



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

MARIA CLARA PORFÍRIO DE SOUZA

**ELETROMIOGRAFIA E REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTAS PARA  
REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA**

RECIFPE-PE

2020

MARIA CLARA PORFÍRIO DE SOUZA

**ELETROMIOGRAFIA E REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTAS PARA  
REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA**

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.

**Orientadora:** Prof<sup>o</sup> Dra. Alana Elza Fontes da Gama

**Coorientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.

RECIFE

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Souza, Maria Clara Porfírio de.

Eletromiografia e realidade aumentada como ferramentas para reabilitação de pacientes com paralisia facial periférica / Maria Clara Porfírio de Souza. - Recife, 2020.

102 p. : il., tab.

Orientador(a): Alana Elza Fontes da Gama

Coorientador(a): Marco Aurelio Benedetti Rodrigues

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, 2020.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Paralisia Facial. 2. Realidade Aumentada. 3. Reabilitação. 4. Eletromiografia. 5. Engenharia Biomédica. I. Gama, Alana Elza Fontes da. (Orientação). II. Rodrigues, Marco Aurelio Benedetti. (Coorientação). IV. Título.

620 CDD (22.ed.)

MARIA CLARA PORFÍRIO DE SOUZA

ELETROMIOGRAFIA E REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTAS PARA  
NA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA

Dissertação submetida ao curso 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: 29/11/2020.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Marco Aurélio Benedetti (Coorientador)  
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 à minha amada família, dedico o resultado do esforço realizado ao longo deste percurso especialmente aos meus pais que são minha maior inspiração e exemplo de vida.

## AGRADECIMENTO

Inicialmente agradeço a Deus que me sustentou até aqui e tornou possível a realização desse projeto, não foi fácil, mas ele me deu forças para superar as dificuldades e seguir em frente.

À Prof. Dra. Alana Elza pela orientação, por toda ajuda e contribuição neste projeto e pela sua paciência. Obrigada pelos ensinamentos repassados durante esse período, que foram muito importantes.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti pela coorientação, pelas aulas de eletrônica, acompanhamento, construção do projeto, por todo apoio durante todo esse período, que com toda sua paciência não me deixou desistir, sempre mostrando uma forma de resolver os problemas, seja com conselhos ou críticas construtivas, sendo fundamental para eu chegasse até aqui.

A todos os colegas do GPB, que colaboraram de alguma forma neste projeto. Sou grata por toda dedicação, ensinamentos e paciência que tiveram comigo durante todo o processo.

Agradeço imensamente a Rafael pela construção do equipamento e por suas contribuições na pesquisa, de uma forma geral, obrigada por trabalhar por incontáveis horas indo várias vezes ao laboratório, até nos finais de semana para tirar minhas dúvidas e dar aulas da parte de engenharia, pela participação ativa nos testes, nunca vou esquecer da sua ajuda e empenho do início ao fim desta pesquisa, sua contribuição foi essencial. Muito obrigada!

Agradeço grandemente a Érico, pela participação ativa durante toda a pesquisa, pela construção do sistema *AREhab Face*, pela participação nos testes, por me ajudar a manter a calma em momentos difíceis em que pensei que não iria conseguir terminar esse projeto, jamais esquecerei disso. Obrigada pelas incontáveis horas em que esteve comigo no laboratório empenhado para achar soluções, sendo minucioso na construção do sistema, sempre querendo obter os melhores resultados. Eu realmente não conseguiria terminar esse projeto sem você.

A todos os meus amigos que torcem para que desse tudo certo neste trabalho, e em especial as minhas amigas de vida, Amanda e Leiliane por toda ajuda, apoio, incentivo e puxões de orelha, por me cobrirem no trabalho inúmeras vezes, por me acalmarem, por estarem comigo em todos os momentos, sejam bons ou ruins.

Obrigada por não me deixarem desistir, vocês são parte importante da minha vida para sempre!

Agradeço a minha amiga Carol, por quem tenho imensa admiração! Obrigada pela sua amizade e por todo incentivo para que eu entrasse no mundo da pesquisa, por todo seu carinho e disponibilidade para ajudar em todos os momentos.

A minha família por ser minha base, meus pais, irmãos e sobrinho, vocês são tudo na minha vida, meu maior incentivo para buscar conhecimento e para superar as adversidades, obrigada por todo amor dedicado a mim. Se cheguei até aqui foi especialmente por vocês e para vocês.

A minha minha tia Gilme tão especial, por sempre me incentivar a estudar, por ser um exemplo e inspiração para minha vida, obrigada por seus conselhos e todo amor dedicado a mim ao longo de todos esses anos.

Ao meu marido Éverton que é meu exemplo de persistência, que me inspira e me incentiva a crescer. Por ter me ajudado desde o período de inscrição no mestrado, na construção do pré-projeto, por ter lido minha dissertação para contribuir no que fosse preciso, por vibrar com minhas conquistas, por entender meus momentos de ausência e me incentivar a continuar estudando sempre, por estar comigo em todos os momentos. Obrigada pela parceria e amor!

## RESUMO

A Paralisia Facial Periférica (PFP) tem por consequência principal a paralisia e perda da expressão da face ou parte dela. A reabilitação dos pacientes acometidos por PFP vai depender do protocolo de tratamento e quais técnicas serão utilizadas durante o processo de reestabelecimento das funções. Frente a isso, é fundamental ter uma abordagem bem elaborada, assim como estratégias que tragam motivação ao paciente para facilitar a adesão às sessões. A eletromiografia de superfície (EMGs) tem sido utilizada para auxiliar no diagnóstico e o tratamento das alterações miofuncionais, juntamente com outras tecnologias, assim como a Realidade Aumentada (RA), capaz de enriquecer o ambiente físico com objetos sintetizados computacionalmente, permitindo a existência simultânea de objetos reais e virtuais. Dessa forma a combinação da estação dos dados da eletromiografia juntamente com a visão computacional busca viabilizar um feedback positivo para o esforço do paciente. A pesquisa teve como objetivo desenvolver um protótipo baseado em técnicas de realidade aumentada e biofeedback por eletromiografia para auxiliar na reabilitação de pacientes acometidos por PFP. Trata-se de um estudo de desenvolvimento tecnológico, seguido de testes de funcionamento, realizado com indivíduos de ambos sexos e com idade entre 25 e 68 anos. O teste de funcionamento apresenta uma amostra por conveniência. A pesquisa foi dividida em quatro etapas, sendo a primeira a realização de um estudo piloto para caracterizar as faixas de frequência para os filtros de eletromiografia. Na segunda, foi realizada a montagem do instrumento. Na terceira, realizou-se o teste do instrumento para verificar sua viabilidade de aplicação. A etapa final foi dedicada à análise dos resultados. A pesquisa resultou em um instrumento composto por hardware, software e firmware que se comunicam com um computador via protocolo bluetooth. Após os testes do instrumento e análises, concluiu-se que o instrumento teve grau de satisfação positivo, sugerindo boa usabilidade.

**Palavras Chaves:** Paralisia Facial. Realidade Aumentada. Reabilitação. Eletromiografia.

## **ABSTRACT**

Peripheral Facial Paralysis (PFP) has the main consequence of paralysis and loss of facial expression or part of it. The rehabilitation of patients affected by PFP will depend on how the treatment protocol will be designed and which techniques will be used for therapy, during the entire process of reestablishing functions. Given this, it is essential to have a well-designed approach, as well as the motivation that bring motivation to the patient to facilitate the addition as combined. Surface electromyography (EMGs) has been used to assist in the diagnosis and treatment of myofunctional changes, along with other technologies, as well as Augmented Reality (AR), which is able to enrich the physical environment with computationally synthesized objects, allowing for the existence simultaneous real and virtual objects. Thus, the combination of the electromyography data station together with computer vision, seeks to enable positive feedback for the patient's effort. The main objective of the research was to develop a prototype containing augmented reality and biofeedback by electromyography to assist in the rehabilitation of patients affected by PFP. It is a study of technological development followed by functional tests, carried out with both sexes and aged between 25 and 68 years. The function test features a cross-sectional design with a sample for convenience. A research was divided into four stages, the first being a pilot study to characterize the frequency ranges for the electromyography filters. In the second, the instrument was assembled. In the third, the instrument tests were performed to verify its application feasibility. The final step was dedicated to the analysis of the results. The research resulted in an instrument composed of hardware, software and firmware that communicate with a computer via the Bluetooth protocol. After the instrument tests and analysis, it was found that the instrument had a positive degree of satisfaction, suggesting good usability.

