE, comparando a realização do programa em ambiente clínico e domiciliar. Avaliaram e compararam ainda as despesas geradas nos dois programas.

Foram incluídos no estudo, 30 participantes, 15 no grupo controle (GC), treinados na clínica e 15 no grupo experimental (GE) treinados em domicílio. Os participantes foram submetidos a vinte sessões de treinamento de 45 minutos com o sistema de telereabilitação, realizado 3 vezes por semana. As sessões foram constituídas de seis repetições de 6 minutos cada com intervalos de 90 segundos entre elas.

O equilíbrio foi avaliado antes, após e um mês após a terapia, através da Escala Lde Equilíbrio de Berg (BBS), pela mobilidade de Avaliação orientada para o desempenho do equilíbrio subescala (POMA-B), da avaliação da mobilidade orientada para o desempenho da marcha, subescala (POMA-G), pela Avaliação do balanço de Brunel (BBA) e de 2 questionários sobre a experiência com o sistema. O estudo sugere que ambos os grupos obtiveram melhoras após o tratamento, sem que houvesse nenhuma diferença no progresso entre os grupos. A intervenção com a telereabilitação pode ser econômica dependendo do cenário.

Hung et al. (2016) investigaram a viabilidade e a potencial eficácia do sistema de *biofeedback Tetrax* para o treinamento de equilíbrio em pacientes com acidente vascular encefálico crônico. Participaram do estudo pacientes com AVE que foram randomizados para os grupos controle (GC) com 11 participantes e para o grupo intervenção (GI) com 12 participantes. Todos os participantes receberam treinamento de reabilitação convencional, porém para o GI foi adicionado 20 minutos de treino de equilíbrio com o *biofeedback Tetrax*, 3 vezes por semana durante 6 semanas. Todos os indivíduos foram avaliados antes e após a intervenção.

A viabilidade do *biofeedback Tetrax* para treinar o equilíbrio em pacientes com AVE foi o desfecho principal do estudo, focando na adesão, segurança e satisfação. A adesão foi representada pela presença na sessão. A segurança foi avaliada por meio do registro de eventos adversos, a satisfação foi avaliada no final da intervenção pelas escalas Likert de (5) pontos para avaliar o prazer, a motivação e a utilidade dos jogos,

sendo (1) “discordo totalmente” e (5) “concordo totalmente”. Também foi solicitado aos participantes que comparassem o prazer e a utilidade dos jogos e do treinamento com a reabilitação convencional.

A eficácia dos jogos foi avaliada por testes envolvendo a função do corpo e os domínios de atividades. As atividades de equilíbrio foram avaliadas pelos testes Timed Up and Go (TUAG) e Forward Reach (FR). Os achados sugerem que o treinamento do equilíbrio com o Tetrax associado a reabilitação convencional pode melhorar o equilíbrio de pacientes com AVE crônico tanto na função corporal como nos níveis de atividades. Contudo existe a necessidade da realização de mais estudos para fornecer dados mais robustos sobre a eficácia desta intervenção.

Karasu, Batur e Karatas (2018) investigaram a eficácia da reabilitação do equilíbrio pós AVE por meio do *Nintendo Wii Fit*® associado à reabilitação convencional. Vinte e três indivíduos foram randomizados ficando 12 para o grupo experimental (GE) e 11 para o grupo controle (GC). Ambos os grupos realizaram reabilitação convencional para do equilíbrio, por 2 a 3 horas por dia, 5 dias por semana. Para o GE foram adicionados 20 min de exercício de equilíbrio, com o *Wii Fit* e o *Wii Balance Board*, 5 dias por semana, por 4 semanas. As avaliações foram realizadas antes, depois e após 4 semanas da conclusão do estudo (*follow-up*), por um avaliador cego para ambos os grupos.

Os desfechos primários foram a Escala de Equilíbrio de Berg (BBS), Teste de Alcance Funcional (FRT), Escala de Avaliação Postural para Pacientes com AVE (PASS), Teste Timed Up and Go (TUG) e Índice de Equilíbrio Estático (SBI). Os desfechos secundários foram as oscilações posturais, avaliadas com Emed-X (Novel GmbH, Munique, Alemanha) e a transferência de medida de independência funcional (FIMt) (FIMt; 3 itens: cama, cadeira, cadeira de rodas; vaso sanitário; banheira/chuveiro) e locomoção (FIMI; 2 itens: Walk/cadeira de rodas; Escadas).

Este estudo mostrou que a reabilitação do equilíbrio baseado no *Wii Fit* pode ser uma terapia adjunta útil ao tratamento tradicional para melhorar o equilíbrio estático e dinâmico, a capacidade motora funcional e a independência em pacientes com AVE. No entanto, os resultados desta pesquisa (com uma amostra pequena) devem ser vistos com cautela e como base para futuras pesquisas para estabelecer a eficácia comparativa dessa abordagem terapêutica na reabilitação do AVE.

3.10 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A partir da análise anterior, embasada pela literatura que aponta alguns benefícios da RV em indivíduos que sofreram um AVE e, também, da escassa quantidade de estudos definidos nessa área, essa pesquisa propõe o desenvolvimento de um protótipo de uma interface homem-máquina, utilizando recursos de realidade virtual não imersiva, acelerometria e eletromiografia a fim de auxiliar a reabilitação da marcha e do equilíbrio pós-AVE.

Essa interface será direcionada para esse público e levará em consideração aspectos específicos da reabilitação do AVE. A interface é capaz de fornecer ao terapeuta e ao usuário um *feedback* visual e auditivo, em tempo real, durante a execução da atividade funcional, dessa forma, motivando-o cada vez mais a praticar a atividade e aperfeiçoá-la. Será possível também o armazenamento de dados para análise posterior pela autora, visando possíveis adaptações, calibrações e avaliações periódicas da evolução do paciente.

4 METODOLOGIA

A metodologia dessa pesquisa foi dividida em etapas a fim de fornecer um melhor entendimento de todos os procedimentos realizados, a sequência será descrita abaixo.

4.1 DESENHO E LOCAL DO ESTUDO

Trata-se de um estudo de desenvolvimento tecnológico seguido de testes de funcionamento e usabilidade. O teste de usabilidade apresenta um desenho transversal com amostra por conveniência. A pesquisa foi realizada no laboratório de Interface Homem Máquina da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localizada na Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE, CEP, 50740-550 e na Clínica Rogério Antunes, unidade Boa Viagem, localizada na Rua Almirante Batista Leão, 169, Boa Viagem, Recife - PE, CEP, 51130-070.

4.2 PROCEDIMENTOS DAS ETAPAS DO ESTUDO

A presente pesquisa foi realizada em quatro etapas, onde a primeira foi composta pela realização de um estudo piloto a fim de identificar e caracterizar as faixas de frequência para selecionar os filtros de EMG na construção do protótipo. A colocação dos eletrodos seguiu o protocolo do consórcio europeu denominado SENIAM que padroniza os locais de colocação, os tipos e a distância entre os eletrodos.

A segunda etapa foi dedicada ao desenvolvimento do instrumento, que contará com um hardware e um software. Após essa etapa foram realizados os testes de funcionamento dessas ferramentas que ocorreram no Laboratório de Interface Homem-Máquina da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), participaram dos testes integrantes do grupo de pesquisa do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica.

A terceira etapa foi composta pela coleta de dados através dos testes de usabilidade com os participantes voluntários da pesquisa, a fim de verificar a viabilidade do uso do instrumento. Inicialmente, os participantes realizaram uma transferência da postura sentado para de pé seguida de uma caminhada. Na

sequência responderam a um questionário que avalia a usabilidade do equipamento. A etapa final será dedicada à interpretação dos resultados obtidos através do System Usability Scale.

4.2.1 Primeira etapa: estudo piloto

Um estudo piloto foi realizado com 10 indivíduos, sendo 5 do sexo masculino e 5 do sexo feminino, os quais pertencem ao grupo de pesquisa em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco (GPEB-UFPE). O piloto teve o objetivo de reproduzir os métodos planejados para a coleta de dados definitiva, além de identificar e caracterizar as faixas de frequência da EMG a fim de adaptar os filtros adequados. A colocação dos eletrodos seguiu o protocolo do consórcio europeu denominado de *Surface EMG for the Non-invasive Assessment of Muscles* (SENIAM).

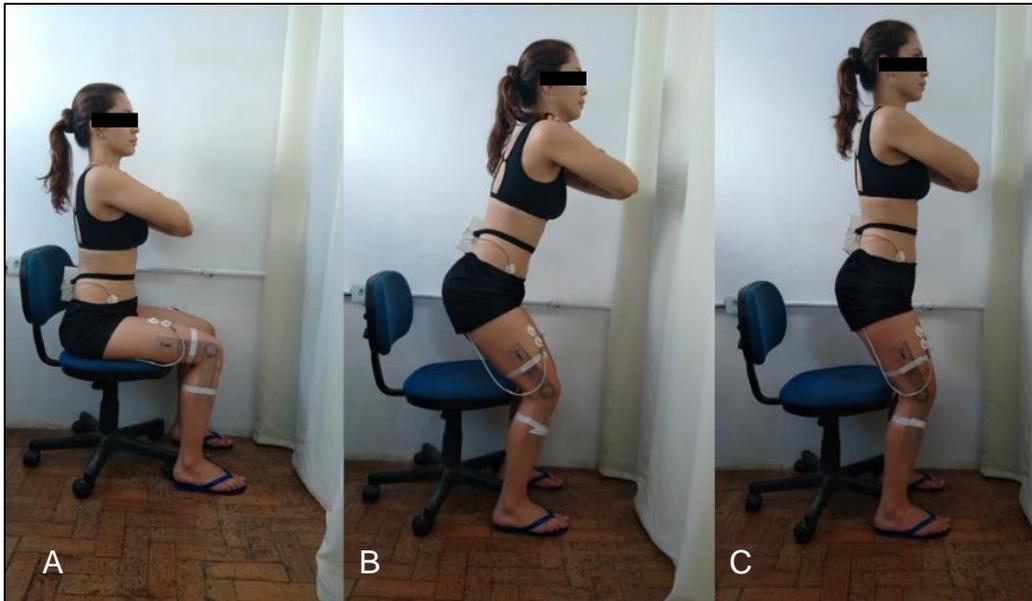
Para captação dos dados de EMG utilizou-se eletrodos bipolares, passivos e descartáveis, previamente à fixação dos eletrodos a pele do participante foi higienizada com álcool 70% e tricotomizada. Os eletrodos foram colocados no membro inferior dominante do participante, posicionados medialmente no músculo quadríceps, paralelamente às fibras musculares e separados entre si por uma distância de vinte milímetros, seguindo as recomendações do protocolo SENIAM. Apenas o eletrodo de referência não seguiu o protocolo e foi posicionado sobre a crista ilíaca, ficando mais próximo dos demais, para melhorar a qualidade do sinal.

Foi realizado um teste chamado de senta/levanta com cada voluntário, o procedimento foi o seguinte: o participante foi orientado sobre como seria executada a tarefa, sendo o teste realizado em uma cadeira que ajustava a altura, de acordo com a necessidade de cada participante. A tarefa foi dividida em dois momentos, no primeiro momento o participante fez um movimento isométrico mantido por 8 segundos, partindo da posição sentada com joelho em 90° para a posição de semiflexão com o joelho em 60°.

No segundo momento o participante partia da posição sentada com joelho em flexão de 90° para a posição de quase de pé com o joelho em 40°, sendo dado um descanso de 2 minutos entre cada isometria nas duas angulações verificadas. As medições das angulações estudadas foram feitas utilizando um goniômetro universal. Os eletrodos utilizados foram da marca 3M, modelo 2223BRQ, todos os participantes estavam calçados com sandália do tipo chinelo de dedo e seguiram o mesmo roteiro.

A figura 5 ilustra a sequência das angulações testadas durante o estudo piloto realizada na posição de sentado para de pé em 90° (A), 60° (B) e 40° (C).

Figura 5 - Sequência das angulações do teste de sentado/pé em 90° (A), 60° (B) e 40° (C)



Fonte: A Autora, 2019.

Após a extração dos sinais de EMG, coletados de cada participante, foi realizado o processamento dos dados, para esta etapa foi utilizada a transformada de Fourier para converter os sinais do domínio do tempo para o domínio da frequência. Com isso foi realizada a análise da frequência e obtida a faixa de frequência ideal para a aplicação no grupamento muscular específico. Para o processamento dos sinais foi utilizado um ambiente de programação de cálculos matemáticos de uso geral.

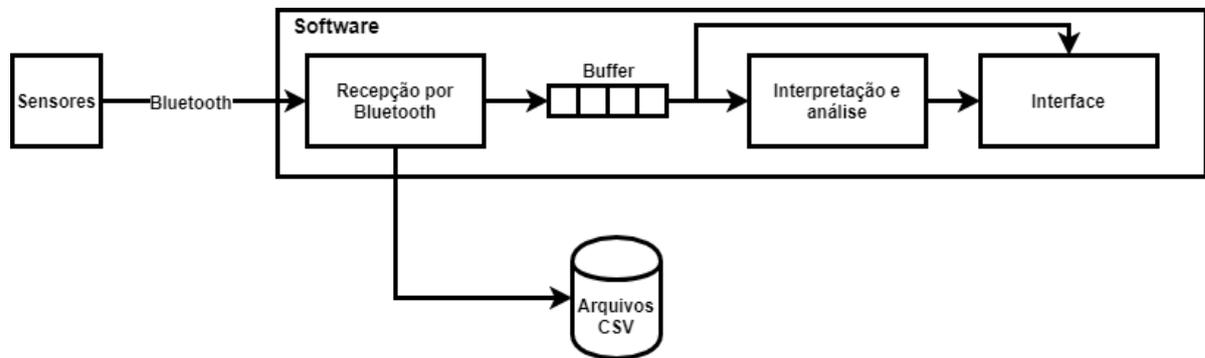
4.2.2. Segunda etapa: desenvolvimento do instrumento

Com relação ao instrumento, esse foi desenvolvido a partir do equipamento de SOUZA, (2015), o qual foi modificado para as necessidades da presente pesquisa. Inicialmente esse equipamento base foi utilizado em conjunto com um aplicativo que apresenta tanto sinais de EMG quanto de eletrocardiograma (ECG) na tela de um smartphone. Para esta aplicação o equipamento é composto por 2 canais de EMG, um acelerômetro, um módulo *bluetooth*, um software para plotagem dos dados dos sinais obtidos, um jogo de realidade virtual não-imersiva e um firmware.

4.2.3 Segunda etapa: desenvolvimento do software

O software foi desenvolvido após o término do estudo piloto e contou como uma junção de 3 subsistemas, um sistema de recepção via Bluetooth, um de interpretação e análise de dados, e uma interface de visualização dos dados em formato gráfico. Como é ilustrado na Figura 6, o sinal medido pelo sensor é enviado para o software por meio do protocolo Bluetooth, em seguida. Após receber os dados, um vetor serial do tipo Buffer (armazenamento) é criado para realizar o armazenamento dos dados dos sensores. Os dados no vetor do tipo buffer são enviados para o algoritmo de Interpretação e análise, que são responsáveis por gerar os gráficos na interface.

Figura 6 - Visão geral do sistema



Fonte: A Autora, 2020.

O sistema de recepção via Bluetooth foi desenvolvido com base em sistemas operacionais, com dispositivos de entrada e saída conectados ao computador via protocolo Bluetooth, sendo percebidos pelo sistema como portas seriais. Após o recebimento dos dados, estes são armazenados em um buffer e enviados ao sistema de análise e interpretação e para a interface. Isso é feito para evitar perdas de processamento ocasionadas por possíveis processos de lentidão provenientes da interface. Para a padronização das mensagens foi desenvolvido um protocolo que segue um formato de mensagem específico executado pelo sistema de recepção.

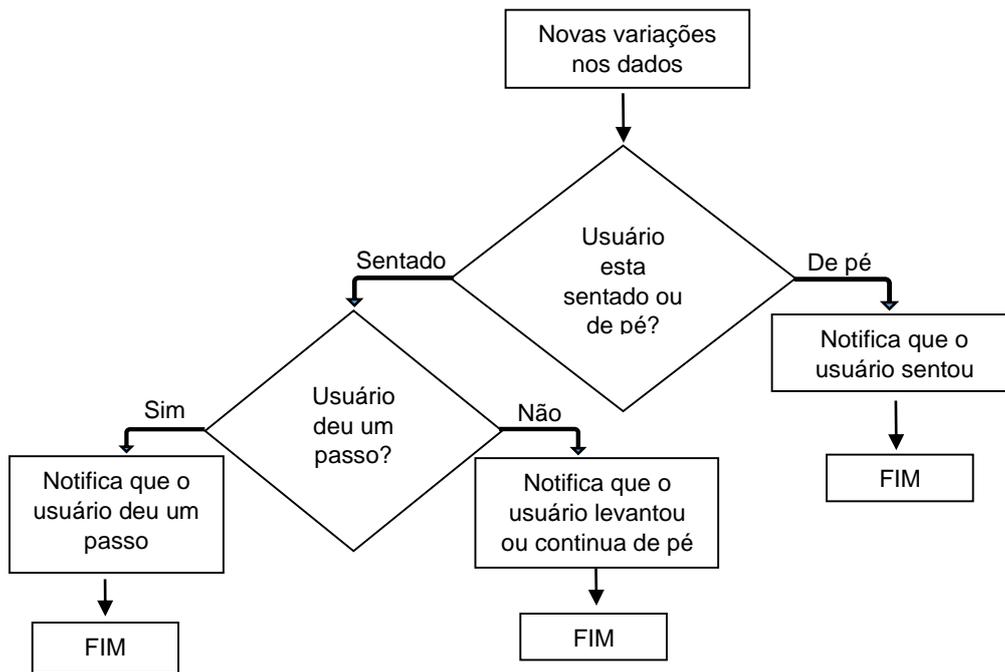
No formato da mensagem, os dois primeiros bytes são as flags de início, que representam o início do envio de uma medição feita pelos sensores em um determinado momento no tempo. As flags de início são utilizadas para organizar e reiniciar a comunicação por parte do receptor para que a sequência de recebimento definida pelo formato de mensagem seja obedecida e os dados sejam corretamente

armazenados. Posteriormente ao envio das flags, é feita a leitura dos sensores. As informações fornecidas por cada eixo do sensor são compostas por 2 bytes.

O sistema de análise e interpretação, implantado em hardware, é formado por dois algoritmos que estão sempre em execução, com função de detectar se o indivíduo está em pé ou sentado e se um passo foi dado. Para o desenvolvimento dos algoritmos e escolha de parâmetros para a interpretação de cada tipo de detecção, foram analisados gráficos gerados a partir de testes de usabilidade, onde cada gráfico foi rotulado de acordo com o movimento executado, a fim de encontrar um padrão nos dados. Os algoritmos identificam os padrões e notificam o acontecimento das ações, automatizando o processo de detecção das atividades realizadas por parte do usuário.

O funcionamento desse sistema acontece a partir de variações nos sinais, captadas pelos sensores, em função das ações do usuário, ou seja, quando ocorre uma variação, o sinal é entregue ao sistema de recepção via Bluetooth onde é executada uma análise para classificar a variação recebida como, o usuário deu um passo, ou levantou, ou continua de pé, ou sentou, ou continua sentado. Esta análise, está descrita pelo fluxograma apresentado na Figura 7. Quando a variação acaba o sistema fica em espera até que outra variação ocorra. Na interface do sistema pode-se visualizar dados dos sensores e ajustar, os parâmetros de calibração.

Figura 7 - Fluxograma do o sistema de análise e interpretação dos dados



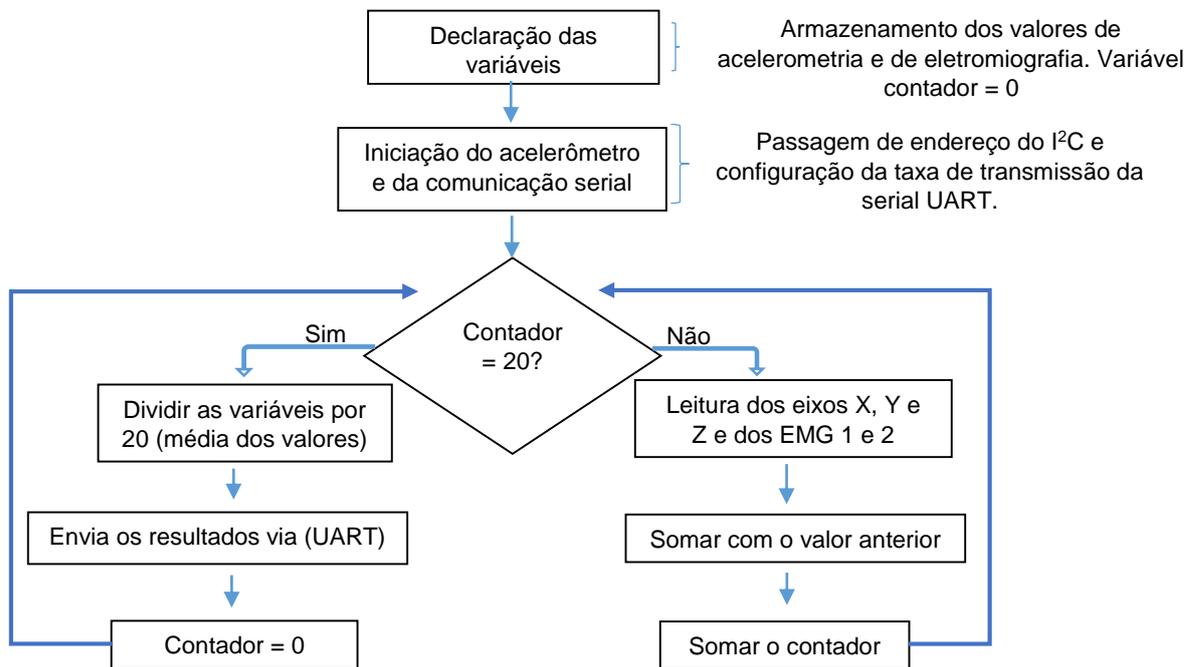
Fonte: A Autora, 2019.

4.2.4 Segunda etapa: desenvolvimento do firmware

O *firmware* do equipamento desenvolvido no ambiente MBED-online, conta com o protocolo de comunicação I²C para a recepção de dados, advindos do sensor de acelerometria, protocolo de comunicação UART para transmissão dos dados processados para o Bluetooth e conversão analógica para digital das aquisições de EMG. Uma variável chamada de “contador” armazena a quantidade de vezes que são realizadas às leituras de acelerometria e EMG. Cada eixo do acelerômetro e cada o canal de EMG possuem uma variável individual a qual soma o valor atual de leitura com o valor anterior.

Quando a variável “contador” chega ao número 20, ou seja, quando são realizadas 20 leituras consecutivas do acelerômetro e dos canais de EMG, as variáveis de cada eixo e de cada canal são divididas por 20 obtendo assim a média individual. Os dados de EMG e do acelerômetro são adquiridos com uma taxa de amostragem de aproximadamente 6000 Sample per seconds (SPS), amostras por segundo, pós calcular a média dos valores a transmissão é realizada a uma taxa de 300 SPS. Um diagrama de bloco desse firmware pode ser visto na figura 8.

Figura 8 - Diagrama de bloco do esquemático de firmware do equipamento



Fonte: A Autora, 2019.

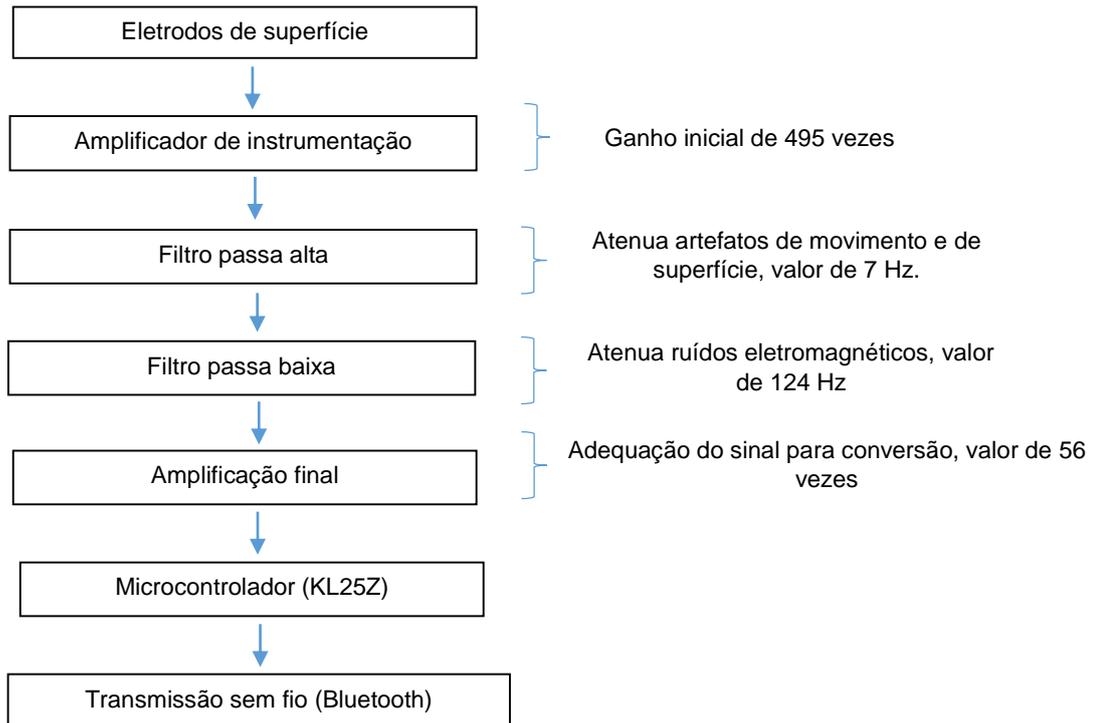
O número de 20 leituras utilizado para gerar a média das aquisições, foi definido após testes de comunicação entre o hardware e o software a fim de obter estabilidade na transmissão e recepção, além de uma baixa variação do sinal causada pelos ruídos. Inicialmente quando os valores foram enviados na máxima transmissão do microcontrolador a comunicação não foi estável, sendo necessário ajustar reduzir a velocidade de transmissão, aumentando a quantidade de termos no cálculo da média. Chegando próximo do número de 20 termos, foi possível observar uma comunicação estável e uma suavização das curvas que estavam com interferência de ruídos.

4.2.5 Segunda etapa: desenvolvimento do hardware

O *hardware* do equipamento de EMG contém basicamente filtros passivos e amplificadores, sendo estes componentes projetados para realizar o condicionamento do sinal elétrico entre o microcontrolador e o músculo específico do trabalho. O condicionamento do sinal é realizado pela respectiva ordem de circuitos eletrônicos: um amplificador de instrumentação que aumenta o sinal em 495 vezes e atenua o ruído de modo comum, um filtro passa alta com frequência de corte de 7 Hz e um filtro

passa baixa com frequência de corte de 124 Hz, e um amplificador com ganho de 56 vezes e taxa de rejeição de modo comum, Common-mode Rejection Ratio (CMRR) de 120 dB. Os filtros foram utilizados a fim de atenuar os ruídos que ocorrem durante as aquisições. A figura 9 demonstra o diagrama de bloco do esquemático do hardware.

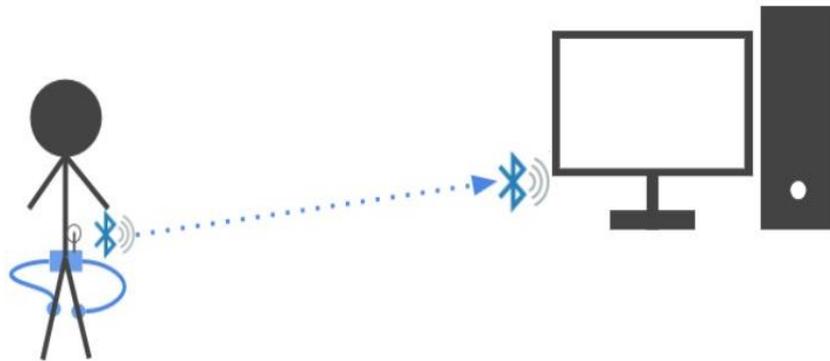
Figura 9 - Diagrama de blocos de esquemático do hardware



Fonte: A Autora, 2019.

O funcionamento do hardware pode ser simplificado nas seguintes etapas: os eletrodos posicionados nos músculos enviam os sinais para o eletromiógrafo, esses são filtrados e amplificados, após isso são processados pelo microcontrolador juntamente com os sinais da acelerometria. Esses sinais são transformados em dados que, por fim, serão enviados para um computador, como ilustrado na figura 10 que apresenta a Comunicação dos sinais de EMG e acelerometria com o computador via módulo bluetooth HC - 05, sendo sua comunicação mantida por até 10 metros de distância sem barreiras.

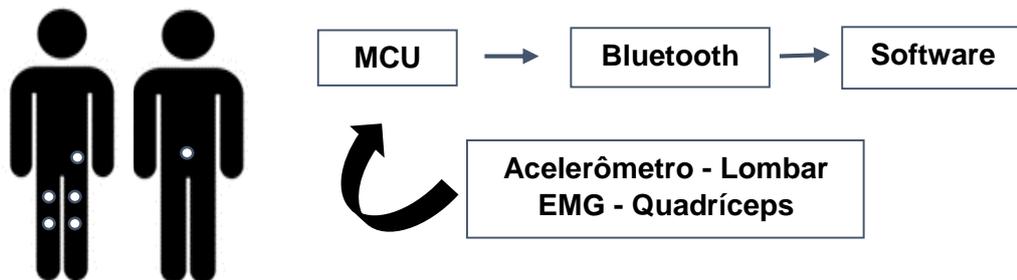
Figura 10 - Comunicação dos sinais de EMG e acelerometria com o computador via bluetooth



Fonte: A Autora, 2019.