**Keywords:** Facial paralysis. Augmented Reality. Rehabilitation. Electromyography.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Nervos faciais (trajeto periférico) e estruturas na face inervadas por eles.....	10
Figura 2: Músculos da face.....	11
Figura 3: Expressões faciais prejudicadas na PFP .....	13
Figura 4: Elementos básicos para um ambiente de RA .....	17
Figura 5: Fluxograma de captura dos dados do estudo.....	27
Figura 6: Sistema de aquisição, processamento, captura e substituição da imagem.....	35
Figura 7: Eletrodos posicionados no músculo risório e eletrodo de referência posicionado na região clavicular.....	37
Figura 8: Instrumento eletrônico para a aquisição de EMG.....	38
Figura 9: Posicionamento do equipamento e eletrodos .....	39
Figura 10: Diagrama de blocos de esquemático do hardware.....	40
Figura 11: Diagrama de bloco do esquemático de firmware do equipamento.....	42
Figura 12: Visão geral do sistema.....	42
Figura: 13: Formato do pacote de dados.....	43
Figura 14: Placa Raspberry Pi3 B+ à direita, Raspberry Pi câmera à esquerda.....	44
Figura 15: Detecção dos pontos faciais e sobreposição.....	45
Figura 16: Primeiros testes de detecção facial e sobreposição da face com a figura.....	46
Figura 17: Sobreposição da face por um avatar .....	47
Figura 18: Pontos faciais utilizados para enquadramento do avatar.....	48
Figura 19: Diagrama do funcionamento do jogo.....	49
Figura 20: Variações nas distâncias do fechamento e abertura dos olhos e da boca em diferentes expressões faciais.....	57
Figura 21: Gráficos com dados da coleta da imagem e do EMG olho direito.....	58
Figura 22: Gráficos com dados da coleta da imagem e da imagem e do EMG do Risório.....	59
Figura 23: Tela de inicial da interface gráfica do jogo- seleção de equipamento.....	60
Figura 24: Tela de inicial da interface gráfica do jogo- Nomear a pasta de armazenamento .....	61
Figura 25: Segunda tela: etapa de calibração.....	62

Figura 26: Segunda tela- Dados da etapa de calibração.....	63
Figura 27: Segunda tela: escolha do gênero avatar para representação do usuário no jogo.....	64
Figura 28: Comandos escritos para a execução do protocolo do jogo.....	65
Figura 29: Animações em formato de imagem para feedback do usuário.....	65
Figura 30 Tela final do jogo.....	66

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Algumas causas secundárias da PFP.....	12
Quadro 2: Escala de House Brackman.....	15

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tema, objetivo, intervenção/ teste, principais desfechos encontrados em cada estudo.....	28
Tabela 2: Frequências máximas e mínimas de cada voluntário para os músculos orbicular do olho, risório e zigomático.....	55
Tabela 3: Faixa de frequência dos músculos orbicular do olho, risório e zigomático mediante ao estudo piloto.....	56
Tabela 4: Características gerais dos participantes.....	67
Tabela 5: Valores do método de avaliação do questionário SUS.....	68

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

EMG – Eletromiografia

EMGs – Eletromiografia de superfície

FES- Estimulação Elétrica Funcional

PFP- Paralisia Facial Periférica

RA- Realidade Aumentada

RV- Realidade Virtual

SUS- System Usability Scale

TCLE- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFPE- Universidade Federal de Pernambuco

UM - Unidade Motora

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	7
1.1.	OBJETIVO.....	9
1.1.1.	Objetivo geral.....	9
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	9
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	10
2.1.	Nervo Facial.....	10
2.2.	Músculos da mímica facial.....	11
2.3.	Paralisia Facial Periférica .....	12
2.4.	Quadro Clínico da Paralisia Facial Periférica .....	13
2.5.	Avaliação na Paralisia Facial Periférica .....	14
2.6.	Reabilitação na Paralisia Facial Periférica .....	16
2.7.	Realidade Aumentada .....	17
2.8.	Eletromiografia .....	19
2.9.	Biofeedback eletromiográfico .....	21
3.	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	22
3.1.	Processo adotado para Revisão Sistemática da Literatura (RSL) .....	22
	b) Objetivo:.....	22
3.2.	Escopo .....	22
3.3.	Questões de Pesquisa .....	24
3.4.	Bases de dados.....	24
3.5.	Gerenciadores de referências.....	25
3.6.	String de busca .....	25
3.7.	Critérios de elegibilidade.....	25
3.8.	Procedimentos de seleção dos estudos.....	26
3.9.	Elegibilidade e pontuação dos artigos.....	26
3.10.	Resultados e discussão .....	27
3.11	Proposta de solução.....	33

4.	METODOLOGIA.....	34
4.1.	Desenho do Estudo e Local do Estudo .....	35
4.2.	Procedimentos das etapas dos estudos .....	36
4.2.1.	Primeira etapa: estudo piloto .....	36
4.2.2.	Desenvolvimento do instrumento eletrônico para a aquisição de eletromiografia. ....	38
4.2.3.	Filtros e amplificadores do hardware .....	40
4.2.4.	Segunda etapa: desenvolvimento do firmware: .....	41
4.2.5.	Segunda etapa: desenvolvimento do software. ....	43
4.2.6.	Sistema de Realidade aumentada .....	44
4.2.7.	Sobreposição da face por imagem: primeira versão. ....	46
4.2.8.	Sobreposição da face por imagem: segunda versão. ....	47
4.2.9.	Desenvolvimento do Jogo.....	47
4.3.	Procedimentos da coleta.....	51
4.4.	Análise dos dados .....	53
4.5.	Aspectos éticos.....	54
4.6.	Riscos e benefícios.....	54
5.	RESULTADOS .....	55
5.1.	Resultado do estudo piloto (primeira etapa do estudo).....	55
5.2.	Resultado do teste de funcionamento do hardware e software .....	57
5.3.	Resultado dos testes do instrumento com os participantes .....	60
5.4.	Análises dos questionários.....	68
6.	DISCUSSÃO.....	70
7.	CONSLUSÃO .....	73
7.1.	Trabalhos futuros .....	74
	APÊNDICE 1 .....	81
	APÊNDICE 2 .....	86
	APÊNDICE 3 .....	87
	ANEXO 1 .....	89

# 1. INTRODUÇÃO

A Paralisa Facial Periférica (PFP) pode ser definida como a interrupção da informação motora para os músculos da face, sendo causada pelo acometimento do nervo facial (VII nervo craniano), em qualquer ponto de seu trajeto, levando a perda da função (MARQUES, 2015). O acometimento súbito do nervo facial causa diminuição considerável dos tônus dos 23 músculos faciais inervados por ele. As sequelas deixadas pela PFP caracterizam-se, na maioria das vezes, por contraturas e sincinesias (as sincinesias ocorrem devido à má regeneração e causam movimentos involuntários durante a execução de movimentos voluntários), prejudicando a expressão facial, que é uma fonte rica de informação sobre os aspectos psicológicos e emocionais (QIDWAI; AJIMSHA, 2015).

A PFP tem uma prevalência de aproximadamente 23 a 35 casos por 100.000, afetando ambos os sexos com idades entre de 30 a 50 e 60 a 70 anos (MARTYN; HUGHES. 1997). Sendo que, cerca da metade dos casos registrados tem etiologia desconhecida, denominando-se de paralisia de Bell (MARQUES, 2015). As causas da PFP podem ser divididas em sete categorias: idiopática (paralisia de Bell), congênita, infecciosa, neoplásica, neurológica, traumática e tóxica (TWARDOWSCHY *et al*, 2016).

O prognóstico dos pacientes acometidos por PFP não depende apenas da extensão e do tipo de lesão, mas também do protocolo de tratamento traçado e das ferramentas utilizadas pelo profissional de saúde, durante o processo de reestabelecimento das funções. No tratamento, é fundamental ter uma abordagem individualizada e bem elaborada para tratar a pessoa com PFP, assim como uma intervenção precoce e cautelosa, serão fatores positivos no processo de intervenção (WENCESLAU, 2015).

O tratamento fisioterapêutico convencional busca estabelecer objetivos e metas do tratamento a curto, a médio e a longo prazo, revendo e reavaliando conforme a progressão e evolução do quadro clínico do paciente. As técnicas mais utilizadas são a cinesioterapia, facilitação neuromuscular proprioceptiva, bandagens terapêuticas, eletroestimulação, laser terapêutico, exercícios da mímica facial e crioterapia a fim de reestabelecer o funcionamento e a simetria da musculatura, evitando deformidades e contraturas, visando melhorar ou manter a função motora e

melhorando o bem-estar do paciente em relação à estética facial (SOUZA, F. I. *et al*, 2015; BRITO, 2020).

Pesquisas recentes com tecnologias que realizam processamento de imagens e aprendizado de máquina almejam melhorar a reabilitação da paralisia facial fornecendo sistemas focados em diagnósticos e terapias de reestabelecimento de funções afetadas. A maior parte dos estudos está baseada no desenvolvimento de métodos de classificação automatizada da paralisia facial e apenas alguns trabalhos possuem foco na parte terapêutica da reabilitação (GEBHARD *et al*, 2000).

Assim, a área da saúde vem constantemente recebendo diversas contribuições e influências da tecnologia para apoiar seus processos. Nesse contexto, a Realidade Aumentada (RA), é uma tecnologia que pode auxiliar no processo de reabilitação, a partir da interação do usuário com o sistema. Estratégias que utilizam tecnologia no momento das sessões de terapia têm sido uma alternativa clínica, utilizada com intuito de estimular maior comprometimento e interesse do paciente ao seu processo de recuperação, que por vezes é exaustivo (OLIVEIRA; *et al*, 2013).

A eletromiografia de superfície (EMG) é uma tecnologia, que vem sendo utilizada para obtenção de dados sobre a atividade elétrica da musculatura corporal, através da qual é possível mensurar a duração dos potenciais de ação das unidades motoras, amplitude, além de analisar e registrar esses dados. A possibilidade de utilização do EMG na clínica terapêutica traz importantes contribuições. Por ser um exame quantitativo, que permite a obtenção de resultados numéricos, pode-se determinar a ativação muscular, sendo utilizado tanto na reabilitação oferecendo respostas sobre o funcionamento muscular, quanto nos diagnósticos das disfunções musculares (FREITAS; *et al*, 2016).

Com avanço dos anos, tornam-se disponíveis novas tecnologias que oferecem experiências para enriquecer as capacidades cognitivas, atividades que precisam de raciocínio, atenção e planejamento. Experiências sensoriais, com o uso de óculos de Realidade Virtual (RV), fones de ouvidos, plataformas vibratórias entre outras. A RA consegue adicionar elementos digitais para fazer parte do mundo real, obtendo grandes vantagens ao complementar a informação da imagem real (MALBOS, *et al*, 2014). Como também, sabe-se que os dispositivos biomédicos vêm sendo utilizados para obter e fornecer dados, auxiliando os profissionais da saúde a conduzirem melhor, tantos os diagnósticos como os tratamentos.