A figura 11 representa um resumo de todo o sistema de aquisição de dados de acelerometria e EMG, bem como a localização dos eletrodos e o processo de envio via Bluetooth para um computador. Esses dados podem ser enviados para qualquer outro dispositivo, que possua comunicação Bluetooth, como é o caso de um notebook ou um telefone celular.

Figura 11 - Sistema de aquisição de dados de acelerometria e EMG



Fonte: A Autora, 2019.

A plataforma escolhida para realizar o processamento foi a FRDM-KL25Z, que utiliza o MCU KL25Z128 com core ARM Cortex M0+ com 128KB de memória flash e 16KB de memória SRAM, que pode rodar em uma frequência de operação à 48MHz, da marca Freescale. A escolha foi baseada nas propriedades da plataforma, que tem como principal característica um bom desempenho aliado a um baixo consumo de energia, permitindo utilizar bateria alcalina de 9 V, recarregável com autonomia de aproximadamente duas horas, o que o tornou a opção adequada para o estudo.

A plataforma FRDM-KL25Z, está equipada com um acelerômetro do modelo MMA8451Q, fabricado pela NXP, este acelerômetro possui três transdutores: um para o eixo X, um para o eixo Y e outro para o eixo Z. A aceleração de cada eixo é convertida para tensão através dos transdutores. Essa plataforma também possui 6 conversores de analógico para digital (ADCs), resolução de 16 bits. A plataforma FRDM-KL25Z, utilizada nesse estudo está ilustrada na figura 12.

Figura 12 - Ilustração da plataforma FRDM-KL25Z



Fonte: A Autora, 2019.

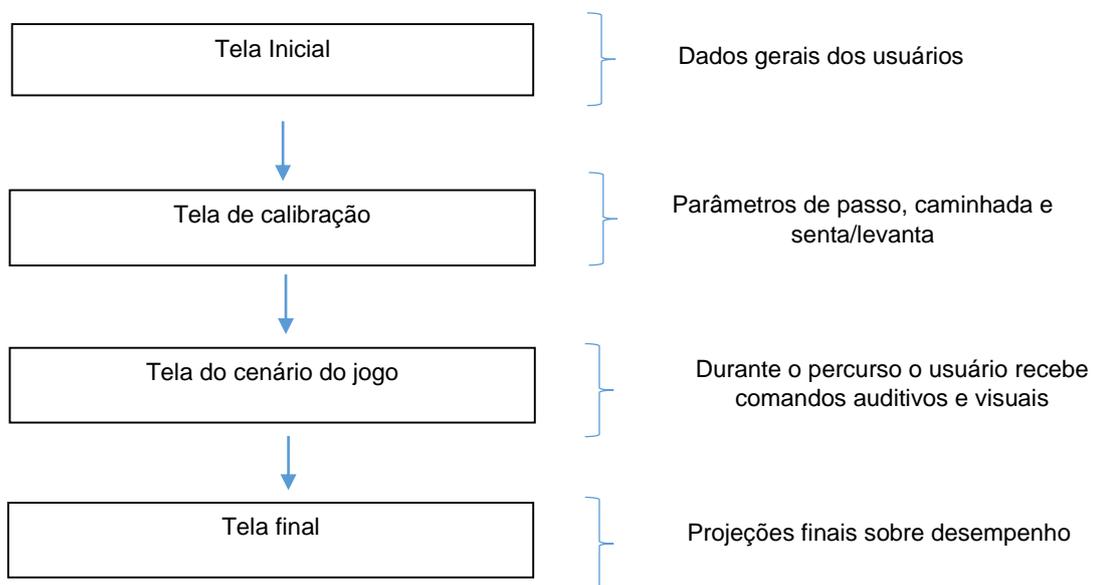
4.2.6 Segunda etapa: Desenvolvimento do Jogo

O ambiente de desenvolvimento escolhido para desenvolver o jogo foi o Unity 3D, que é um completo sistema de desenvolvimento de games multiplataforma. Utiliza uma *engine* de renderização que se integra com um conjunto completo de ferramentas intuitivas, podendo ser utilizada para a criação de todas as modalidades de jogos. A Unity aceita as linguagens de programação *c#* e Javascript para criação dos scripts dos jogos (SILVA; LOPES; CARVALHO, 2016). O design gráfico do jogo será em 2D a fim de motivar o usuário a realizar as atividades propostas, favorecendo um maior número de repetições.

O jogo conta com uma única fase e sua pontuação pode variar de 0 ao infinito e é adquirida de acordo com a execução da atividade realizada. A dificuldade do jogo é fixa, dessa forma a pontuação do usuário tende a aumentar de acordo com o número

de repetições realizadas, tendo em vista que as atividades são aperfeiçoadas com a repetição, à medida em que os objetivos são atingidos os participantes são recompensados com o aumento a sua pontuação e pelo biofeedback visual e auditivo apresentado através dos meios de projeção. O jogo apresenta abas para inserção de dados gerais dos usuários, calibração de parâmetros individualizada, considerando os diferentes níveis de condição física dos participantes e uma aba final de pontuação atingida. A figura 13 apresenta um diagrama com o processo do jogo em fases.

Figura 13 - Diagrama de blocos apresentando o processo de jogo em fases



Fonte: A Autora, 2020.

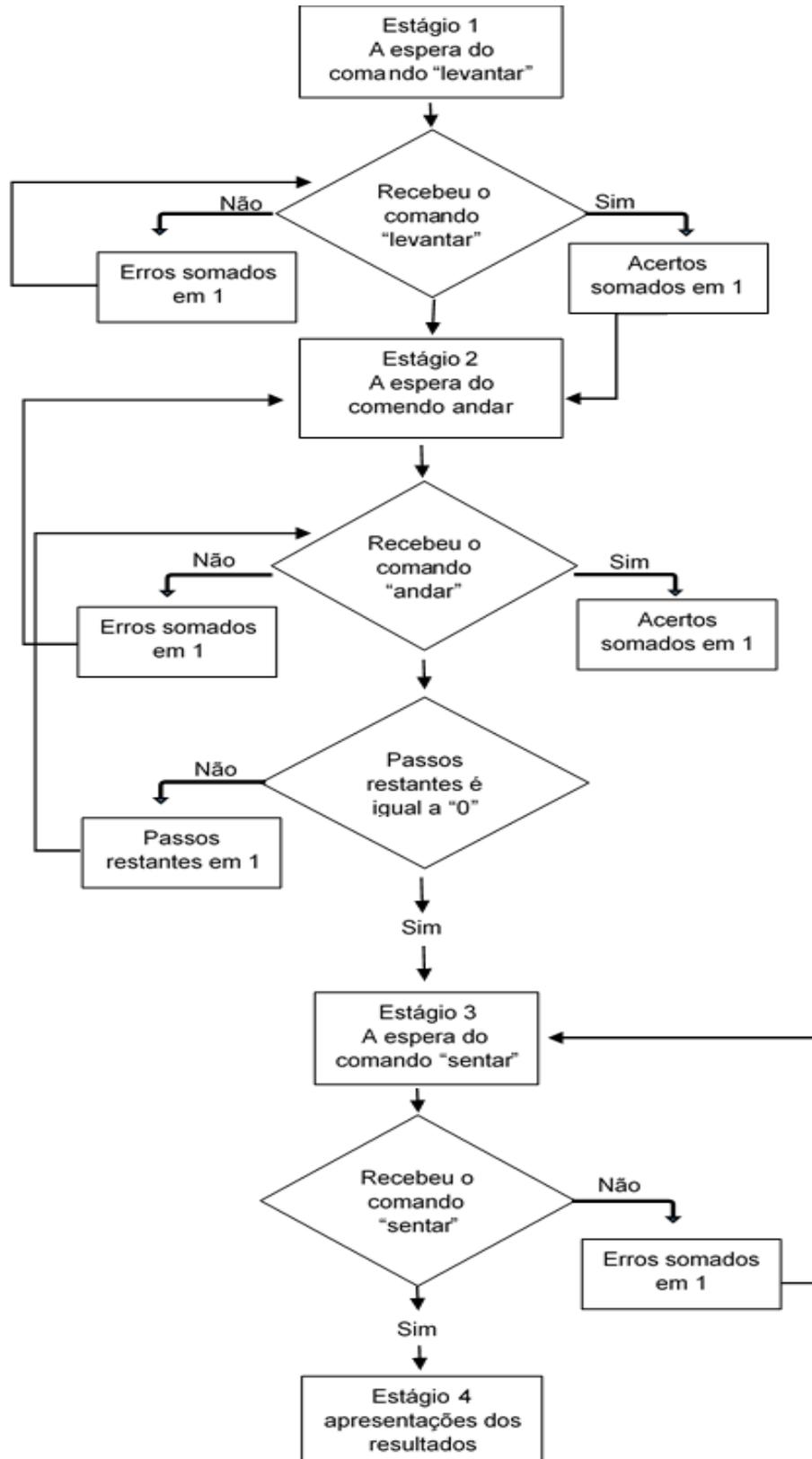
O código do jogo é estruturado em diferentes módulos, cada qual responsável por uma função macro do jogo. Essa estrutura poderá ser visualizada de forma simplificada pelo fluxograma apresentado na figura 14. O primeiro é responsável por captar, através de uma porta serial do computador todos os sinais recebidos pelo bluetooth. Após a captação, este módulo transforma números binários em uma lista de coordenadas e armazena em uma estrutura de dados acessada pelo próximo módulo.

O segundo módulo acessa a estrutura de dados, na qual as coordenadas estão inseridas, para transformá-los em comandos do jogo. Este módulo armazena os comandos das coordenadas e traduz os dados numéricos em atividades funcionais,

como levantou, Andou e Sentou. Para isto utilizaram-se os sinais da acelerometria, gerados através dos movimentos executados pelo usuário em tempo real.

Um terceiro módulo acessa e analisa os dados já traduzidos e interpretados, a fim de identificar se o comando está de correto para que o personagem progrida. Caso o participante tenha executado o movimento correto, este último módulo entrega o comando a interface, indicando que o personagem pode prosseguir no jogo, caso contrário o jogo não segue até que a atividade seja corrigida. Esses comandos são utilizados como base para o biofeedback visual e auditivo, apresentados na interface do jogo. Para a apresentação da nota final do usuário, são utilizados os dados gerados a partir dos sinais advindos da EMG.

Figura 14 - Fluxograma do funcionamento do jogo



Fonte: A Autora, 2019.

4.2.7 Terceira etapa: Procedimento de coleta

Esta etapa da pesquisa teve parecer favorável do comitê de ética em pesquisa com seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CCS/UFPE) obtendo o nº: 16292819.3.0000.5208 (ANEXO 1). Aos indivíduos interessados em participar foi solicitada a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) atendendo as normas do conselho de Ética e Pesquisa em Seres Humanos e as normas do Ministério da Saúde conforme a resolução 466 de 12 de dezembro de 2012 (APÊNDICE 1).

Como critérios de inclusão foram admitidos indivíduos de ambos os sexos, com idade entre 25 e 65 anos, sem deformidades que impossibilitem as atividades sugeridas. Foram excluídos da pesquisa indivíduos que utilizam dispositivos auxiliares durante a marcha, afásicos, com deformidades de punho e tornozelo, com hipertensão arterial sistêmica (HAS) descontrolada, doenças que cursem com sequelas neuromotoras e amputados.

Durante a fase de testes, os participantes que foram convidados para a pesquisa, foram orientados sobre os seus procedimentos, sobre as ferramentas utilizadas, bem como sobre a função de cada uma delas. Após a aceitação foi solicitada a assinatura do Termo de Consentimento de Livre Esclarecimento (TCLE), em seguida, foi realizada uma triagem através do preenchimento de uma ficha dados Sociodemográficos (apêndice 2).

Os participantes elegíveis realizaram um único teste com o instrumento desenvolvido, que durou de 10 a 20 minutos aproximadamente, a atividade realizada foi composta por um senta/levanta e uma caminhada. O instrumento foi posicionado na região lombar do participante na altura localizada entre L5/S1 e os eletrodos de EMG foram posicionados no músculo quadríceps e o eletrodo de referência na crista ilíaca. Os dados foram enviados via bluetooth para o software instalado no computador, com a finalidade de visualizar os resultados e armazená-los para a análises futuras.

Para a aquisição dos sinais da EMG, foram utilizados eletrodos bipolares, passivos e descartáveis. Previamente à fixação dos eletrodos, a pele do participante foi higienizada com álcool 70% e tricotomizada, quando necessário. Os eletrodos foram colocados nos membros inferiores, posicionados medialmente no músculo quadríceps, paralelamente às fibras musculares e separados entre si por uma

distância de vinte milímetros SENIAM (2018). Apenas o eletrodo de referência não seguiu a recomendação do SENIAM e foi posicionado sobre a crista ilíaca, como mostra a figura 15.

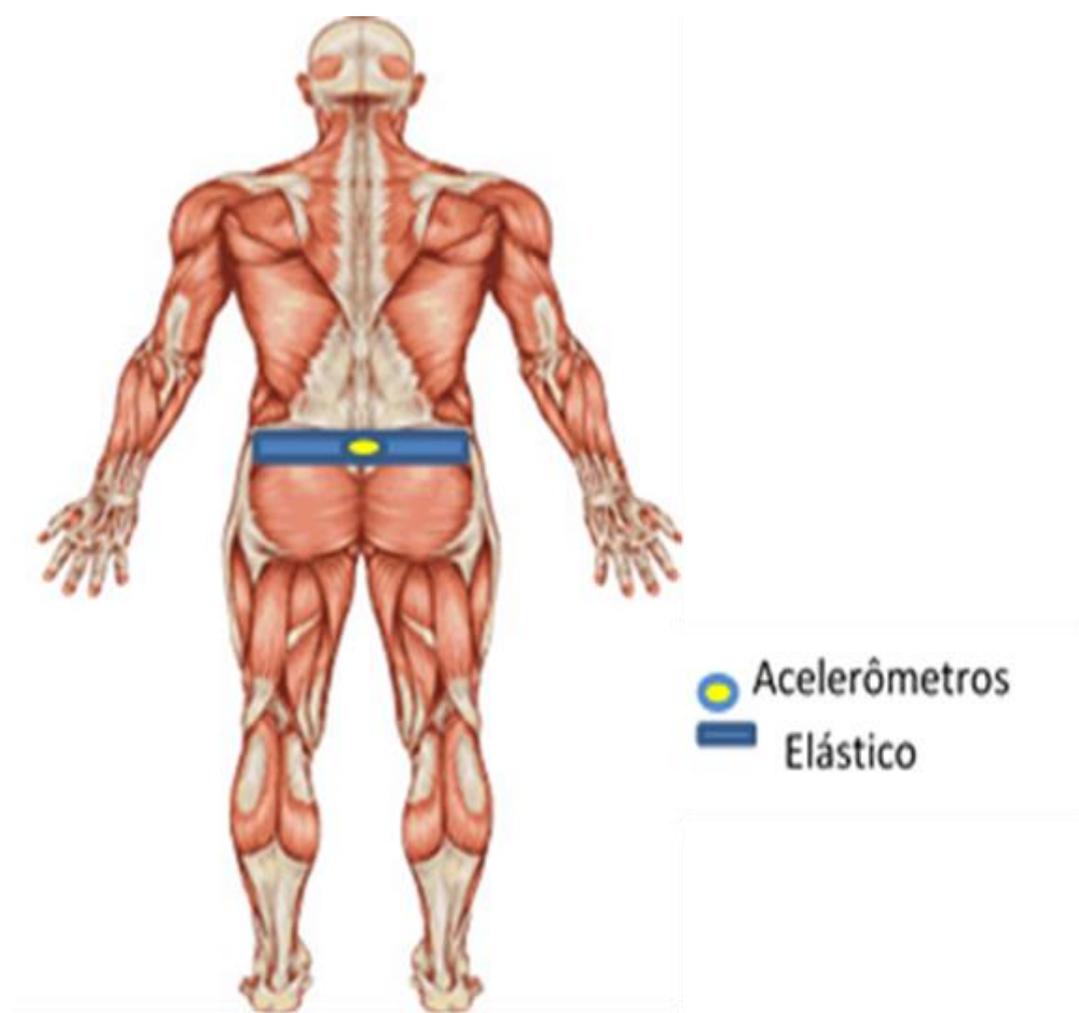
Figura 15 - Posicionamento dos eletrodos de EMG no corpo



Fonte: Adaptado de Lyra, 2016.

Para a captura das oscilações corporais, foi realizada a análise por acelerometria, através de um acelerômetro triaxial com baixo consumo de energia, para isto utilizou-se o acelerômetro do próprio instrumento que foi disposto no corpo do participante, na altura da coluna lombar, preso por uma faixa elástica. A figura 16 retrata a disposição do instrumento no corpo do participante. A escolha da localização dos sensores deu-se pelo fato de que objetivou-se avaliar se existem desequilíbrios de centro de base durante a realização das atividades.

Figura 16 - Posicionamento do acelerômetro no corpo



Fonte: Adaptado de Lyra, 2016.

As informações desta pesquisa são confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos participantes, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em DVD, no Laboratório de Interface Homem-Máquina, sob a responsabilidade do orientador Marco Aurélio Benedetti Rodrigues e da autora Amanda Maria da Conceição Perez, no endereço Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-550 pelo período mínimo de 5 anos.

4.2.8 Etapa final: Análise dos dados obtidos através do System Usability Scale

Após o uso do instrumento proposto, os participantes selecionados para a pesquisa responderam um questionário (apêndice 3), baseado no questionário do System Usability Scale (SUS). O questionário contou com 10 perguntas classificadas em uma escala de 1 a 5 para identificar o grau de satisfação do participante quanto ao instrumento utilizado, a análise do questionário seguiu os requisitos SUS. O SUS é uma métrica utilizada para mensurar a usabilidade de diversos produtos e serviços.

A análise do SUS, respondida pelos usuários é realizada com base em um cálculo que indica o quanto esse usuário está satisfeito com a usabilidade do instrumento através de uma escala numérica, pontuada de 1 a 5. O questionário contará com dez questões graduadas em escala com valores de um a cinco, classificadas respectivamente como: “discordo fortemente”, “discordo”, “não concordo nem discordo”, “concordo” e “concordo fortemente”. O tempo total estimado para responder o questionário é de cinco a dez minutos. Após o preenchimento, é calculada a pontuação total, que irá gerar um número único.

Para calcular o escore, primeiro é somado o escore de cada item que contribui em uma escala de 1 a 5. Para os itens 1, 3, 5, 7 e 9, o escore individual é a nota recebida menos 1. Para os itens 2, 4, 6, 8 e 10, a contribuição é 5 menos a nota recebida, em seguida multiplica-se a soma de todos os escores por 2,5 e assim é obtido o valor total. Após a pontuação com o cálculo do escore, é possível fazer a classificação do sistema avaliado: 20,5 (pior imaginável); 21 a 38,5 (pobre); 39 a 52,5 (mediano); 53 a 73,5 (bom); 74 a 85,5 (excelente); e maior que 86 (melhor imaginável) (BROOKE, 2013).

O SUS é uma ferramenta tecnológica, agnóstico, quando comparado a outros instrumentos de avaliação, podendo ser utilizado para avaliar diversos produtos e serviços, como websites, hardware, sistemas multimodais, sistemas de comando de voz, aplicações móveis e sistemas clínicos (PADRINI-ANDRADE et al, 2019). Essa ferramenta foi selecionada como instrumento de avaliação para esse estudo por se tratar de um questionário validado para avaliar o grau de satisfação de usuários quanto à usabilidade de diversos sistemas, respondendo assim a um dos objetivos propostos nesse estudo.

5 RESULTADOS

Nessa sessão serão apresentados os resultados obtidos na presente pesquisa.

5.1 RESULTADO DO ESTUDO PILOTO: PRIMEIRA ETAPA DO ESTUDO

Os testes realizados no estudo piloto serviram para verificar a frequência e amplitude dos sinais eletromiográficos do músculo, posteriormente foi realizado o processamento dos sinais de EMG para encontrar as frequências máximas e mínimas e a partir disso, selecionar os filtros utilizados. O estudo consistiu em realizar aquisições de sinais de EMG através de uma placa analógica de amplificação e conversão digital por meio de um osciloscópio, além do auxílio de software de processamento matemático para aplicar a transformada rápida de Fourier (FFT) e assim obter o sinal no domínio da frequência. Esta transformada converte um dado que está no domínio do tempo para o domínio de frequência.

O tempo de aquisição de sinal foi de 6 segundos, durante a ativação muscular para o período de relaxamento foi dado um tempo de 2 minutos. O osciloscópio utilizado para aquisição do sinal digital forneceu uma taxa de amostragem de 2500 amostras a cada 500 ms. De posse dos dados obtidos pelo osciloscópio, taxa de amostragem e do tempo de amostragem o software de processamento gerou o gráfico da faixa de frequência da respectiva aquisição. A tabela 2 mostra os valores das frequências máximas e mínimas de cada voluntário.

Tabela 2 - Frequência máxima e mínima do músculo quadríceps nas angulações de 40° e 60°

Frequência máxima e mínima de cada voluntário para o músculo quadríceps nas angulações de 40° e 60°				
	Quadríceps ângulo 40°		Quadríceps ângulo 60°	
	Frequência mínima Hz	Frequência máxima Hz	Frequência mínima Hz	Frequência máxima Hz
Mulheres				
Voluntário 1	8	68	24	124
Voluntário 2	22	86	10	78
Voluntário 3	19	67	21	71
Voluntário 4	26	52	18	90
Voluntário 5	18	70	22	84
Homens				
Voluntário 1	26	78	8	106
Voluntário 2	32	60	14	68
Voluntário 3	34	82	10	80
Voluntário 4	12	100	6	102
Voluntário 5	6	98	8	80

Fonte: A Autora, 2019.

Nas análises das aquisições, realizadas na primeira fase do estudo piloto, foram observadas as variáveis das frequências máximas e mínimas de cada voluntário, nas respectivas angulações aplicadas. Para a análise dessas variáveis foi calculada a média e o desvio padrão das frequências para cada angulação, porém tomou-se como base os valores obtidos na angulação de 60° para os filtros utilizados, a fim de aumentar o intervalo da faixa de frequência utilizada. A métrica empregada para calcular os filtros foi: para o limite inferior calculou-se a média menos 1 desvio padrão, obtendo-se o valor de 7Hz e para o limite superior calculou-se a média mais 2 desvios padrões e obteve-se o valor de 124 Hz, como demonstrado na tabela 3.

Tabela 3 - Média das frequências máximas e mínimas para cada angulação
Fonte: A Autora, 2019.

Média das frequências máxima e mínima de cada voluntário Quadríceps ângulo 40°	
Média Frequência Mínima. 20,3	Média Frequência Máxima 76,1
Desvio Padrão 9,6	Desvio Padrão 15,7
Média das frequências máxima e mínima de cada voluntário no quadríceps ângulo 60°	
Média Frequência Mínima. 14,1	Média Frequência Máxima. 88,3
Desvio Padrão 6,6	Desvio Padrão 17,5
Média - Desvio padrão 7	Média + Desvio padrão 124

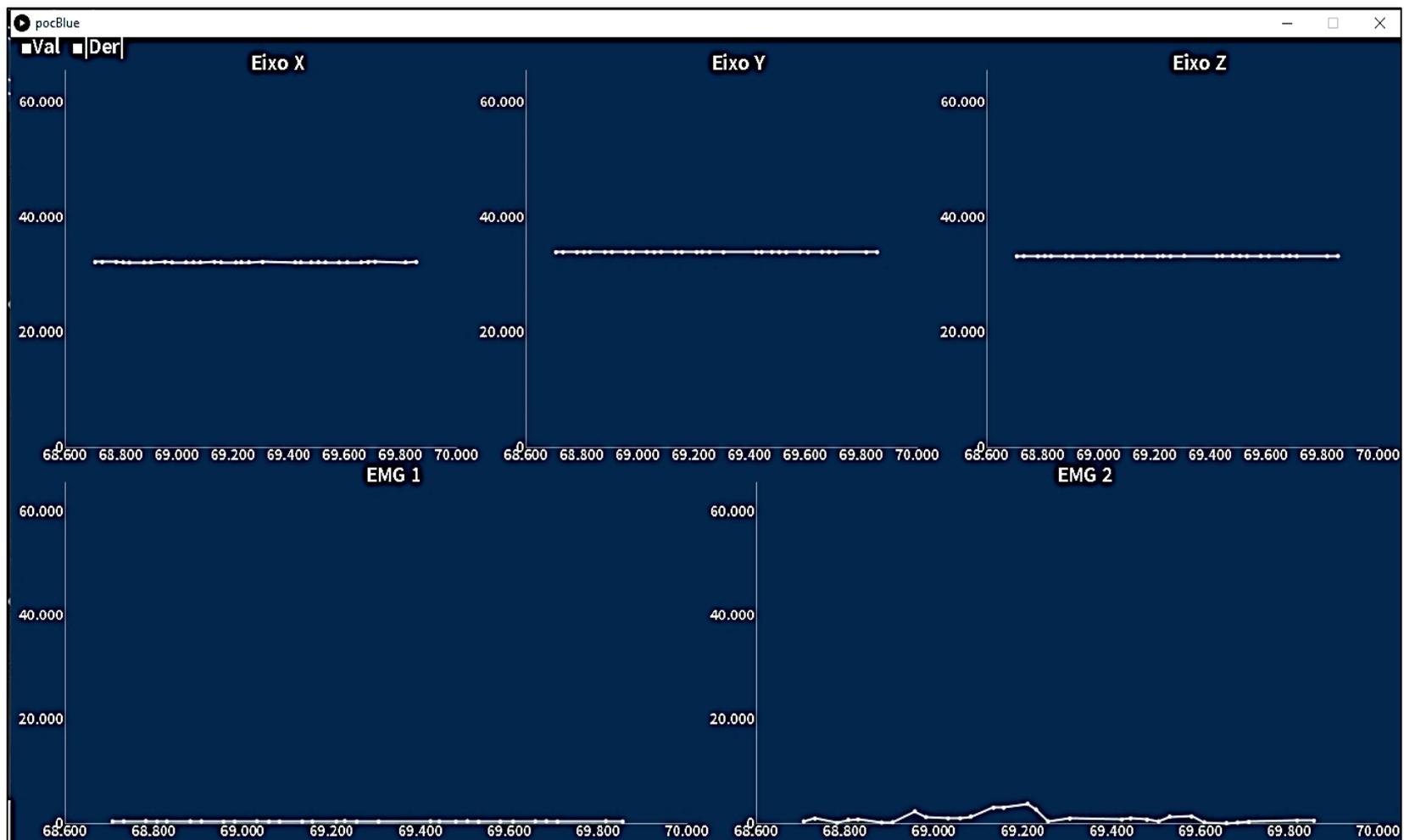
5.2 RESULTADO DO TESTE DE FUNCIONAMENTO DO HARDWARE E SOFTWARE

Após o desenvolvimento do hardware e do software foi realizado um teste com a própria autora para verificar o funcionamento sincrônico de ambos. O teste constituiu-se da mesma atividade realizada com os participantes que consta de uma atividade denominada de senta/levanta e uma caminhada, para avaliar o comportamento do acelerômetro e da EMG, bem como a comunicação entre o hardware e o software. Os dados obtidos foram armazenados para possíveis análises posteriores.

O *software* foi desenvolvido especificamente, para adquirir e plotar, em tempo real, os sinais recebidos do hardware, através de comunicação *bluetooth*. Além disso, o programa possibilita o armazenamento de dados, como registros dos sinais biomédicos de EMG e do acelerômetro, análises de média e desvio padrão e o processamento dos sinais para avaliação pós-execução das atividades.

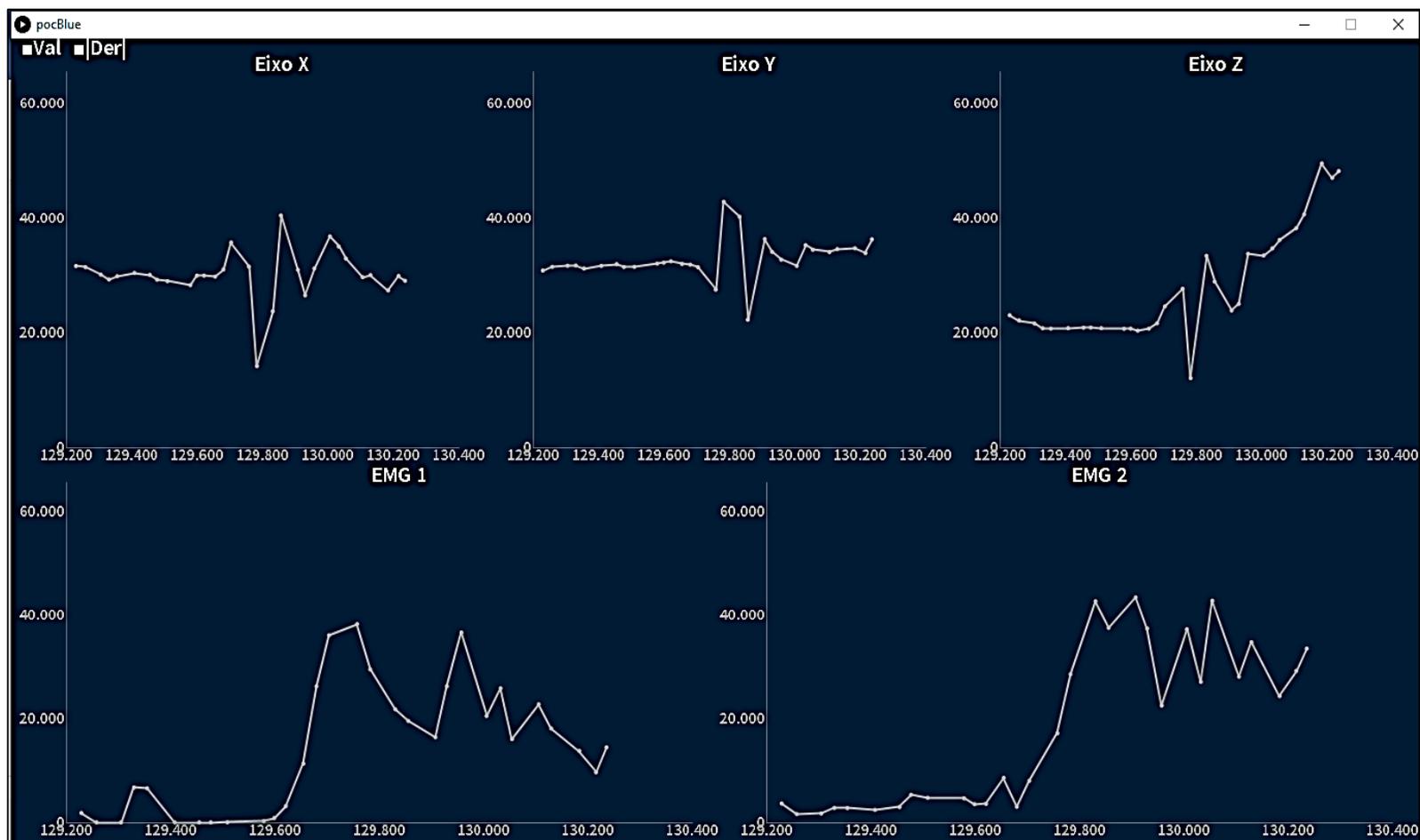
Esse *software* foi desenvolvido na plataforma e linguagem de programação *processing*, devido a sua característica de acessibilidade simples. As figuras 17 e 18 mostram os gráficos com os sinais de acelerometria na parte superior e de EMG na parte inferior no momento exato do recebimento de dados pelo software, durante a plotagem dos sinais biomédicos no momento de repouso (figura 17) e durante a ativação (figura 18). Os valores visualizados na escala na vertical estão na base decimal da representação binária de 16 bits (que vão de 0 até 65535), as escalas na horizontal representam o tempo e estão em segundos.