Diante do exposto, propõe-se o desenvolvimento de um protótipo que utilize a interação com um ambiente de RA juntamente com o biofeedback eletromiográfico para monitorar o desempenho dos músculos da face do paciente. O equipamento permitirá que a reabilitação ocorra especificamente para o tratamento dessa população, de forma lúdica, trazendo motivação para treinar a musculatura da face e aumentar a consciência corporal do paciente. O protótipo em questão irá permitir treinos personalizados, direcionados para as necessidades individuais de pacientes acometidos pela PFP, além, de fornecer um feedback imediato e de forma simples, auxiliando no tratamento fisioterapêutico desses pacientes.

## **1.1. OBJETIVO**

### **1.1.1. Objetivo geral**

Desenvolver um protótipo baseado em técnicas de realidade aumentada e biofeedback por eletromiográfico para auxiliar na reabilitação de pacientes acometidos por paralisia facial periférica.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Realizar um estudo experimental para determinar os requisitos como: faixa de frequência, filtros e posicionamento de eletrodos para o sistema de aquisição de eletromiografia dedicados aos músculos faciais;
- Desenvolver um hardware para realizar a aquisição do sinal de eletromiografia facial;
- Desenvolver um firmware para a comunicação do hardware com um computador através de um módulo bluetooth;
- Desenvolver um jogo com feedback visual e auditivo para o usuário;
- 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. Nervos Faciais

O Nervos Faciais é um nervo sensitivo e motor, cujas fibras são divididas em 80% motoras e 20% sensitivas, sendo constituído por fibras viscerais eferentes gerais, viscerais aferentes e eferentes especiais. As fibras viscerais aferentes especiais conduzem o sentido do paladar dos dois terços anteriores da língua e projeta-se, via nervo corda do tímpano (JORGE; BOLDORINI, 2005; LEE JM, et al, 2014). Após atravessar a glândula parótida, divide-se em dois ramos principais, que originam múltiplos ramos secundários, que inervam os músculos faciais, como mostra a Figura 1 (MATOS, 2011).

No encéfalo, encontra-se localizado no sulco bulbo pontínio, e em seu trajeto passa no meato acústico interno, passando pelo forame estilomastoídeo. Nessa estrutura, o sistema parassimpático é constituído pelas fibras viscerais eferentes gerais, que têm origem no núcleo salivatório superior e através do nervo petroso superficial maior, inervando as glândulas lacrimais, palatinas e nasais (JESUS; BERNARDES, 2012).

Figura 1- Nervos faciais (trajeto periférico) e estruturas na face inervadas por ele.



Fonte: Adaptado de Lee JM, et al, 2014.

## 2.2. Músculos da mímica facial

Os músculos da face são conhecidos como músculos da mímica ou da expressão facial, sendo as expressões faciais o principal meio de comunicação não verbal do ser humano. Essa musculatura facial está localizada nas camadas da fáscia subcutânea e originam-se da fáscia dos ossos da face e do crânio, inserindo-se na derme, como pode-se perceber na Figura 2 (OWUSU; STEWART, 2018).

Esses músculos são responsáveis pela movimentação efetiva dos orifícios da boca, dos olhos e do nariz com funções de constritores e dilatadores, e se caracterizam por possuírem ligações diretas com a derme, onde se inserem por meio de feixes isolados e não existem tendões. Em sua maioria, a musculatura da face é desprovida de aponeurose e é dependente, como nos demais músculos esqueléticos, dos neurotransmissores, como por exemplo a acetilcolina, liberada nas junções neuromusculares, mais precisamente nos terminais pré e pós-sinápticos (ROBINSON; BAIUNGO, 2018).

A inabilidade da ação muscular da face vai interferir diretamente na qualidade da comunicação verbal e não verbal, através das expressões faciais, levando em consideração que a expressão facial é um processo psicomotor e neuromotor complexo, que liga a expressão física à emoção. Expressões simples do dia a dia para a comunicação como: sorrir, franzir a testa, olhar de surpresa, fechar os olhos entre outras, são criadas pelas ações da musculatura da mímica facial. Funções essas que são prejudicadas no caso de indivíduos com PFP, ficando as interações sociais significativamente comprometidas (TWARDOWSCHY, 2016; AZUMA, 2017).

Figura 2: Músculos da face.



## 2.3. Paralisia Facial Periférica

A PFP ocorre quando existe uma interrupção do impulso nervoso em qualquer um dos segmentos do nervo facial ao longo do seu trajeto periférico, que leva informações para os músculos de um único lado da face (quadrante superior e inferior) (SOUZA, F. I. *et al*, 2015). O acometimento que ocorre na periferia do nervo facial vai resultar em uma paresia ou plegia dos músculos, que fazem parte da mímica facial e ocorrem sempre do mesmo lado da lesão do nervo. As alterações dessa patologia podem estar associadas também aos distúrbios de fala, de visão (lacrimejamento ou menor produção de lágrimas, perda parcial ou total do campo visual), de audição (hipersensibilidade auditiva), alteração do paladar (sensibilidade dos 2/3 anteriores da língua) e excesso ou falta de salivação (SILVA, I. A, 2013).

A PFP pode ter origem primária ou secundária. A primária é denominada Paralisia de Bell, que tem origem idiopática, sendo a mais frequente, constituindo cerca de 70% dos casos. Já na secundária, a paralisia facial, pode ter diversas causas, como: traumas de face, doenças metabólicas, doenças cerebrovasculares, Diabetes mellitus, doenças Infecciosas, tumores, lesões cirúrgicas, doenças imunológicas e uso de fármacos, como pode ser observado no Quadro 1 (MARQUES, R. R. A, 2015).

Quadro 1: Algumas causas secundárias da PFP

<b>Doenças Metabólicas</b>
Diabetes mellitus
<b>Doenças Cerebrovasculares</b>
Acidente Vascular Cerebral Protuberancial homolateral
<b>Doenças Infecciosas</b>
Herpes simplex
Varicella Zoster (Síndrome de Ramsey-Hunt)
Parotidite infecciosa
Doença de Lyme
Meningite tuberculosa
Sífilis
<b>Tumores</b>
Neurinoma do acústico
Tumores da Parótida
Linfoma
<b>Traumatismo</b>
Traumatismo cranio-encefálico
<b>Lesão Cirúrgica</b>
Excisão de tumor do ângulo ponto-cerebeloso
<b>Doença Imunológica</b>
Lupus eritematoso sistêmico
Sarcoidose
Síndrome de Guillain-Barré
<b>Fármacos</b>
Linezolid

Fonte: MARQUES, R. R. A, 2015.

## 2.4. Quadro Clínico da Paralisia Facial Periférica

O indivíduo acometido por PFP vai apresentar sinais de diminuição dos tônus, trofismo e força muscular facial unilateral, que envolve o quadrante superior e o inferior ipsilateral à lesão. Nos quadrantes afetados, além da assimetria, as principais expressões faciais como, enrugar a testa, sorrir socialmente, sorrir amplamente, fechar os olhos, estarão prejudicadas, como pode-se observar na Figura 3 (MATOS, 2011).

Devido a interrupção da informação para a musculatura da face, glândulas lacrimais, salivares e nasais no quadro clínico da PFP, também pode ter presença de saliva em excesso, inabilidade do fechamento ocular, trazendo transtornos na hora de dormir e lacrimejamento, dificultando o sono. Já nos aspectos auditivos, pode ocorrer a hiperacusia, com tolerância diminuída para níveis normais de ruído (GILDEN, 2004). Também pode existir dificuldade para alimentar-se (sólidos e/ou líquidos por inabilidade do fechamento da boca), perturbação do paladar nos 2/3 anteriores da língua, e com isso, na maioria dos casos, a depender do grau de comprometimento, incapacidade de falar e expressar suas emoções de uma forma plena (SILVA; MAGALHÃES, 2013).

Figura 3: Expressões faciais prejudicadas na PFP



Fonte: HATO, et al 2007.

Abaixo estão listados alguns dos principais sinais do quadro clínico na PFP:

- Assimetria facial;
- Diminuição/ ausência de rugas na região frontal;
- Perda do sulco nasolabial;

- Dificuldade/ incapacidade de mobilizar a sobrancelha;
- Lagoftalmo (Incapacidade total ou parcial da pálpebra se fechar);
- Sinal de Legendre (contração diminuída do músculo orbicular das pálpebras);
- Sinal de Bell (rotação do globo ocular para cima quando na tentativa de fechar o olho);
- Não elevação da asa do nariz e ângulo superior da boca.

Vale ressaltar que a paralisia facial é uma afecção que, além de trazer sequelas funcionais e estéticas, traz também repercussões psicológicas, levando muitas vezes ao isolamento social. O constrangimento por não conseguir executar tarefas como as funções de alimentação, normalmente em público, pode trazer consequências para qualidade de vida do indivíduo, levando a uma percepção negativa da imagem corporal. O indivíduo acometido pode vir a apresentar transtorno do estresse pós-traumático, quadros de alcoolismo, depressão, entre outros problemas (MACGREGOR; 1990).

## **2.5. Avaliação na Paralisia Facial Periférica**

Pela necessidade de se estabelecer cada vez mais cedo o prognóstico quanto à evolução da PFP, para auxiliar no planejamento terapêutico, faz-se necessária a utilização de escalas para avaliar os graus de comprometimentos da PFP (TWARDOWSCHY; et al, 2016). Uma das escalas que fornecem informações válidas sobre o quadro do paciente é a escala de House Brackman, onde o comprometimento motor pode ser graduado (quadro 2). Essa escala é amplamente utilizada e adotada pela Academia Americana de Otorrinolaringologia.

A escala de House Brackman, também utilizada por fisioterapeutas e fonoaudiólogos, baseia-se na presença ou na ausência de determinados movimentos faciais pré-estabelecidos (FONSECA, 2015). Algumas condutas são indispensáveis para uma boa avaliação da PFP, como levar em consideração as informações sobre a história clínica do paciente e realizar um exame físico direcionado. A avaliação pode ser considerada como um dos momentos mais importantes do tratamento, a partir de uma boa avaliação, o profissional é capaz de dar um prognóstico adequado ao paciente e traçar um plano de tratamento mais eficaz.

**Quadro 2:** Escala de House Brackman

CLASSIFICAÇÃO- GRAU DE PARALISIA			
Grau	Em repouso	Em movimento	Esforço
I			Leve
II			Leve
III			Máximo
IV			Máximo
V			Máximo
VI			Máximo

Legenda: I – Normal; II – Disfunção Leve; III – Disfunção Moderada; IV –Disfunção Moderadamente Severa; V-Disfunção Severa; VI- Paralisia Total

Fonte: FONSECA, et al, 2015.

Vários estudos clínicos empregam uma variedade de abordagens para medir o estado de saúde dos pacientes e observar as mudanças e evoluções devido aos tratamentos. Porém, muitos profissionais de saúde utilizam métricas de avaliação consideradas subjetivas, como é o caso do uso das escalas de avaliação, usadas para medir o status atual ou mudança ao longo do tempo, com base na observação de uma tarefa realizada pelo paciente. Na maioria dos estudos as escalas avaliam equilíbrio, dor, movimento ou mobilidade com base na observação do paciente conduzindo um movimento ou atividade específica (XIE, et al 2018).

Em alguns casos, essas avaliações não são sensíveis o suficiente à detecção de pequenas evoluções, durante a terapia, sendo necessário que existam métodos que sejam capazes de obter dados mais precisos sobre o tratamento, facilitando a identificação da eficácia terapêutica (TRANSON, 2017; XIE, et al 2018).

## 2.6. Reabilitação na Paralisia Facial Periférica

A reabilitação da hemiface paralisada requer uma abordagem, tanto dos aspectos físicos e funcionais quanto dos aspectos psicológicos do indivíduo com PFP, (OWUSU, A. J; STEWART, M; BOAHENE K, 2018). Devido as múltiplas sequelas deixadas pela PFP, o acompanhamento deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar, com tratamento médico, farmacológico, fonoaudiológico, fisioterapêutico e psicológico. O grau do comprometimento muscular na PFP é que irá determinar o rumo da reabilitação, dependendo diretamente da etiologia, do tipo e extensão da lesão, da idade do paciente, do tempo que a PFP está instalada, entre outros fatores (MATOS, C, 2011).

O tratamento da PFP visa reestabelecer as funções da face que foram afetadas, para que a recuperação ocorra de forma correta, reduzindo a chance de sequelas futuras. A Fisioterapia tem exercido papel importante no tratamento da PFP, por meio protocolos de tratamento bem elaborados e norteados em princípios baseados em evidências científicas e associados a uma avaliação criteriosa, descrevendo as principais complicações funcionais da face e os objetivos pretendidos, durante e após o programa de tratamento (SOUZA, F. I. *et al*, 2015).

São utilizados vários recursos fisioterapêuticos no tratamento da PFP, que tem como objetivo recuperar a simetria e harmonia da face em seus grupos musculares afetados, e o bem-estar do paciente em relação à estética facial. Com isso, existe uma gama de recursos utilizados no tratamento dessa patologia (MARQUES R R A, 2015). Dentro dos recursos fisioterapêuticos utilizados, pode-se destacar os recursos terapêuticos manuais, crioestimulação (uso de gelo), estimulação elétrica funcional (FES), biofeedback por eletromiografia, estimulação sensorial, cinesioterapia, drenagem linfática facial, laser terapêutico, exercícios da mímica facial e exercícios de facilitação neuromuscular proprioceptiva (SOUZA, F. I. *et al*, 2015).

Apesar dos tratamentos já estabelecidos na literatura promoverem efeitos positivos nos pacientes, essas pessoas com PFP também podem se beneficiar de novas descobertas tecnológicas, que podem ser utilizadas como um recurso auxiliar, possibilitando uma experiência mais prazerosa no momento da terapia, propondo uma participação mais ativa do paciente, durante toda a sessão e facilitando a adesão ao tratamento (TRANSON, 2017).

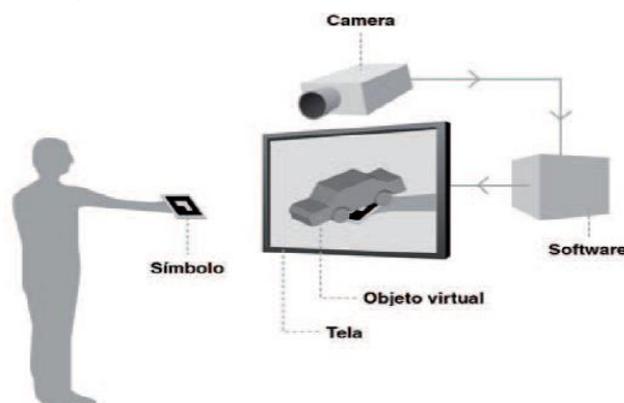
## 2.7. Realidade Aumentada

A RA é uma tecnologia que permite que elementos virtuais façam uma sobreposição de conteúdos digitais no mundo real (SOUZA; ALTURAS, 2019). Essa tecnologia possibilita uma maior interação com objetos virtuais, abrindo novas dimensões na maneira em que o indivíduo executa determinadas tarefas, dado que permite uma interação mais natural do usuário ao sistema, ao contrário da tecnologia de Realidade Virtual (RV), que pode “transportar” o usuário para um outro ambiente virtual, retirando as características do ambiente físico e do local (QIDWAI; AJIMSHA, 2015).

Existem duas classificações quanto a interação do indivíduo ao ambiente de RV, a imersiva, onde o indivíduo tem uma maior interação com o ambiente, podendo ser dados estímulos visuais através dos óculos, auditivos com os fones de ouvido, sensitivo com o uso de luvas, entre outros recursos que tragam a sensação de presença ao indivíduo no mundo virtual. Já os ambientes de realidade virtual classificados como não imersivos matêm o indivíduo com sensação de presença no ambiente real, interagindo de forma convencional, através de dispositivos que tenham interação com o jogo, como *mouses*, *joysticks*, telas *touchscreem* e câmeras de captura de movimento (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006).

A RA mantém todos os aspectos referentes ao ambiente real, “transportando” os elementos virtuais para o espaço real do usuário, mantendo o senso de presença. Para vivenciar atividades com RA são necessários alguns elementos básicos, como: equipamento para monitoração (monitor, display, televisões, etc), câmera de video, software e marcadores, como mostra a figura 4 (MALBOS, 2014).

Figura 4- Elementos básicos para um ambiente de RA.



Fonte: MALBOS, et al, 2014.

A RA vem sendo utilizada em diferentes cenários e torna-se uma ferramenta importante na indústria; na área médica com simulações de procedimentos cirúrgicos, estudos sobre a anatomia do corpo humano; na área da reabilitação, facilitando os processos de recuperação; no entretenimento; na educação; entre outras áreas que se beneficiam com essa tecnologia (FERNANDES, 2014).

Essa tecnologia permite adicionar informações virtuais (elementos gráficos) no mundo real por meio de sistema de câmeras de vídeo, que são os sensores. Portanto, uma possível maneira de se realizar esse sensoriamento é através do reconhecimento de marcadores como códigos 2D ou 3D, como ocorre no caso do reconhecimento facial e esquelético. Assim pode-se observar movimentos de seguimentos corporais e expressões faciais (SIENA et al, 2018).

Nesse ambiente das interfaces pautadas na RA, a interface é o mundo real, onde os elementos são capturados por câmeras, com adição de informações virtuais que podem ser os elementos gráficos, criando um cenário de composição, onde o controle das ações está localizado no mundo real. Os ambientes de RA podem ser obtidos através de diferentes técnicas (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006).

- Realidade aumentada através de sistema óptico: são utilizados, capacetes ou óculos de realidade virtual como forma de apresentar o ambiente virtual diretamente sobre o mundo real;
- Realidade aumentada através de sistema de vídeo: são utilizados capacetes de realidade virtual e câmeras de vídeo para apresentar imagens do mundo real sobreposto com o ambiente virtual;
- Realidade aumentada através de monitor: são utilizados monitores convencionais de computador (desktop) ou portáteis (Palm/PocketPc) para apresentar imagens sobrepostas de vídeo e ambientes virtuais;
- Realidade aumentada através de projetor: São utilizados os objetos reais do mundo como superfícies de projeção para o ambiente virtual.

Para atender às demandas específicas de usuários que apresentam necessidades especiais, ultimamente têm-se observado um maior desenvolvimento de sistemas e equipamentos voltados para esse público, que necessita de recursos específicos, dificultando o desenvolvimento, levando inclusive, a gastos elevados para construção desses aparatos tecnológicos (AZUMA, J.R 2001).

A RA pode atuar como facilitador, oferecendo algumas vantagens para usuários que não tem a possibilidade de utilizar os aparatos periféricos tradicionais, como os *joysticks*. O sistema de RA funciona a partir de capturas de imagens reais e sobreposição com imagens virtuais. A facilidade de utilização do sistema pode servir com um estímulo para o interesse do usuário; tornar o ambiente acessível é essencial para o engajamento desse público (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006).