Figura 17 - Aquisição dos sinais de EMG e do acelerômetro pelo software no momento de repouso



Fonte: A Autora, 2019.

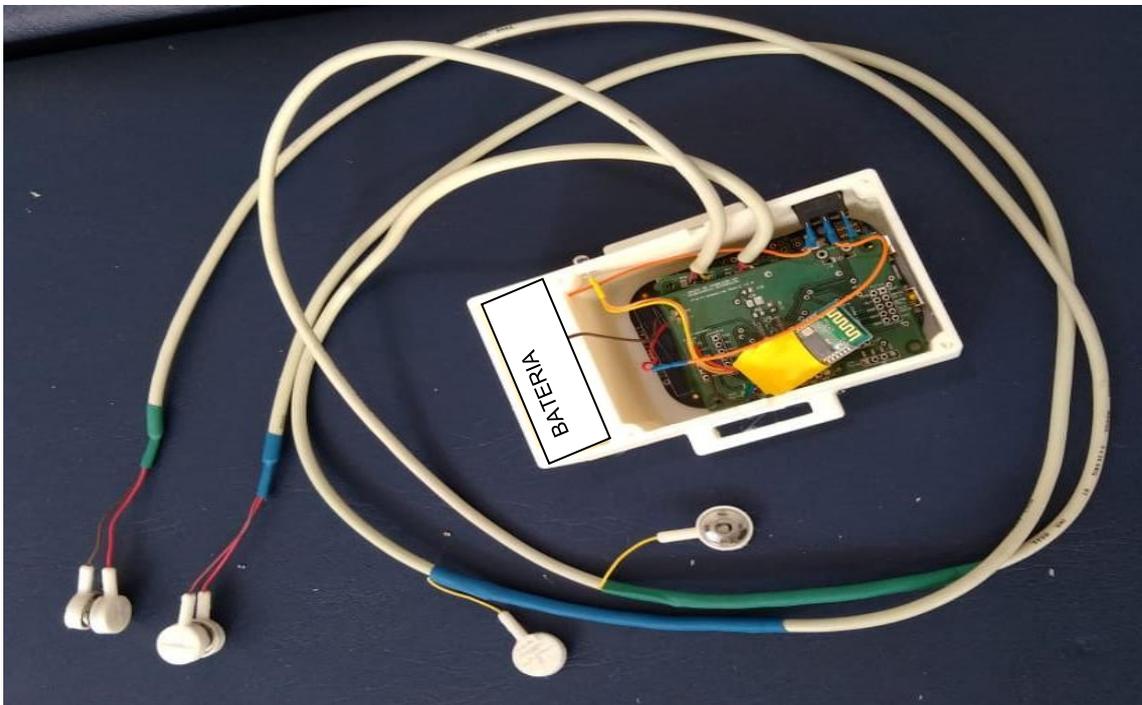
Figura 18 - Aquisição dos sinais de EMG e do acelerômetro pelo software via bluetooth no momento da atividade



Fonte: A Autora, 2019.

Após o término dos testes foi realizada a finalização do processo de montagem do sistema embarcado, como apresentado na figura 19 que ilustra o hardware finalizado. Onde pode se observar os componentes do sistema e a distribuição dos mesmos dentro da caixa de proteção. A caixa personalizada foi desenvolvida em uma impressora 3D para acomodar e proteger o sistema embarcado, contendo duas saídas para os canais de EMG e um espaço específico para a bateria, apresentando as seguintes especificações: altura: 12cm, largura: 6,5 cm, profundidade: 5 cm e peso: 197 gramas (figura 20).

Figura 19 - Hardware finalizado dentro da caixa de proteção



Fonte: A Autora, 2019.

Figura 20 - Caixa personalizada em impressora 3D



Fonte: A Autora, 2019.

5.3 RESULTADO DOS TESTES DO INSTRUMENTO COM OS PARTICIPANTES

Nesta fase foi dado início aos testes com a interface gráfica desenvolvida, os testes foram realizados com os participantes recrutados previamente para pesquisa. Essa fase ocorreu com o objetivo de verificar se o jogo é capaz de receber os dados vindos do sistema de sensoriamento embarcado, supracitado, composto por um acelerômetro e sensores de eletromiografia e se comunicar com ele através do protocolo Bluetooth, além de testar o funcionamento em tempo real da interface gráfica desenvolvida.

A aplicação funciona da seguinte forma: ao abrir no jogo, o fisioterapeuta deve selecionar os dados gerais solicitados na tela de abertura do jogo, os dados são: nome, e gênero sexual do usuário, como mostra a figura 21, tela de abertura da interface gráfica do jogo.

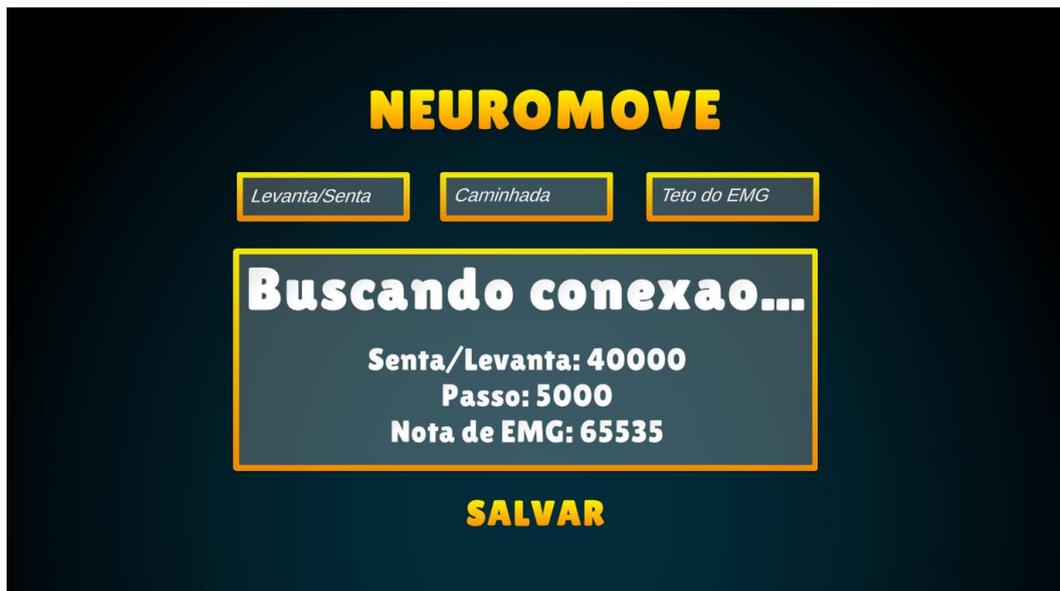
Figura 21 - Tela de abertura da interface gráfica do jogo



Fonte: A Autora, 2020.

O jogo conta também com um painel de calibração, que pode ser utilizado sempre que necessário, de acordo com o nível de aptidão física do participante. Nessa tela é possível calibrar os parâmetros do sentar, do passo e do levantar do usuário, essa tela pode ser observada na figura 22.

Figura 22 - Tela de calibração da interface gráfica do jogo



Fonte: A Autora, 2020.

Após selecionar todos os parâmetros desejados na tela de calibração da interface gráfica do jogo o usuário deve retornar ao menu inicial, para começar o jogo. Nesta tela o usuário terá contato com um cenário que simula uma avenida que dá acesso a uma clínica de Fisioterapia. Nessa etapa, o usuário receberá um comando auditivo para levantar da cadeira e andar até chegar na clínica. Durante o percurso ele recebe mais comandos, agora além de auditivos também visuais. Essa tela está apresentada na figura 23, tela inicial do cenário do jogo.

Figura 23 - Tela inicial do cenário da interface gráfica do jogo



Fonte: A Autora, 2020.

A última tela do cenário do jogo é apresentada quando o usuário completa todas as atividades propostas, na qual é projetada sua pontuação final, representada por um troféu e uma nota, sendo projetados também sons de aplausos. Essa tela está apresentada na figura 24.

Figura 24 - Tela final da interface gráfica do jogo



Fonte: A Autora, 2020.

5.4 ANÁLISES DOS QUESTIONÁRIOS

Participaram do teste do equipamento cinco indivíduos fisicamente saudáveis, sendo um do sexo masculino e quatro do sexo feminino, sendo o participante do sexo masculino com lado esquerdo predominante e os do sexo feminino todos destros. A Tabela 4 apresenta as características gerais da amostra, bem como a média e o desvio padrão referentes a idade cronológica dos voluntários da pesquisa.

Tabela 4 - Características gerais dos voluntários da amostra

Participante	Idade	Sexo	Dominância Motora
1	64	F	D
2	28	F	D
3	28	F	D
4	41	M	E
5	39	F	D
Média	40		
Desvio Padrão	±13,16		

Legenda: M: masculino; F: feminino; D: destro; E: esquerdo

Fonte: A Autora, 2020.

Cada participante teve um tempo individual para completar o as atividades propostas no jogo. No total foram 3 atividades (partindo de sentado para a posição ortostática, uma caminhada de 3 metros e por fim retornar à posição inicial de sentado. Os voluntários tiveram tempo livre para completar o todo o trajeto, sendo a variável do tempo computado apenas para fazer uma média.

Após utilizarem o jogo os participantes responderam ao questionário SUS, com o objetivo de avaliar o sistema de reabilitação nas seguintes características: facilidade de uso, necessidade de auxílio profissional ao usá-lo, e as inconsistências ocorridas no funcionamento do jogo durante o uso (BROOKE, 2013). A Tabela 5 apresenta os valores obtidos pelo SUS, de acordo com as características supracitadas e pelo tempo que os voluntários fizeram para completar as atividades propostas no jogo.

Tabela 5 - Valores do método de avaliação do questionário SUS e de tempo para realizar as atividades propostas no jogo

Participante	SUS	Tempo Para realizar as atividades do Jogo
1	97,5	22,35
2	100	22,33
3	97,5	22,31
4	90	22,32
5	87,5	22,29
Média	94,5	22,32
Desvio Padrão	± 5,41	± 0,022

Fonte: A Autora, 2020.

O questionário do SUS avaliado nesse estudo, buscou verificar a facilidade do uso, o sentimento de segurança ao utilizá-lo e as inconsistências ocorridas no funcionamento no ambiente virtual durante a utilização do jogo. O valor individual do questionário SUS proporcionado pelos participantes voluntários foram classificados com escores acima de 80, e o valor da média foi de 94,5, indicando que o ambiente de realidade virtual foi classificado como “útil”, segundo a escala de avaliação SUS.

Para a avaliação do tempo que os participantes levaram para concluir o jogo, obteve-se um valor de 22,32 segundos, em média, sugerindo esse tempo como alvo para ser alcançado. A sessão teve duração máxima de 35 minutos, entre preparação do participante, explicação sobre as ferramentas utilizadas e qual o objetivo e função de cada, tempo de adaptação ao sistema, jogar, intervalos e questionários.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo utilizou a RV, acelerometria e EMG, com o objetivo de desenvolver um protótipo de uma interface homem-máquina a fim de propor uma ferramenta de auxílio para reabilitação. Os testes do estudo foram realizados em indivíduos saudáveis. A RV teve como principal objetivo motivar o usuário, tornando a atividade lúdica de modo que possa estimular os usuários a repeti-la. A acelerometria foi utilizada para interagir com a RV, de modo que o jogo avança de acordo com os dados do acelerômetro enviados ao software desenvolvido, além de fornecer dados sobre posição do usuário, permitindo assim a avaliação posterior. A EMG foi utilizada para verificação de tônus e para compor a pontuação do usuário do jogo.

Participaram do estudo 5 indivíduos, que realizaram um único teste, composto por uma atividade baseada no TUG, que foi composta por um senta/levata, seguido de uma caminhada de 3 metros, posteriormente os participantes avaliaram o instrumento através do questionário SUS. Os resultados obtidos nesse estudo mostram que o uso do sistema desenvolvido foi efetivo em gerar e armazenar dados, possibilitando avaliações posteriores, além de que a interface foi considerada como interessante e de boa usabilidade pelos participantes do estudo, de acordo com as respostas obtidas pelo SUS.

Lloréns et al. (2015) realizaram um estudo do tipo cego, randomizado e controlado para avaliar a eficácia da telereabilitação baseada em realidade virtual (RV) para recuperação do equilíbrio em pacientes pós-AVE, comparando com a reabilitação em ambiente clínico e domiciliar. Os autores sugeriram que todos os participantes apresentaram melhoras após o tratamento com a RV, sem diferença entre os grupos, corroborando com a proposta do presente estudo de adicionar a RV na rotina de reabilitação.

McEwen *et al.* (2014) avaliaram o efeito de um programa de reabilitação convencional para AVE associada a RV para equilíbrio, mobilidade e comprometimento motor de pacientes internados em uma unidade de reabilitação. Os participantes foram randomizados em dois grupos, grupo experimental (GE) e controle (GC). O GE recebeu terapia de reabilitação padrão para AVE, além de um programa de exercícios de RV específicos para equilíbrio e o GC recebeu terapia de reabilitação padrão para AVE mais a exposição a RV, porém com outros jogos. Os autores relataram que ambos os grupos apresentaram melhoras, porém com maior evidência

no GE, ratificando a importância do presente estudo, com relação a utilizar a RV associada a protocolos específicos.