A forma de acesso do usuário ao ambiente computacional é realizada através de ações mais simples e diretas, que vão facilitar a interatividade com o sistema (DAINESE; GARBIN; KIRNER, 2005). Pensando nesse aparato tecnológico voltado para o uso em saúde, um exemplo que descreve bem como a RA obteve vários seguidores, é o jogo Pokémon Go, uma aplicação de RA embarcada em jogos para smartphone, que foi capaz de demonstrar um papel importante ao estimular à prática de atividades físicas (LEAL, 2017). Esse jogo tem dois objetivos principais, que são colecionar personagens (pokémons) e subir de nível, através do ganho de pontos. Para isso, é preciso que o indivíduo se locomova, para fazer a captura dos personagens, pode-se observar um que essa aplicação trouxe um grande incentivo à prática de atividades (SOUZA; ALTURAS, 2019).

Um estudo publicado em 2016, feito por Althoff, Branco e Horvitz mostrou que o Pokémon Go conseguiu levar a aumentos significativos da atividade física dos usuários do sexo feminino e masculino, de várias faixas etárias, ao longo de um período de 30 dias, onde os mesmos aumentaram a frequência de locomoção. Uma outra pesquisa realizada em 2018 por Ma BD e colaboradores, também estudou a relação entre o uso do Pokémon GO e a atividade física e pode concluir que os jogos de realidade aumentada, baseados em localização, podem criar novos vínculos entre humanos e espaços ao ar livre, incentivando as pessoas a se envolverem em atividades físicas, tendo grande potencial para ser uma ferramenta global de intervenção em saúde pública.

## **2.8. Eletromiografia**

A eletromiografia (EMG) é uma técnica que possibilita o registro dos sinais elétricos gerados pelas células musculares a partir da despolarização das membranas durante uma contração ou em momentos de repouso. Essa técnica estuda a atividade elétrica muscular, por meio de um equipamento chamado eletromiógrafo. As

informações fornecidas a partir da técnica servem para compreensão das funções e disfunções do sistema muscular, durante o movimento humano, podendo auxiliar o profissional na tomada de decisão durante o tratamento fisioterapêutico (MELLO et al, 2017; LYRA, 2016).

A condução dos sinais elétricos ocorre através dos tecidos e são captados nos sensores, representando um somatório de impulsos elétricos de uma população de unidades motoras próximas (FREITAS, G. S; *et al*, 2016). O sinal eletromiográfico representa um sinal biomédico que registra os impulsos elétricos, provocados por um evento como um músculo contraindo, e fornece informações úteis para o entendimento dos mecanismos fisiológicos do evento biológico (ENDERLE; BRONZINO, 2012).

A junção neuromuscular é o nome dado a terminação de um neurônio no músculo, em conjunto com axônio, corpo celular e todas as fibras que são inervadas por esse neurônio e caracterizam uma unidade motora (UMs). As UMs têm a atividade refletida no sinal de EMG, ou seja, um estímulo motor propaga-se do cérebro até os músculos por meio dos axônios de um neurônio motor, e quando recebem esse estímulo, as fibras despolarizam-se simultaneamente causando um movimento muscular (MARQUES, R. R. A 2015).

Para que ocorra a captação da atividade de um grupamento muscular é necessária a utilização de ao menos três eletrodos (ativo, referência e terra). Os dois primeiros irão captar a atividade dos músculos dispostos na direção longitudinal das fibras. O eletrodo terra tem a finalidade de servir como referência para os potenciais elétricos dos demais eletrodos (MONTEIRO, M. U, 2016).

Os sinais de EMG podem ser captados de duas formas, seja por eletrodos intramusculares do tipo agulhas, onde os sinais possuem amplitudes em torno de 10mV, como por eletrodos de superfície, quando a análise é realizada através da eletromiografia de superfície (EMGs) e os sinais possuem amplitudes em torno de 5mV. 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 está sendo avaliado (SOUZA, 2015).

Para que as captações musculares não invasivas sejam realizadas com sucesso, é necessário que seja feita, anteriormente ao procedimento, uma preparação adequada da pele, que envolve a limpeza do local, com álcool, tricotomia ou aplicação

de uma pequena quantidade de pasta eletrolítica, que ajuda a minimizar a impedância da pele-eletródo, melhorando a qualidade do sinal registrado (MERLETTI; FARINA, 2016).

## **2.9. Biofeedback eletromiográfico**

A reabilitação física através do biofeedback eletromiográfico é uma importante aplicação para a reeducação neuromuscular, que pode ser realizada, por exemplo, através de jogos (PAZETO; OLIVEIRA; TELES, 2014). (DUATE, et al, 2018) Essa técnica mostra a atividade elétrica muscular em tempo real, buscando a própria regulação direta da atividade muscular como por exemplo, induzir o relaxamento ou a uma contração muscular (LANTYER; VIANA; PADOVANI, 2013).

O Biofeedback é uma ferramenta terapêutica, que pode ajudar no desenvolvimento da percepção das funções corporais, com a finalidade de permitir aos indivíduos o desenvolvimento das capacidades de autoconhecimento corporal. As informações do feedback ajudam a corrigir os erros a partir de novas ações, facilitando e permitindo a aprendizagem, além de aumentar a eficiência desse processo. O biofeedback terapêutico pode utilizar diversos recursos como um espelho ou aparelho, um aparelho de EMG, onde o paciente seja capaz de aprender a obter controle voluntário sobre seus processos (MONTEIRO, 2016).

O Feedback imediato sobre o estado de processos fisiológicos é dado através de dispositivos como eletroencefalograma, termômetros, EMG, eletrocardiograma, oxímetros entre outros, e com as informações, o indivíduo é capaz de aprender a obter controle voluntário sobre seus processos. A técnica possui efeitos de aprendizagem a longo prazo e é capaz de estimular a neuroplasticidade cerebral. A plasticidade consiste no potencial de reorganização neuronal, sendo resultado de um processo adaptativo a um novo estímulo (FREITAS, G. S; *et al* 2016).

Com o uso do biofeedback, tanto o paciente, quanto o terapeuta, podem aprender a associar, de forma proporcional, a resposta do equipamento em relação ao processo biológico monitorado e tirar conclusões sobre a eficiência ou não do tratamento (VIUDES, 2005). É importante que seja realizada a escolha adequada da modalidade de feedback para que a intervenção venha a ter sucesso. Para evitar a frustração e facilitar a compreensão dos indivíduos, o estímulo escolhido deve ser de

fácil entendimento, atrativo e capaz despertar o interesse no momento da terapia (MONTEIRO, 2016).

### **3. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Este capítulo será composto de uma revisão sistemática realizada sobre o tema realidade aumentada e eletromiografia para a reabilitação de pacientes com Paralisia Facial Periférica (PFP), abordando seus estudos, desafios e aplicações.

#### **3.1. Processo adotado para Revisão Sistemática da Literatura (RSL)**

As revisões sistemáticas da literatura são um direcionamento coerente para tentar esclarecer controvérsias e basear-se apenas nos estudos que apresentam melhor qualidade sobre o assunto abordado. As revisões sistemáticas são utilizadas para reunir as informações de um conjunto de estudos realizados individualmente sobre determinada intervenção, que podem mostrar resultados conflitantes ou coincidentes, identificando temas que necessitam de evidência (GALVÃO; PEREIRA, 2014). As Revisões Sistemáticas da Literatura devem ser realizadas de maneira sequencial e metódica, sendo dividida em algumas etapas, onde podem ser utilizados alguns *softwares* que auxiliam na busca e gerenciamento das bases de dados utilizadas.

- a) Título: Efeitos da Realidade Aumentada na reabilitação de pacientes com PFP.
  
- b) Objetivo: Investigar o que a literatura aponta como resultados do uso da Realidade Aumentada na reabilitação dos músculos da face de pacientes com sequelas de PFP.

#### **3.2. Escopo**

A lesão do nervo facial, resulta em distúrbios no funcionamento dos músculos faciais e assimetrias, afetando funções primordiais para a comunicação não verbal como as expressões faciais, que são importantes componentes da comunicação

humana (DING et al; 2018; AZUMA, 2017). As sequelas podem afetar diretamente os aspectos psicológicos e emocionais do indivíduo, levando a um comportamento defensivo, podendo afetar a auto estima e levar ao isolamento social (QIDWAI; AJIMSHA, 2015).

A fisioterapia utiliza diversas estratégias que podem auxiliar na reabilitação da PFP, tendo como objetivo recuperar a harmonia e simetria facial e o bem-estar do paciente em relação ao seu rosto. Apesar dos tratamentos já estabelecidos na literatura promoverem efeitos positivos nos pacientes, as estratégias podem ser repetitivas, o que leva o paciente a desmotivação para continuar a terapia (SOUZA, FI. et al, 2015).

A tecnologia pode trazer diversos benefícios para a reabilitação dos pacientes com sequelas de PFP, sendo utilizada como um recurso auxiliar no momento da terapia, fornecendo importantes informações ao terapeuta e ao paciente facilitando o processo de reabilitação, esse é o caso da Realidade Aumentada (RA), que permite que o mundo virtual faça uma sobreposição de elementos gráficos no mundo real, obtendo grandes vantagens ao complementar a informação da imagem real, além de possibilitar maior interação, diversão, motivação e prazer no momento da terapia (MALBOS, et al, 2014).

A grande parte das pesquisas existentes baseia-se em julgamentos subjetivos na avaliação do grau da paralisia facial, podendo resultar em avaliações com baixa precisão e eficiência até mesmo em diagnósticos incorretos que vão interferir diretamente na forma de tratamento, por isso são necessárias abordagens mais precisas para oferecer melhores prognósticos e estratégias de reabilitação aos pacientes (XIE, et al 2018).

Com o avanço da interação homem-máquina tornou-se possível diminuir as barreiras entre os métodos humanos e computacionais por meio dos quais novas possibilidades e caminhos estão se abrindo para novas metodologias de tratamento (ANDERSON; ANNETT; BISCHOF; 2010). A redução de custos, as novas tecnologias e a modernização das ferramentas tornaram possível um maior impacto no campo da saúde, o que nos leva a acreditar em uma maneira melhor de tratar as sequelas da PFP. (TASNEEM, SHOME, HOSSAIN, 2014).

### **3.3. Questões de Pesquisa**

Para analisar os títulos obtidos durante a pesquisa, foi necessária a formulação das “Perguntas Conductoras”, que vão servir como um ponto norteador para que, quando as buscas pelo tema sejam iniciadas, encontrem-se respostas ao longo da revisão a fim de captar informações relevantes, que fundamentem o estudo em questão. Para o objeto deste trabalho foram realizados os seguintes questionamentos:

1. Quais os requisitos devem ser considerados para o desenvolvimento de um dispositivo de RA para auxílio na reabilitação de pacientes com sequelas causadas pela PFP?
2. Quais são as principais contribuições da engenharia para o desenvolvimento de dispositivos direcionados para pessoas com alterações dos músculos faciais?
3. Quais os métodos tecnológicos de reconhecimento das expressões faciais baseados em RA?
4. Quais os benefícios terapêuticos, decorrentes do desenvolvimento do dispositivo e sua aplicação, que serão proporcionadas no processo de reabilitação da PFP?

### **3.4. Bases de dados**

As bases de dados escolhidas para as pesquisas foram selecionadas por se tratarem das principais fontes de pesquisas nas áreas da saúde e de engenharias. Foram elas: IEEE, PMC, ACM, Pubmed, Science direct, Springer, e Bireme, as buscas dos estudos foram realizadas restringindo o período de publicação entre os anos de 2014 a 2019. A pesquisa dos artigos foi realizada entre os meses de janeiro de 2019 a dezembro de 2019. As palavras-chave utilizadas foram: reabilitação, realidade aumentada, jogos de vídeo, paralisia facial periférica e seus correlatos em inglês. Os descritores utilizados na busca seguiram a descrição dos termos MESH/DECS, sendo

eles: *Facial Paralysis, Augmented Reality e rehabilitation, Vídeo Games*. Para o cruzamento dos termos foram utilizados os operadores booleanos (AND e OR).

### **3.5. 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.

### **3.6. 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 (*Facial Paralysis*) AND (*Augmented reality OR Serious Games OR games*). Após a finalização das buscas, os arquivos foram filtrados para se adequarem ao objetivo do estudo.

### **3.7. Critérios de elegibilidade**

A seleção dos artigos foi realizada quando se tratavam de ensaios clínicos randomizados e estudos quase-experimentais, todos foram avaliados e validados. Dado o número maior de estudos abordando a RA como recurso terapêutico para a reabilitação da face, foram definidos como critérios de elegibilidade apenas os estudos que investigaram os efeitos da RA na reabilitação dos músculos da face. Quanto a população selecionada, foram inclusos estudos com indivíduos de ambos os gêneros, com idade entre 18 e 60 anos.

Foram excluídos da pesquisa estudos de caso, relato de caso, conferências, resumos de artigos publicados em anais de congressos e cartas ao editor. Foram excluídos também estudos em que os participantes apresentavam, outras doenças neurológicas que evoluem com déficits cognitivos, bem como outras formas de tratamento e testes que não incluíssem à RA e métodos de detecção facial.

Foi criada uma tabela com um padrão único para o preenchimento dos principais dados coletados dos artigos, 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 1 desenvolvida abrange os seguintes dados: autor, ano, objetivo, número de sujeitos, detalhamento da intervenção e resultados.

### **3.8. Procedimentos de seleção dos estudos**

As buscas nas bases de dados foram realizadas com o intuito de obter títulos, após a realização das buscas nas bases de dados utilizando a string e a aplicação de filtros, como: idioma da publicação, período de publicação e tipo da publicação, bem como a análise dos critérios de elegibilidade.

Foi realizada a etapa de remoção de duplicatas, que consiste na análise pelos softwares, que procuram por referências duplicadas na totalidade de títulos obtidos. Após a identificação de estudos duplicados, faz-se a exclusão e manteve-se apenas um título.

Na etapa de leitura de títulos foi realizada a leitura na íntegra de todos os metadados dos artigos selecionados, a fim de excluir todos os estudos e materiais que não estejam relacionados com o objetivo dessa pesquisa. Em seguida, foi lido na íntegra a introdução, e a conclusão do restante de artigos selecionados.

### **3.9. Elegibilidade e pontuação dos artigos**

Após analisar introdução e conclusão dos artigos, na penúltima etapa da RSL, resultaram 31 artigos em seu texto completo, onde é feito um ranking entre eles e novos filtros podem ser aplicados. Os filtros aqui foram mais criteriosos, pois a etapa final deve conter os trabalhos que serão analisados.

Os trabalhos foram classificados num ranking de escala de 0 a 5 de acordo com o conteúdo apresentado e a importância dos seus resultados. Trabalhos que apresentavam resumos simples; que não utilizavam RA e detecção facial em que a

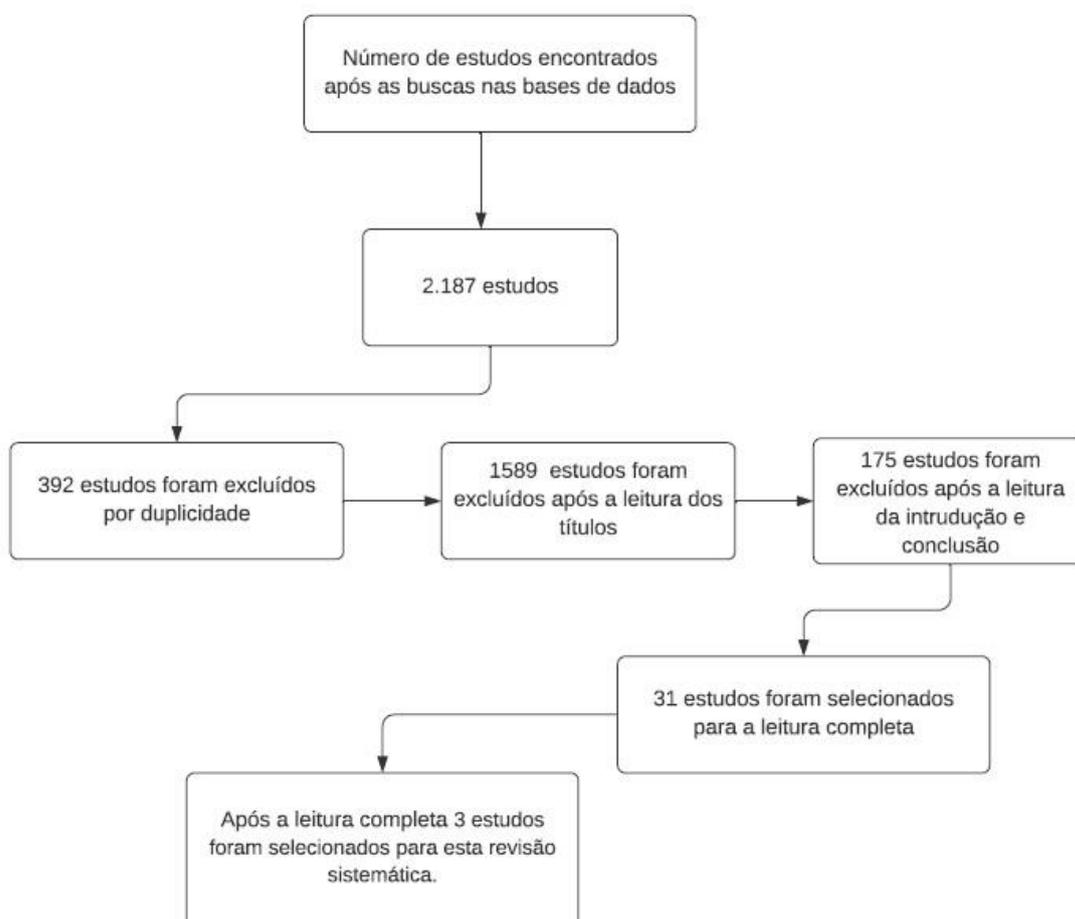
metodologia não era muito clara, foram classificados com notas entre 0 e 3, não foram incluídos no estudo final, porém foram muito importantes para este estudo

Após analisar introdução e conclusão dos artigos, na penúltima etapa da RSL, e após aplicar o ranking sobraram 3 artigos com nota 4 e 5 que foram considerados importantes para essa pesquisa.

### 3.10. Resultados e discussão

A busca nas bases de dados resultou em 2.187 estudos, dentre os quais 392 foram excluídos por duplicidade, 1.589 após a leitura do título, 175 pela leitura da introdução e conclusão e foram selecionados 31 estudos para leitura completa, após a mesma 28 estudos foram excluídos. Dessa forma, 3 estudos foram selecionados para esta revisão sistemática e estão apresentados na figura 5.

Figura 5- Fluxograma de captação dos dados do estudo



Fonte: Autora, 2020.