A pesquisa de Hung et al. (2016) investigou a viabilidade e o potencial do *biofeedback Tetrax* para o treinamento do equilíbrio em pacientes com AVE crônico. Os pacientes foram randomizados em um grupo controle (GC) com 11 participantes e um grupo intervenção (GI) com 12 participantes. Todos os participantes receberam treinamento de reabilitação convencional, porém para o GI foi adicionado 20 minutos de treino de equilíbrio com o *biofeedback Tetrax*. Dentre as métricas utilizadas no estudo, foi avaliado a satisfação dos participantes com relação ao *biofeedback Tetrax*, sendo essa uma semelhança com o presente estudo, evidenciando a importância desse desfecho, quando utilizado instrumentos pouco usuais.

Karasu, Batur e Karatas (2018) também investigaram a eficácia da reabilitação do equilíbrio pós-AVE através da RV, com a plataforma *Nintendo Wii Fit*® associado à reabilitação convencional. Os autores mostraram que a reabilitação através da plataforma *Wii Fit* pode ser uma terapia útil quando associada a protocolos de reabilitação convencionais, tanto para melhorar o equilíbrio estático quanto o dinâmico, a capacidade motora funcional e a independência de pacientes pós-AVE. Dessa forma esse estudo corrobora com a presente pesquisa, que sugere a utilização da RV associada a protocolos de reabilitação convencionais.

Uma revisão sistemática com metanálise, avaliou os efeitos da RV comparada à fisioterapia convencional. Os autores concluíram que o tratamento com a RV associada as modalidades clássicas de reabilitação podem oferecer estímulos diversos, como, motivação, melhora no equilíbrio, função motora e marcha, além de favorecer a plasticidade neural, em pacientes pós-AVE (TONETTA et al, 2017). Esses achados também corroboram com a proposta de reabilitação dessa dissertação.

Já o ensaio clínico experimental, realizado por Gomes; Schujmann; Fu, 2019, em uma unidade de terapia intensiva, utilizou a plataforma *Nintendo Wii* e um acelerômetro para avaliar os níveis de atividade física dos pacientes durante a interação com o videogame. Nesse estudo observou-se que o videogame provocou níveis leves e moderados de atividade na maioria dos pacientes, as atividades propostas exigiam tarefas de equilíbrio, caminhada, mobilidade de membro superior e inferior. Os resultados foram obtidos com segurança através do uso da acelerometria.

Oliveira *et al.* (2016), utilizaram a EMG sincronicamente com a RV, para avaliar tônus, descarga de peso e função sensório-motora e relataram que a EMG pode fornecer dados importantes sobre o recrutamento muscular de pacientes pós-AVE. Na intervenção foram utilizados jogos de equilíbrio, por meio da plataforma do Nintendo Wii Fit Plus. Os resultados obtidos nesse estudo mostram que o uso da RV foi eficaz na melhora da descarga de peso no membro inferior afetado, tônus musculares e função sensório-motora.

Os estudos de Gomes; Schujmann; Fu, (2019) e de Oliveira et al, (2016), reforçam a proposta dessa dissertação de utilizar a EMG, acelerometria e RV, para auxiliar na reabilitação da marcha e do equilíbrio de pacientes pós-AVE. Contudo nenhum dos estudos selecionados faz uso das três ferramentas de modo sincrônico e com objetivos e planos de reabilitação específicos, evidenciando a originalidade e relevância dessa dissertação, tanto para profissionais de saúde como para a população em geral.

7 CONCLUSÃO

Para desenvolvimento do protótipo do sistema de reabilitação, utilizando um jogo baseado em RVNI, foram considerados os requisitos levantados na fase de concepção e projeto. Os requisitos foram: limitações funcionais do usuário, atividades realizadas, ambiente motivador e facilidade de uso do sistema proposto. Os resultados mostram que com o sistema desenvolvido os participantes foram acompanhados com o equipamento sem que houvesse nenhuma interferência do equipamento durante a realização das atividades, além de proporcionar motivação através do jogo de RVNI, sugerindo que esse instrumento pode ser utilizado por profissionais de saúde em diversos ambientes de reabilitação.

O instrumento foi capaz de fornecer ao usuário e ao profissional de reabilitação um feedback em tempo real de desempenho e resultados quantitativos alcançados durante a utilização do jogo. Através do biofeedback da eletromiografia é possível visualizar o nível de ativação muscular e com os dados da acelerometria visualizamos os deslocamentos corporais realizados pelos usuários, possibilitando o acompanhamento do progresso alcançado. Os dados obtidos nesse estudo foram armazenados em formato csv, em pastas individuais para cada usuário, possibilitando a realização de análises comparativas de forma periódica.

Apesar do pequeno número de sujeitos que avaliaram o sistema foi possível observar na análise do questionário SUS que os participantes da pesquisa classificaram o sistema desenvolvido como muito bom, quanto a sua usabilidade. As características descritas foram de um sistema fácil de usar, sem a necessidade de auxílio de uma pessoa especializada e com funções bem integradas. O equipamento funcionou em todos os testes não havendo a necessidade de ajustes durante a utilização. Dessa forma foi possível validar os aspectos físicos e funcionais do sistema.

Contudo vale ressaltar que os aspectos observados neste estudo são referentes à percepção que 5 indivíduos saudáveis tiveram sobre o sistema desenvolvido, baseado em realidade virtual não imersiva. Dessa forma esses aspectos podem variar de acordo com as condições apresentadas. Novos estudos com um maior número amostral e outras populações podem trazer mais informações a respeito dos efeitos da utilização do sistema a fim de sugerir novas alternativas de tratamento.

7.1 TRABALHOS FUTUROS

- a) Realizar um ensaio clínico utilizando o instrumento para analisar a marcha e equilíbrio em pacientes com AVE;
- b) Desenvolver outras fases para o jogo;
- c) Melhorar a interface do jogo de acordo com o feedback dos usuários;
- d) Estabelecer mais critérios para diferenciação de padrões de marcha e equilíbrio em diferentes faixas etárias e quadros clínicos;
- e) Auxiliar no estabelecimento de diretrizes para tratamentos fisioterapêuticos.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, F. F.; FERREIRA, P. N.; FARIA, E. R.; JOZEFO, K. Quadros de Almeida. Avaliação de Tecnologias em Saúde: Contexto Histórico e Perspectivas. **Ciências Saúde**, v. 21, n. 4, p. 343-48, 2010.
- ANTUNES, J. E.; JUSTO, F. G. O; JUSTO, A. F. O.; RAMOS, G. C.; PRUDENTE, C. O. M. Influência do controle postural e equilíbrio em pacientes com sequela de AVC. **Rev Fisioter S Fun**, v. 5, n. 1, p. 30-41, 2016.
- BALISTA. Sistema de realidade virtual para avaliação e reabilitação de déficit motor. **SBC – Proceedings of SBGames**, p. 16-20, 2013.
- BANGOR, A.; KORTUM. P.; MILLER, J. Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale. **J Usability Stud**, v. 4, n. 3, p. 114-12, 2009.
- BARCALA, L.; COLELLA, F.; ARAUJO, M. C.; SALGADO, A. S. I.; OLIVEIRA, C. S. Análise do equilíbrio em pacientes hemiparéticos após o treino com o programa Wii Fit. **Fisioter. Mov**, v. 24, n. 2, p. 337-343, 2011.
- BARROS, A. F. S.; SANTOS, S. G.; MEDEIROS, G. F. R.; MELO, L. P. Análise de Intervenções Fisioterapêuticas na Qualidade de Vida de Pacientes Pós-AVC. **Rev Neurocienc**, v. 22, n. 2, p. 308-314, 2014.
- BARROS. **Estudo de concordância sobre a interação com artefatos físicos e virtuais**: um estudo aplicado à validação do teste virtual de destreza manual box and blocks com usuários sem deficiência. 2017. Tese (Doutorado) - Centro de Artes e Comunicação, Departamento de Design, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.
- BOWER, K. J.; LOUIE, J.; LANDESROCHA, Y.; SEEDY, P.; GORELIK, A.; BERNHARDT, J. Clinical feasibility of interactive motion-controlled games for stroke rehabilitation, **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 12, n. 63, p. 1-12, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular cerebral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada. **Manual de rotinas para atenção ao AVC**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_rotinas_para_atencao_avc.pdf.
- BROOKE, J. SUS: A Retrospective. **Journal of Usability Stud**, v. 8, n. 2, p. 29-40, 2013.
- BROWN, E. V.; MCCOY, S. W.; FECHKO, A. S.; PREÇO, R.; GILBERTSON, T.; MORITZ, C. T. Preliminary investigation of an electromyography- controlled video game as a home program for persons in the chronic phase of stroke recovery, **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 95, n. x pp. 1461-9, 2014.
- CALABRÒ, R. S.; NARO, U. M.; RUSSO, H.; LEO, A.; DE LUCA, R.; BALLETTA, T.; BUDA, U. M.; ROSA, G.; BRAMANTI, U. M.; BRAMANTI, P. The role of virtual reality

in improving motor performance as revealed by EEG: a randomized clinical trial. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. v. 14, n. 53, p. 1-16, 2017.

CAMEIRÃO, M.; BERMÚDEZ.; BADIA, S.; DUARTE, E.; VERSÃO, P. F. Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the Rehabilitation Gaming System. **Restorative Neurology and Neuroscience**. v. 29, n. x, p.287–298. 2011.

CARREGOSA, A. A.; AGUIAR DOS SANTOS, L. R.; MASRUHA, M. R.; COELHO, M. L. D. S.; MACHADO, T. C.; SOUZA, D. C. B.; PASSOS, G. L. L.; FONSECA, E. P.; RIBEIRO, N. M. D. S.; DE SOUZA, M. Virtual Rehabilitation through Nintendo Wii in Poststroke Patients: Follow-Up. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**. v. 27, n. 2, p. 494-498, 2018.

CARVALHEIRO. **Análise da postura ereta quieta em diferentes faixas etárias utilizando o discriminante linear**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

CONNELLY, L.; YICHENG, J.; STOYKOV, M.; TORO, M. L. A Pneumatic Glove and Immersive Virtual Reality Environment for Hand Rehabilitative Training After Stroke. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 18, n. 5, 2010.

COSTA, V. S.; MELO, L. P.; BEZERRA, V. T.; SOUZA, F. H. M. Efeitos da Aplicação do Método Bobath e do Treino em Esteira com Suporte Parcial de Peso na Reabilitação da Marcha Pós-AVC: Uma Revisão Sistemática. **Bras Ci Saúde** v. 18, n. 2, p. 161-166, 2014.

CROSBIE, J. H.; LENNON, S.; MCGOLDRICK, M. C.; MCNEILL, M. D.; MCDONOUGH, S. M. Virtual reality in the rehabilitation of the arm after hemiplegic stroke: a randomized controlled pilot study. **Clinical Rehabilitation**. v. 26, n. 9, p. 798–806. 2012.

CUMMINGS, J. J.; BAILENSON, J. N.; FIDLER, M. J. How immersive is enough?: a foundation for a meta-analysis of the effect of immersive technology on measured presence. *In*: INTERNATIONAL SOCIETY FOR PRESENCE RESEARCH ANNUAL CONFERENCE, 2012, Filadélfia. **Proceedings** [...]. Filadélfia, EUA: ISPR, 2012

DJAOUTI, D.; ALVAREZ, A.; JESSEL, J. P.; RAMPNOUX, O. Origins of serious games. *In*: MA, M.; OIKONOMOU, A.; JAIN, L. C. **Serious games and edutainment applications**. Berlin: Springer, 2011. p. 25-43.

DONATI, A. R. C.; SHOKUR, S.; MORYA, E.; CAMPOS, D. S. F.; MOIOLI, R.C.; GITTI, A. M.; AUGUSTO, P. B.; TRIPODI, S.; PIRES, C.G.; PEREIRA, G. A.; BRASIL, F.L.; GALLO, S.; LIN, A. A.; TAKIGAMI, A. K.; ARATANHA, M. A.; BLEULER, GORDON CHENG, S. J.H.; RUDOLPH, A.; NICOLELIS, M. A. L. Long-Term Training with a Brain-Machine Interface-Based Gait Protocol Induces Partial Neurological Recovery in Paraplegic Patients. **Nature: Scientific Reports**, v. 6, n.30383, 2016.

ENDERLE, JOHN D.; BRONZINO, JOSEPH D. **Introduction to biomedical engineering**. 3. ed. Burlington, MA: Elsevier, 2012. cap. 9 e 11.

FERLA, F. L.; GRAVE, M.; PERICO, E. Fisioterapia no tratamento do controle de tronco e equilíbrio de pacientes pós AVC. **Rev Neurocienc**, v. 23, n. 2, p.211-217, 2015.

FONSECA, E. P.; SILVA, N. M. R.; PINTO, E. B. Therapeutic Effect of Virtual Reality on Post-Stroke Patients: Randomized Clinical Trial. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, v. 26, n. 1, p. 94-100, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.08.035>.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v. 23, n. 1, P. 183-184, 2014.

GOMES, T. T.; SCHUJMAN, D. S.; FU C. Reabilitação com uso de realidade virtual: atividade física para pacientes admitidos na unidade de terapia intensiva. **Rev. Bras. Ter. Intensiva**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 456-463, 2019.

GUIDELINES for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke. A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/ American Stroke Association.

GUIMARÃES; SILVEIRA; NUNES. Prospecção em jogos sérios para reabilitação de pacientes pós-AVC, **Revista GEINTEC**, v. 3, n. 2, p.147-156, 2013.

HANCOCK, D. Viewpoint: Virtual Reality in Search of Middle Ground. **IEEE Spectrum**, v. 32, n. 1, p. 68, Jan 1995.

HUNG, J. W.; YU, M. Y.; CHANG, K. C.; LEE, H.C.; HSIEH, Y. W.; CHEN, P.C. Feasibility of Using Tetrax Biofeedback Video Games for Balance Training in Patients With Chronic Hemiplegic Stroke. **Wiley Online Library**. v. 10, n. 19, p. 962-970. doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.02.009. 2016.

JAMAL, M. Z. Signal acquisition using surface EMG and circuit design considerations for robotic prosthesis. *In*: NAIK, G. R. (Ed.). **Computacional Intelligence in electromyography analysis – a perspective on current applications and future challenges**. [s.l.]: InTech, 2012. cap. 18.

KARASU, A.U.; BATUR, E.B.; KARATAS, G.K. Effectiveness of wii-based rehabilitation in stroke: a randomized controlled study. **Rehabil Med**. V. 50, n. p. 406–412. doi: 10.2340/16501977-2331. 2018.

LA BANCA, M. M. R; MENDES, J. J. A; PIRES, M. B; STEVAN, S. L. Captura e Processamento de Sinais Biomédicos Utilizando o LabVIEW. **Revista Brasileira de Instrumentação e Controle**. v. 4, n. 2, p. 1-9, 2016.