Os três estudos selecionados para essa revisão sistemática da literatura foram caracterizados de acordo com as variáveis analisadas, objetivos, número de participantes, intervenção ou testes e principais resultados, encontrados em cada estudo, conforme mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1-** Tema, objetivos, número (amostra), intervenção/teste e principais desfechos encontrados em cada estudo

<b>Autor/Ano</b>	<b>Tema</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Número</b>	<b>Intervenção/ Teste</b>	<b>Resultados</b>
Transon et al. (2017)	Avaliação das expressões faciais como um mecanismo de interação e seu impacto no afeto, carga de trabalho e usabilidade em um jogo de RA	Investigar as influencias das expressões faciais como um mecanismo de interação (ação-gatilho) e seu impacto no afeto, carga de trabalho e usabilidade em um jogo de RA.	Total: 29 G1: virar o cartão com um sorriso; G2: virar o cartão com uma expressão facial mais forte (careta); G3: virar os cartões com o botão de controle do Xbox.	Virar um elemento gráfico com 2 diferentes expressões faciais ou utilizando um botão controlador do Xbox para interagir com o sistema de RA.	Não foram observadas diferenças significativas entre o G1, G2 e G3 sobre o efeito positivo e negativo dos participantes, carga de trabalho relatada e usabilidade, destacando assim que as expressões faciais podem ser usados dentro de um display da mesma forma que um botão do controlador.
Li Ding et al. (2018)	Sistema de espelhamento facial baseado em tecnologia de visão computacional que fornece terapia de espelho para pacientes com paralisia de Bell.	Avaliar a viabilidade de um novo sistema de espelhamento facial e os efeitos na incorporação facial em pacientes com P de Bell, em comparação com a terapia convencional com uso do livro espelho	Total: 36 pacientes com Paralisia de Bell.	Os pacientes recrutados realizaram atividades de terapia (redefinição, expressão facial e enunciação) tanto no livro espelho quanto no sistema de espelhamento, ambos foram utilizados separadamente e aleatoriamente. Após cada tarefa, os pacientes responderam um	Os dados dos questionários mostraram que o sistema de espelhamento teve uma melhor experiência do usuário e percepção da corporificação facial em comparação com o uso do livro espelho. Uma estratégia superior para facilitar a incorporação facial.

					questionário sobre a usabilidade do sistema.	
Siena et al. (2018)	Utilizando a câmera Intel RealSense's para medir resultados de saúde em pesquisas clínicas.	Analisar a tecnologia Intel RealSense's sobre suas capacidades técnicas e discutir sua aplicação à pesquisa clínica.	21	estudos voltados para a pesquisa clínica.	Este artigo de revisão analisa a tecnologia Intel RealSense's e suas capacidades técnicas, discutindo sua aplicação à pesquisa clínica e inclui exemplos em câmeras Intel RealSense foi usada para a medição de resultados de pesquisas clínicas em saúde.	O sistema Intel RealSense pode ser visto como uma alternativa comparável, se não superior, ao Microsoft Kinect devido à sua digitalização 3D, reconhecimento facial e recursos de reconhecimento de gestos com as mãos e, portanto, é considerada uma tecnologia adequada para pesquisa e desenvolvimento no setor de saúde.

Fonte: Acervo do autor, 2019.

De modo geral, os estudos avaliaram a interação com sistemas computacionais a partir da detecção facial e uso das expressões faciais como mecanismo de interface de entrada para sistemas de computador. Foi observado que a RA serve como uma estratégia para o tratamento da face interagindo por meio de expressões faciais com os sistemas computacionais, podendo se tornar uma alternativa a reabilitação.

Transon et al. (2017) examinaram a interação com os sistemas computacionais através das expressões faciais como mecanismos de entrada. O estudo foi composto por 29 voluntários, sendo vinte e oito homens e sete mulheres com idade entre 21 e 30 anos. O principal objetivo do estudo foi investigar a influência das expressões faciais como um mecanismo de interação (ação-gatilho) e seu impacto no afeto, carga de trabalho e usabilidade utilizando um jogo. Foi desenvolvido um cartão de jogo da memória baseado em RA.

Os voluntários foram divididos em 3 grupos distintos: G1: os indivíduos desse grupo viravam o cartão do jogo da memória partir de um sorriso, já no G2 os indivíduos

viravam o cartão do jogo da memória com uma expressão facial mais forte, como uma careta, e no caso do G3 os participantes viravam os cartões pressionando normalmente o botão de controle do Xbox.

Os usuários selecionam os cartões virtuais usando uma varinha. Os participantes utilizavam o dispositivo AffectiveWear embutido no Oculus Rift DK2. O AffectiveWear trata-se de 16 sensores fotográficos e um sistema de reconhecimento baseado em aprendizado de máquina que pode detectar expressões faciais medindo a distância entre os sensores e a superfície da pele do rosto do usuário. No caso desse estudo os sensores da tecnologia AffectiveWear foram embutidos no óculos Rift DK2 que é um óculos que incorpora técnicas de realidade virtual e aumentada.

A interface de entrada dessa aplicação é classificada como controle de gatilho de ação, onde o aplicativo reage às expressões faciais de um determinado usuário. Nesse estudo foram relatados alguns problemas como o uso do óculos Rift DK2, que pode limitar a execução das expressões. Outro ponto é que os sensores podem identificar movimentações que não fazem parte das expressões utilizadas para mover as cartas (sorriso e careta), devido ao estresse ou prazer, os participantes podem inconscientemente realizar expressões faciais que podem ser detectados como entradas.

Alguns participantes também relataram que por terem problemas de visão, para enxergar os cartões estreitaram os olhos, porém isto induzia os sensores a reconhecer a expressão de raiva, pela semelhança dos movimentos, gerando falsos positivos que por vezes viravam as cartas fora do sentido do jogo. Outros participantes relataram que o peso do óculos junto com o número de repetições das expressões faciais tornam a interação cansativa e dolorosa, o que motivou a indicação do uso apenas por um curto período de tempo.

O estudo constatou que não houve diferença significativa entre o estado emocional dos usuários ao utilizar as expressões faciais ou o botão do controle Xbox para interagir com o sistema. Também não houve diferença na carga de trabalho e usabilidade relatadas. Destacando assim que as expressões faciais podem ser usadas dentro de um display da mesma forma que um botão do controlador. O estudo menciona também que é de grande relevância estudar a influência das expressões faciais no estado emocional dos usuários e sua usabilidade utilizado como mecanismo de entrada para sistemas computacionais, não é apenas relevante para o campo da

RV ou RA, mas também pode ser benéfico para a terapia facial, como nos casos de paralisia facial que requer exercícios faciais de fisioterapia.

A paralisia de Bell é a causa mais comum de fraqueza facial periférica que atinge um único lado da face, e na maioria das vezes se recupera espontaneamente em 6 meses. Porém aproximadamente 30% dos pacientes sem tratamentos adequados podem sofrer com sequelas permanentes na face, afetando a saúde física e psicológica do indivíduo interferindo diretamente na expressão das emoções e funções. Com o objetivo de avaliar a viabilidade de um novo sistema de espelhamento facial e os efeitos na incorporação facial em pacientes com Paralisia de Bell, comparado com o uso da terapia convencional através de um livro espelho, Li Ding e colaboradores (2017), realizaram um estudo composto por 36 pacientes diagnosticados com paralisia de Bell.

Os pacientes envolvidos nesse estudo foram avaliados com o auxílio das escalas Sunnybrook e House-Brackmann, e tinham idade entre 18 e 75 anos. Cada paciente realizou 3 tarefas utilizando o livro espelho e o sistema de espelhamento computacional ambos foram utilizados separadamente e aleatoriamente com um intervalo de 30 minutos, as tarefas eram divididas entre redefinição (durante o repouso olhar para o espelho e mergulhar na ilusão que o rosto estava simétrico durante 15 minutos), expressões faciais (enrugar o nariz, fazer bico, soprar enchendo as bochechas, enrugar a testa e sorriso de boca aberta, que se repetiam 10 vezes) e enunciação de palavras (“uma”, “você”, “e” e “z” durante 3 - 5 segundos, que foi repetido 10 vezes). As três tarefas estavam em uma ordem aleatória com um intervalo de 15 minutos entre cada tarefa.

Os pesquisadores utilizaram um aparelho customizado com o sistema de espelhamento facial, que foi usado para apresentar feedback visual de espelho. No momento do uso os pacientes ficaram sentados em frente a um Laptop integrado com webcam de 13,3 polegadas, olhe para a tela e ajuste posição ou altura do assento para obter uma imagem facial ideal. O lado não paralisado do rosto seria usado como um modelo e reproduzido para o outro lado, para que os pacientes visualizassem uma imagem facial simétrica ao realizar as atividades.

O sistema de espelhamento facial utilizou tecnologias de visão computacional para criar a ilusão de um rosto simétrico e sem as alterações da paralisia facial de Bell, espelhando o lado não afetado para o lado afetado, assim foram utilizadas estratégias de rastreamento facial e técnica de espelhamento, onde o rosto foi

espelhado de acordo com o eixo central (a linha ao longo do nariz). A partir desse eixo central a face lateral normal foi virada para o lado afetado remetendo a ilusão do rosto sem alterações, trazendo como benefícios para as aparências faciais sem modificação da iluminação e características faciais visuais, que devem parecer mais realistas do que o espelhamento a partir do livro espelho.

A experiência dos usuários foi medida por meio de questionários, onde vinte e cinco pacientes afirmaram que preferiam usar o sistema de espelhamento facial como alternativa a terapia espelho. O sistema mostrou pontuações de classificação significativamente altas para os quesitos de utilidade, usabilidade, estética visual, emoções positivas, interação e avaliação geral, em comparação com a livro espelho.

A partir dessas informações os autores concluíram que o estudo fornece as evidências de que o aparelho pode ser uma configuração viável e adequado para a terapia espelho em pacientes com paralisia de Bell do ponto de vista da experiência do usuário e incorporação facial. O presente estudo demonstra, em primeiro lugar, o efeito da combinação de feedbacks sensoriais no aumento incorporação facial; além disso, também mostra que o feedback auditivo pareado de fala combinando feedback visuo-auditivo é uma estratégia superior para facilitar a incorporação facial na clínica, uma vez que as tarefas motoras pareadas de fala têm potencial considerável para facilitar a incorporação facial.