LACERDA, I. D.; BRITO, J. S.; SOUZA, D. L.; COSTA, W. L.; FARIA, T. A. AVE isquêmico em paciente jovem sem fatores de risco: relato de caso. **Rev Med**, v. 97, n. 3, p. 361-7, 2018.

LLORÉNS, R.; NOÉ, E.; COLOMER, C.; ALCANIZ, H. Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality-based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: a randomized controlled trial. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 96, n. 3, p. 418-425. doi: 10.1016/j.apmr.2014.10.019. 2015.

- LOHSE, K. R. et al. Virtual Reality Therapy for Adults Post-Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis Exploring Virtual Environments and Commercial Games in Therapy. **Plos One**, v. 9, n. 3, p. 1-13, 2014.
- LORENZETTI, J.; TRINDADE, L. L.; PIRES, D. E. P.; RAMOS, F. R. S. Tecnologia, inovação tecnológica e saúde: uma reflexão necessária. **Texto Contexto Enferm**, v. 1, n. 2, p. 432-9, 2012.
- LOTERIO, F. A.; *, VALADÃO, C. T.; CARDOSO, V. F.; POMER-ESCHER, A.; BASTOS, T.F.; FRIZERA-NETO, A. Adaptation of a smart walker for stroke individuals: a study on sEMG and accelerometer signals, **Biomed. Eng.** v. 33, n. 4, p. 293-300, 2017.
- LOTUFOI, P.A.; BENSENOR, I. J. M. Raça e mortalidade cerebrovascular no Brasil. **Rev Saúde Pública**. v. 47, n. 6, p. 1201-4. 2013.
- LUCENA, E. M. F.; MORAIS, J.D.; BATISTA, H. R. L.; MENDES, L. M.; SILVA, K. S. Q.R.; NEVES, R. F.; BRITO, G. E.G. A funcionalidade de usuários acometidos por AVE em conformidade com a acessibilidade à reabilitação. **Acta Fisiátrica**, v. 18, n. 3, p. 212-218, 2011.
- LYRA. **Jogos sérios para reabilitação de membros inferiores de pacientes pós-AVC utilizando kinect, ambientes virtuais e sinais mioelétricos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.
- MA, H. I.; HWANG, W. J.; FANG, J. J.; KUO, J. K.; WANG, C. Y.; LEONG, I. F.; WANG, T. Y. Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson’s disease: a randomized controlled pilot trial. **Clinical Rehabilitation**, v. 25, n.10, P. 892–902. 2011.
- MAGARREIRO, João. **Protocolo de recolha e processamento de dados 3D cinemáticos e cinéticos da marcha em regime laboratorial e ambulatório**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica – Desporto e Reabilitação) - Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2014.
- MCEWEN, D.; TAILLON-HOBSON, A.; BILODEAU, M.; SVEISTRUP, H.; FINESTONE, H. Virtual Reality Exercise Improves Mobility After Stroke: An Inpatient Randomized Controlled Trial. **American Heart Association**., v. 45, n. 3, p. 1853-1855, 2014.
- MELLO, M. C. A.; SILVA, L. R. W.; BONOW, C. A.; CEZAR-VAZ, M. R. Eletromiografia de superfície da região cervical - contribuição para a saúde muscular. **Acta Paul Enferm.**, v. 30, n. 5, p. 512-9, 2017.
- MENDES, L. M.; GADELHA, I. D. S.; BRITO, G. E. G.; MORAES, R. M.; RIBEIRO, K. S. Q. S.; Acesso de sujeitos pós-acidente vascular cerebral aos serviços de fisioterapia. **Rev enferm UFPE online**. v. 10, n. 2, p. 387-94, 2016.
- MERLETTI, R; FARINA, D (eds). **Surface Electromyography: physiology, engineering, and applications**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016. cap. 4 e 5.
- MORAES. **Desenvolvimento de um joelho eletrônico para utilização em próteses transfemorais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

MOREIRA, N. R. T. L.; ANDRADE, A. S.; RIBEIRO, K. S. Q. S.; NASCIMENTO, J. A.; BRITO, G. E.G. Qualidade de vida em indivíduos acometidos por Acidente Vascular Cerebral. **Neurocienc**, v. 23, n. 4, p. 530-537, 2015.

MOTA, M. R.; CHAVES, S. N.; LIMA, F. D.; BOTELHO, A. L.; OLIVEIRA, R. J. Análise eletromiográfica dos membros inferiores em cinco posições de ciclismo indoor. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 14, n. 2, p. 133-139, 2016.

NEVILLE.; LUDLOW.; RIEGER. Measuring postural stability with an inertial sensor: validity and sensitivity. **Med Devices (Auckl)**, n. 8, p. 447-55, 2015.

NOVAES, R. D.; MIRANDA, A. S.; DOURADO, V. Z. Usual gait speed assessment in middle-aged and elderly Brazilian subjects. **Rev Bras Fisioter**. v.15, n.2, p.11722, 2011.

NOVELETTO, F.; BERTEMES, P.; HOUNSELL, M.S.; SOARES, A.V. Biomedical Control Interface for a Physical Rehabilitation Serious Game. **Biomedical Control Interface**, v. 14, n. 1, p. 38-44, 2016.

OLIVEIRA, M. P. B; FERREIRA, D. M; SILVA, J. R.T; SILVA, A. M; LOBATO, D. F. M; KOSOUR, C; REIS, L. M. Realidade virtual na função motora de membros inferiores pós-acidente vascular encefálico. **Acta Fisiatr**, v. 23 n. 3, p. 135-139, 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Tópicos de Saúde: AVC, Acidente Vascular Cerebral**. Disponível: http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/en/. Acesso em: 2 ago. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE / ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **CIF: classificação internacional de funcionalidade, incapacidade e saúde**. São Paulo: USP, 2003. p. 217.

PADRINI-ANDRADEA, L.; BALDAA, R. C. X.; ARECOA, K. C. N.; BANDIERA-PAIVAA, P.; NUNESB, N. B.; MARBAC, S. T. M.; CARVALHOD, W. B.; RUGOLOE, L. M. S. S.; ALMEIDAF, J. H. C.; PROCIANOYG, R.S.; DUARTEH, J. L. M.B.; REGOI, M. A. S.; FERREIRAJ, D. M. L. M.; ALVES, N.; GUINSBURGA, R.; DINIZD, E. M. A.; SANTOSL, J. P. F.; TESTONIM, D.; SILVAN, M. N. M.; GONZALESO, M. R. C.; SILVAP, R. V. C.; MENESESQ, J.; GONÇALVES-FERRIR, W. A.; PERUSSI-E-SILVAR, R.; BOMFIMS, O. Avaliação da usabilidade de um sistema de informação em saúde neonatal segundo a percepção do usuário. **Paul Pediatr**, v. 37, n. 1, p.90-96, 2019.

PAVÃO, S. L.; SOUZA, C. N. V.; OLIVEIRA, C. M.; CASTRO, P. C. G.; SANTOS, M. C. M. O ambiente virtual como interface na reabilitação pós-AVE: relato de caso. **Fisioter. Mov**, v. 26, n. 2, p. 455-462, 2013.

PAZETO, A. C.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, L. T. Desenvolvimento de um software para análise de marcha utilizando eletromiografia e acelerometria. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 7, n. 4, p. 418-430, 2014.

PENNY, J.; STANDEN, K. T.; CONNELL, L.; RICHARDSON, A.; BROWN, D. J.; BATTERSBY, S.; SUTTON, C. J.; PLATTSPATIENTS, P. Use of a Home-Based Virtual Reality System to Provide Rehabilitation of the Upper Limb Following Stroke. **Physical Therapy**, v. 95, n. 3, p. 350-359, 2015.

PIASSAROLI, C. A. P.; ALMEIDA, G. C.; LUVIZOTTO, J. C.; SUZAN, A. B. B. M. Modelos de reabilitação fisioterápica em pacientes adultos com sequelas de AVC isquêmico. **Rev Neurocienc** v. 20, n. 1, p. 128-37, 2012.

POMPEU, J. E.; ALONSO, T. H.; MASSON, I. B.; POMPEU, S. M. A.A.; TORRIANI-PASIN, C. Os efeitos da realidade virtual na reabilitação do acidente vascular encefálico: Uma revisão sistemática. **Motri. Ribeira de Pena**, v. 10, n. 4, p. x, 2014.

RANGEL, E. S. S.; BELASCO, A. G. S.; DICCINI, S. Quality of life of patients with stroke rehabilitation. **Acta Paul Enferm.** v. 26, n. 2, p. 205-12. 2013.

ROCHA, F. S.; MARRANGHELLO, G. F. Propriedades de um acelerômetro eletrônico e possibilidades de uso no ensino de mecânica. **Latin American Physics Education** v. 7, n. 1, p. 37, 2013.

SANTANA, C. M. F.; LINS, O. G.; SANGUINETTI, D. C. M.; SILVA, F. P.; ANGELO, T. D. A.; 1 CORIOLANO, M. G. W. S.; CÂMARA, S. B.; SILVA, J. P. A. Efeitos do tratamento com realidade virtual não imersiva na qualidade de vida de indivíduos com Parkinson. **Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.** v. 15, n. 1, p. 49-58, 2015.

SANTOS, *et al.* **Sensores inerciais aplicados à marcha humana no esporte.** Apresentado no Seminário de Eletrônica e Automação – SEA – 19 a 21 de setembro de 2016. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

SANTOS, N. S.; DALL, M. H.; FOSS, A.; FERREIRA, L. L. Facilitação neuromuscular proprioceptiva na marcha em pacientes com sequela de acidente vascular encefálico. **Arq. Ciênc. Saúde.** v. 23, n. 2, p. 87-91, 2016.

SARDI, M. D.; SCHUSTER, R. C.; ALVARENGA, L. F. C. Efeitos da realidade virtual em hemiparéticos crônicos pós-acidente vascular encefálico effects of virtual reality in chronic hemiparetic post stroke. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. x, n. 32, p. 29-35, 2012.

SASAKI, J.; COUTINHO, A.; SANTOS, C.; BERTUOL, C.; MINATTO, C. G.; BERRIA, J.; TONOSAKI, L.; LIMA, L.; MARCHESAN, M.; SILVEIRA, P.; KRUG, R.; BENEDETTI, T. Orientações para utilização de acelerômetros no Brasil. **Bras Ativ Fis Saúde**, v. 22, n. 2, p. 110926, 2017.

SEGURA, D. C. A.; BRUSCHI, F. A.; GOLIN, T. B.; GREGOL, F.; BIANCHINI, K. M.; ROCHA, A. A evolução da marcha através de uma conduta cinesioterapêutica em pacientes hemiparéticos com sequela de AVE. **Arq. ciências saúde UNIPAR**, v. 12, n. 1, p. 25-33, 2008.

SEIMETZ, C.; TAN, D.; KATAYAMA, R.; LOCKHART, T. A comparison between methods of measuring postural stability: force plates versus accelerometers. **Biomed Sci Instrum**, v. 48, n. x, p. 386–392, 2012.

SENIAM. **SENIAM:** European Recommendations for Surface Electromyography. Disponível em: <http://www.seniam.org/>. Acesso em: 13 nov 2018.

SILVA, E. M.; ALBUQUERQUE, J. A. Influence of constraint induced movement therapy on functional performance in stroke patients: a randomized clinical trial. **Fisioter Pesqui.** v. 24, n. 2, p. 184-190, 2017.

- SILVA, F. R.; LOPES, V. L.; CARVALHO, M. A. DESENVOLVIMENTO DE JOGOS NA PLATAFORMA UNITY. **Revista eletrônica científica de ciência da computação**. v. 11, n. 1, p. 108-118, 2016.
- SILVA, G. L. O; CERON, B. M; BORBA, K. M; AMARAL, D. S; MARCELINO, J. F. Q; CORIOLANO, M. G. W. S. Repercussões do treinamento com realidade virtual não imersiva nas habilidades motoras manuais de pessoas com doença de Parkinson. **Acta Fisiatr**. V. 26, n. 1, p 1-12. 2019.
- SILVA, I. R.; SOUZA. G. A.; ANTONIO, T. D.; JASSI, F.J.; PIRES, P. F.; SILVA, J. K. M. Associação entre exercícios funcionais para estabilizadores de tronco e análise da marcha em paciente pós-AVE crônico. **Fisioterapia Brasil**, v. 15, n, p. 214-218, 2014.
- SILVA. **Reconhecimento de movimentos humanos utilizando um acelerômetro e inteligência computacional**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Sistemas Eletrônicos) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- SIN, H.; LEE, G. Additional Virtual Reality Training Using Xbox Kinect in Stroke Survivors with Hemiplegia. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 92, n. 10, p. 871-880, 2013.
- SOUSA. **Análise da Marcha Baseada em Correlação Multifatorial**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013.
- SOUZA. **Sistema de aquisição de sinais de EMG e ECG para plataforma android™**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- SOUZA, K. A. O.; SOUZA, L. E. P. F. Incorporação de tecnologias no Sistema Único de Saúde: as racionalidades do processo de decisão da Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no Sistema Único de Saúde. **Saúde debate**, v. 42, n. 2, p. 48-60, 2018.
- TONETTA, M. C.; ROSA, L. F.; GERZSON, L. R.; SBRUZZI, G.; ALMEIDA, C. S. Realidade virtual em pacientes pós-acidente vascular cerebral: revisão sistemática com metanálise de ensaios clínicos randomizados. **Fisioter Bras**, v. 18, n. 1, p. 80-96, 2017.
- TORI, R. Tecnologia e Metodologia Para Uma Educação Sem Distância. **EM REDE Revista de Educação a Distância**, v. 2, n. 2, p. 45-55. 2015.
- TORI, R; HOUNSELL, M. S, (org.). **Introdução a realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2018. Capítulo 1 - Realidade Virtual.
- TUNG, F. L.; YANG, Y. R.; LEE, C. C.; WANG ,R. Y. outcomes after additional sit-to-stand training in subjects with stroke: a randomized controlled trial. **Clinical Rehabilitation**, v. 24, n. 6, p. 533–542, 2010.
- VERMA, R.; ARYA, K. N.; SHARMA, P.; GARG, R. K. Understanding gait control in post-stroke: Implications for management. **Journal of Bodywork & Movement Therapies**. v. 16, n. 1, p. 14-21, 2010.

- VIANA. **Eficácia da terapia por realidade virtual (wii®) associada à estimulação transcraniana por corrente contínua na recuperação do membro superior parético de indivíduos pós-acidente vascular cerebral**: ensaio clínico randomizado duplo cego. 2013. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- VIEGAS. **Estudo biomecânico na marcha de indivíduos amputados de membro inferior**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2017.
- WEISS, A.; HERMAN, T.; GILADI, N.; HAUSDORFF, J. M. New evidence for gait abnormalities among parkinson's disease patients who suffer from freezing of gait: insights using a body-fixed sensor worn for 3 days. **Neural Transm.**, v. 122, n. 3, p. 403-10, 2015.
- WESTPHAL, P. J.; FERREIRA, J.; SCHIMIT, V. M.; CECHETI, F.; BONETTI, L. V.; SACCANI, R. Análise cinemática da marcha em indivíduos com hemiparesia espástica após acidente vascular cerebral. **Sci Med.**, v. 26, n. 2, 2016.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health Topics**: Stroke, Cerebrovascular Accident. Disponível em: http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/en/. Acesso em: jul. 2019.
- YIOU, E.; CADERBY, T.; HUSSEIN, T. Adaptability of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement. **World J Orthop**, v. 3, n. 6, p. 75-86, 2012.
- YONEYAMA, H.; KURIHARA, Y.; WATANABE, K.; MITOMA, H. Accelerometry-Based Gait Analysis and Its Application to Parkinson's Disease Assessment— Part 1: Detection of Stride Event. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 22, n. 3, 2014.
- ZAGO, M.; SFORZA, C.; PACÍFICO, I.; CIMOLIN, V.; CAMEROTA, F.; CELLETTI, C.; CONDOLUCI, C.; PANDIS, M. F.; GALLI, M. Gait evaluation using inertial measurement units in subjects with Parkinson's disease. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. n. 42, p. 44-48, 2018.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa PLATAFORMA DE REALIDADE VIRTUAL COMO INTERFACE DE AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO DA MARCHA E DO EQUILÍBRIO DE PACIENTES PÓS-AVE, que está sob a responsabilidade da pesquisadora principal Amanda Maria da Conceição Perez, no endereço: Rua Alexandria, 256, Alberto Maia, Camaragibe – PE, CEP: 54771-645. Telefone: 9.9750-4301, e-mail: amanda.1fisio@hotmail.com, (inclusive ligações a cobrar e está sob a orientação do professor Marco Aurélio Benedetti, telefone: 9.96504212, e-mail: mabrbenedetti@gmail.com.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos foram dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável. Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade. Todas as páginas desse documento serão rubricadas pelo pesquisador responsável/pessoa por ele delegada e pelo participante/responsável legal.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Descrição da pesquisa: O senhor (a) está sendo convidado a participar de um estudo onde o objetivo é montar/adaptar uma ferramenta que utiliza jogos de vídeo game para auxiliar na reabilitação da marcha e do equilíbrio pós-acidente vascular encefálico, mais conhecido como derrame.

Pesquisas apontam que a reabilitação do derrame por meio de jogos favorece o aprendizado, o controle motor e o equilíbrio, além de motivar os usuários, porém a maioria dos jogos utilizados atualmente foram desenvolvidos para divertir indivíduos saudáveis, podendo ocasionar riscos durante seu uso. Dessa forma é interessante utilizar jogos de vídeo games sérios, ou seja, direcionados para o tratamento dessa população.

Os voluntários da pesquisa serão submetidos a utilizarem o instrumento em questão, ou seja, irão realizar uma tarefa utilizando um jogo no computador. Os participantes serão acompanhados por profissionais capacitados. A pesquisa será realizada na Clínica Rogério Antunes, localizada na Rua Almirante Batista Leão, 169, Boa Viagem, Recife – PE.

Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas: Inicialmente, será realizada uma triagem através de uma ficha de avaliação, para identificar o paciente e verificar os critérios de elegibilidade. Posteriormente, os participantes elegíveis serão submetidos a utilizar a plataforma com o jogo em um computador, bem como a eletromiografia de superfície (EMG) e o acelerômetro. Será realizado um único teste que terá duração de aproximadamente 10 a 20 minutos. Os testes acontecerão com os participantes na posição ortostática, ou seja, de pé e posteriormente será realizada a mudança de transferência de sentada para de pé, ou seja, o participante estará sentado em uma cadeira e levantará. A fim de minimizar o risco de quedas o ambiente do teste estará livre de tapetes e a iluminação será adequada, além disso, o participante será acompanhado pela pesquisadora durante toda a avaliação. A disposição dos eletrodos da EMG e do acelerômetro se dará da seguinte forma:

Inicialmente, os participantes serão orientados sobre as aquisições, bem como sobre a função de cada ferramenta. Para realização da aquisição dos sinais da EMG, serão utilizados eletrodos bipolares, passivos e descartáveis. Previamente à fixação dos eletrodos a pele do paciente será higienizada com álcool 70%. Os eletrodos serão colocados nos dois membros inferiores, posicionados medialmente no músculo reto femoral, paralelamente às fibras musculares e separados entre si por uma distância de vinte milímetros, o eletrodo de referência será posicionado sobre o maléolo lateral.

Para a captura das oscilações corporais, será utilizada a análise por acelerometria, através de um acelerômetro triaxial com baixo consumo de energia. O

sensor será posicionado na região lombar, na altura do sacro, presos por uma faixa elástica. Por fim os participantes responderão ao instrumento System Usability Scale (SUS).

O questionário será composto por 10 questões classificadas em uma escala de 0 a 5, para identificar a usabilidade do instrumento utilizado, as questões serão objetivas como, por exemplo: acho que gostaria de utilizar este produto com frequência. Nessa fase, os participantes estarão sentados em uma cadeira com apoio, tipo cadeira escolar ou cadeira e mesa e não haverá tempo limite para responder as perguntas. Os testes e os questionários serão realizados na clínica de Fisioterapia, unidade Boa Viagem, localizada na Rua Almirante Batista Leão, 169, Boa Viagem, Recife - PE, CEP, 51130-070.

RISCOS E DESCONFORTOS: Durante o estudo o paciente pode se sentir incomodado (a) e/ou constrangido (a), em participar dos atendimentos. Por isso, garantimos o direito de desistir, a qualquer momento de participar desta pesquisa, sem qualquer prejuízo ou custo para você, nem para a sua assistência. Além disso, a sua privacidade será garantida durante toda a entrevista.

Caso o paciente venha a sentir alguma indisposição, mal-estar, náusea, tontura, ou qualquer outro sintoma, o teste será interrompido imediatamente e ele receberá os devidos cuidados. Se ocorrer algum problema de saúde mais grave com o paciente durante o teste, caso necessário, será garantido o direito a assistência integral e gratuita ao participante, devido a danos decorrentes da participação na pesquisa e pelo tempo que for necessário. O instrumento utilizado é alimentado por bateria, não terá nenhum contato com corrente elétrica.

BENEFÍCIOS: Este estudo proporciona benefícios indiretos aos participantes, tendo em vista que os voluntários estão contribuindo com a avaliação do instrumento que irá favorecer os aspectos de equilíbrio e marcha dessa população.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais, divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados serão armazenados em um banco de dados e em pastas de arquivo, por um período mínimo de cinco anos, de acordo com a Resolução do

Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 466/12 que trata da pesquisa envolvendo seres humanos, sob a responsabilidade dos pesquisadores, Amanda Maria da Conceição Perez, telefone: 9.9750-4301, e-mail: amanda.1fisio@hotmail.com, no endereço residencial: Rua Alexandria, nº 256, Alberto Maia, Camaragibe – PE, e do professor orientador Marco Aurélio Benedetti Rodrigues, telefone: 9.9650-4212, e-mail: mabrbenedetti@gmail.com. No endereço profissional: Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Departamento de Engenharia Elétrica, Recife - PE, CEP: 50740-550.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, ficando garantida a indenização em casos de danos comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade as despesas para a sua participação, serão assumidas pela pesquisadora como por exemplo: ressarcimento de transporte e alimentação.

A pesquisadora dará acesso aos resultados do estudo ao médico do participante ou ao próprio participante sempre que solicitado e/ou indicado. O estudo poderá ser interrompido mediante aprovação prévia do CEP ou, quando for necessário, para que seja salvaguardada a segurança do participante da pesquisa, quando/se for pertinente. Neste caso, comunicado ao CEP a posteriori na primeira oportunidade

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br), no horário de 8:00h às 12:00h, da segunda a sexta-feira.**

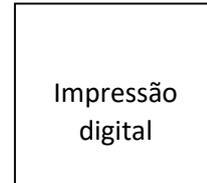
Amanda Maria da Conceição Perez

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo, PLATAFORMA DE REALIDADE VIRTUAL COMO INTERFACE DE AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO DA MARCHA E DO EQUILIBRIO DE PACIENTES PÓS-AVE como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data _____

Assinatura do participante: _____



Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do voluntário (a) em participar.

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B - FICHA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS/ANAMNESE



FICHA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS/ANAMNESE

Usuário: _____

Telefones: _____ Sexo: () M () F Estado Civil: _____

Data.Nasc.: ___/___/___ Profissão: _____ Endereço: _____

_____. Telefone(s): _____.

Peso: _____ Altura: _____. Grau de Instrução: () Analfabeto () Ignorado () 1º grau completo () 1º grau incompleto () 2º grau completo () 2º grau incompleto () Nível superior(), Pós-graduação ().

Comorbidades: () Diabetes Mellitus () Cardiopatia. () Tem restrição médica para realização de exercícios? _____ Hipertensão arterial sistêmica ()

Sofreu quedas recentes? _____ () Tem medo de cair?

_____ () Tabagismo _____ ()

Alcoolismo _____ () Desnutrição () Prótese () Amputação ()

Labirintite/Vestibulopatias () Déficits auditivos: _____ ()

Usa aparelho auditivo () Déficits visuais: _____

Usa óculos: sim () não (). Outras doenças neurológicas: ()

Quais: _____.

É acompanhado por um médico de rotina? Não (), Sim (). Nome do médico:

_____.

Atividades de Vida Diária: (AVD), atividades de trabalho e lazer: () Independente ()

Dependente () Semi-independente. Cirurgias: _____. Quais: _____

Faz uso de medicações de rotina? Quais? _____

O Sr (a) tem alguma queixa ou alguma observação a fazer: _____

Assinatura do avaliador

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO SUS PARA AVALIAÇÃO DO INSTRUMENTO



QUESTIONÁRIO SUS PARA AVALIAÇÃO DO INSTRUMENTO

O questionário deve ser respondido baseando-se nas tarefas realizadas usando o Sistema de Reabilitação. Responda as questões abaixo da forma mais precisa possível. Se houver alguma dúvida, não hesite em perguntar.

IDENTIFICAÇÃO

Paciente/Entrevistado (a) _____
 Data ____________ Idade _____ Sexo _____

1. Acho que gostaria de utilizar este instrumento com frequência.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

2. Considerarei o jogo mais complexo do que o necessário.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

3. Achei o jogo fácil de utilizar.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4. Acho que necessitaria de ajuda para conseguir usar esse jogo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

5. Acho que o jogo era bem funcional.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

6. Achei que este sistema tinha muitas inconsistências.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

7. Acho que a maioria das pessoas aprenderia a usar rapidamente este jogo.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

8. Considerarei o sistema muito complicado de utilizar.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

9. Senti-me muito confiante ao utilizar este sistema.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

10. Teria que treinar muito antes de conseguir lidar com este sistema.

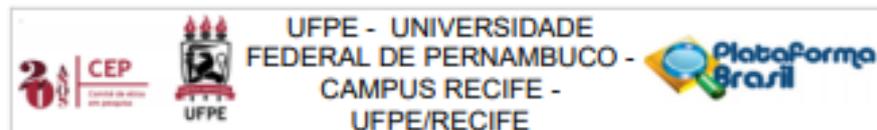
1	2	3	4	5
----------	----------	----------	----------	----------

Observação: Sua nota corresponde as seguintes avaliações: "1- discordo fortemente", "2- discordo", "3- não concordo nem discordo", "4- concordo" e "5- concordo fortemente".

ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: PLATAFORMA DE REALIDADE VIRTUAL COMO INTERFACE DE AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO DA MARCHA E DO EQUILÍBRIO DE PACIENTES PÓS-AVE

Pesquisador: AMANDA MARIA DA CONCEIÇÃO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 16292819.3.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

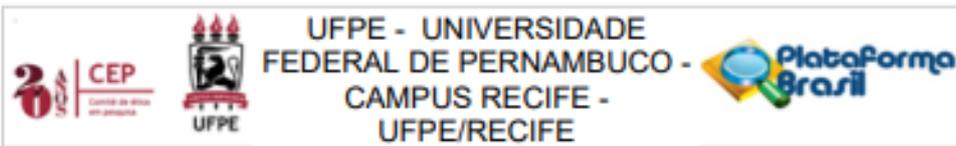
DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.540.474

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de dissertação da discente AMANDA MARIA DA CONCEIÇÃO sob a orientação do Professor MARCO AURÉLIO BENEDETTI RODRIGUES, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O projeto será realizado no Laboratório de Interface Homem Máquina (LIHOM) do programa de Pós-Graduação de Engenharia Biomédica e na Clínica Rogério Antunes, localizada na Rua Almirante Batista Leão, 169, Boa Viagem, Recife - PE, CEP, 51130-070. A proposta consiste basicamente na análise da hipótese: Uma plataforma baseada em realidade virtual NÃO IMERSIVA, juntamente com uma análise realizada através dos dados da acelerometria e do feedback por EMG pode auxiliar na reabilitação das sequelas do acidente vascular encefálico (AVE). Para este fim realizar-se-á um estudo, no qual serão incluídos 10 (dez) pacientes adultos, de ambos os sexos com diagnóstico de AVE isquêmico, idade entre 45 e 60 anos, tempo de doença de no máximo 6 meses e com cognitivo preservado. A pesquisa será realizada em quatro etapas, na primeira será realizada uma sondagem a fim de identificar e caracterizar as faixas de frequência para adaptação dos filtros de EMG. A colocação dos eletrodos seguirá o protocolo do consórcio europeu denominado de Surface EMG for the Non-invasive Assessment of Muscles (SENIAM) que padroniza os locais de colocação, os tipos de e a distância entre os eletrodos. A segunda etapa será dedicada a montagem/adaptação do instrumento, essas etapas acontecerão no Laboratório de Interface

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2125-8588 **E-mail:** cepcca@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.540.474

esclarecido. Os riscos são intrínsecos aos procedimentos para aquisição de registro eletromiográfico, consistindo em desconforto na colocação dos eletrodos. No preenchimento do questionário de avaliação do grau de satisfação dos participantes em relação a utilização da plataforma, todos estarão sentados em uma cadeira com apoio, tipo cadeira escolar ou cadeira e mesa. A fim de minimizar o risco de quedas, o ambiente do teste estará livre de tapetes e a iluminação será adequada, além disso o participante será acompanhado pela pesquisadora, que é fisioterapeuta, durante toda a avaliação. Em caso de qualquer alegação de desconforto, os procedimentos serão descontinuados imediatamente. Adicionalmente todos os dados da pesquisa serão mantidos aos cuidados da pesquisadora principal por um período de cinco anos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma temática atual e interessante para comunidade médica, fisioterapeutas e pacientes portadores de acidente vascular encefálico, pois, visa o desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

As cartas de anuências, termo de confidencialidade, currículos e termo de consentimento livre e esclarecido estão devidamente anexados. A folha de rosto esta devidamente assinada e carimbada pela Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O orçamento de aproximadamente 500,00 reais será de responsabilidade da pesquisadora principal. O cronograma é compatível para a execução do projeto e consta que a coleta de dados só começará após aprovação pelo comitê de ética.

Recomendações:

Nenhuma.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Nenhuma.

Considerações Finais a critério do CEP:

As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/CCS/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br