Os aplicativos que utilizam tecnologias de câmera 3D para a medição de resultados de saúde a partir de pesquisas clínicas vem se expandindo com o passar do tempo, uma das áreas de maior destaque é a produção de soluções interativas para reabilitação que incluem rastreamento facial e análise da marcha. Foi pensando nessas questões que Siena et al (2018), realizaram uma revisão sobre o uso da câmera Intel RealSense nas pesquisas clínicas, com o objetivo de analisar as capacidades técnicas e discutir sua aplicação na área da saúde, incluindo exemplos em que a câmera Intel RealSense foi utilizada para a medição de resultados de saúde.

O uso de tecnologia de captura de movimento pode servir para avaliar ou estimular o movimento na área de reabilitação, visando fornecer um ambiente envolvente através do qual se pode obter um regime regular de exercícios, permitindo feedback do paciente e a correção para garantir que os exercícios sejam realizados corretamente. O uso de tecnologias a partir do acompanhamento com câmeras pode ser favorável permitindo a avaliação remota e o ajuste dos regimes de exercícios aumentando a possibilidade de acompanhamento por tele-atendimento.

O estudo mostra que a tecnologia de câmera 3D tem características como viabilidade e de baixo custo, podendo fornecer um meio de coletar dados objetivos sendo utilizada em grandes ensaios clínicos realizados na avaliação e intervenção de diversas patologias, que podem incluir por exemplo a: avaliação da marcha e do movimento dos membros superiores e extremidades (nos pacientes com AVC), testes de destreza manual (nos pacientes com esclerose múltipla), na caminhada, postura e teste de equilíbrio (nos pacientes com doença de Parkinson), nas expressões faciais nos casos de PFP) dentre outras.

A câmera Intel® RealSense utiliza uma variedade de tecnologias de detecção para obter percepção de profundidade, imagens 3D, como também o mapeamento de interiores e rastreamento de recursos. E pode ser utilizada em uma variedade de cenários como a realidade virtual, realidade aumentada, desenvolvimento de visão robótica, digitalização e rastreamento 3D, entre outros. As câmeras desenvolvidas pela Intel podem ser integradas em uma variedade de plataformas incluindo notebooks, sistemas de câmeras externas, smartphones e tablets.

Sobre o rastreamento facial, o sistema de câmeras Intel tem a capacidade de rastrear em 3D até 78 pontos de referência faciais que podem apoiar a criação de avatar, reconhecimento de emoção e animação facial e também pode detectar a orientação da cabeça ao longo dos eixos 3D para guinada, inclinação e rotação. A gama de câmeras Intel RealSense pode oferecer maior resolução e taxas de amostragem em comparação com alguns dos líderes de mercado atuais, incluindo o Microsoft Kinect 2.0. A maior resolução e taxa de amostragem oferecem vantagens ao rastrear movimentos finos ou rápidos.

Com base nas avaliações feitas a partir das pesquisas clínicas contidas nessa revisão, os autores concluíram que a Intel RealSense tem um potencial considerável para soluções e plataformas de pesquisas clínicas, pois sua versatilidade permite a integração em uma variedade de plataformas, permanecendo como uma solução de baixo custo. Eles também destacam que o sistema Intel RealSense pode ser visto como uma alternativa comparável, se não superior, ao Microsoft Kinect devido à sua digitalização 3D, reconhecimento facial e recursos de reconhecimento de gestos com as mãos e, portanto, é considerada uma tecnologia adequada para pesquisa e desenvolvimento no setor de saúde.

### **3.11 Proposta de solução**

Embasada pela literatura que aponta alguns benefícios da interação com os sistemas computacionais através das expressões faciais como mecanismos de entrada e ambiente de RA em indivíduos com défices advindos da PFP, propõe-se o desenvolvimento de um protótipo de uma interface homem-máquina, utilizando recursos de RA e EMG a fim de auxiliar a reabilitação das funções motoras da face em indivíduos com PFP.

O objetivo é que essa interface seja direcionada para esse público e leve em consideração aspectos específicos da reabilitação da PFP. A interface é capaz de fornecer ao usuário um *feedback* visual e auditivo, durante a atividade funcional realizada em tempo real, dessa forma, motivando-o a cada vez mais praticar a atividade e aperfeiçoa-la a partir da interação. Será possível também calibrar e avaliar periodicamente a evolução do paciente a partir do armazenamento de dados para análise posterior.

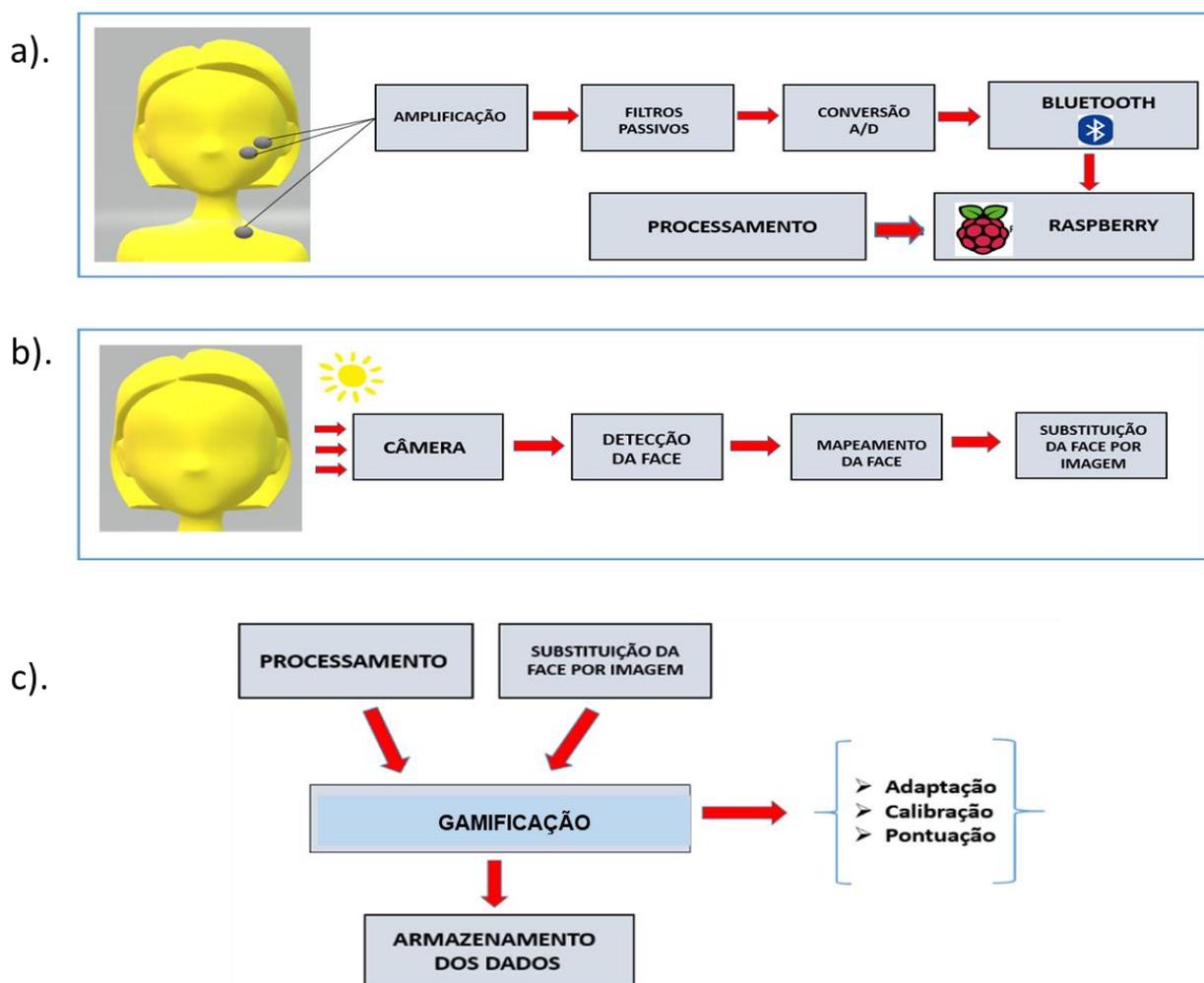
## 4. METODOLOGIA

A metodologia dessa pesquisa foi dividida em etapas para fornecer um melhor entendimento sobre todos os procedimentos que foram realizados. A Figura 6 apresenta todas as etapas correspondentes ao desenvolvimento do trabalho, onde:

- Figura 6a pode-se observar o fluxo da aquisição do sinal de EMG, os eletrodos de superfície conduzem o sinal que logo após é amplificado por um amplificador de instrumentação (para cada canal). Esse sinal passa por um sistema de filtros para retirada das frequências indesejadas, passa por um conversor analógico para digital para ser posteriormente processado, esse sinal digital é transmitido sem fio por protocolo bluetooth para o sistema de software do microcomputador Raspberry Pi 3.
- Na figura 6b, a imagem é captada pela câmera após isso, é feito o mapeamento e detecção dos pontos faciais relacionados aos olhos e boca, e através desse mapeamento é feita a substituição da face na posição central por um avatar do gênero escolhido pelo participante.

- Já a figura 6c é apresentado a junção dos do processamento que ocorre no sinal de EMG e na câmera para o processo de gamificação e armazenamento dos dados.

Figura 6- Sistema de aquisição, processamento, captação e substituição da imagem



Fonte: autora, 2020.

## 4.1. Desenho do Estudo 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 Escola de Saúde da UNISÃOMIGUEL, localizada na Avenida Beberibe, 404, Encruzilhada, Recife - PE, CEP, 52081-430.

## **4.2. Procedimentos das etapas dos estudos**

A presente pesquisa foi realizada em quatro etapas. A primeira etapa através de um estudo piloto caracterizar os músculos da face identificando a faixa de frequência para adaptação dos filtros do amplificador de EMG e a os pontos de colocação dos 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. A etapa final foi dedicada à interpretação dos resultados obtidos através do System Usability Scale.

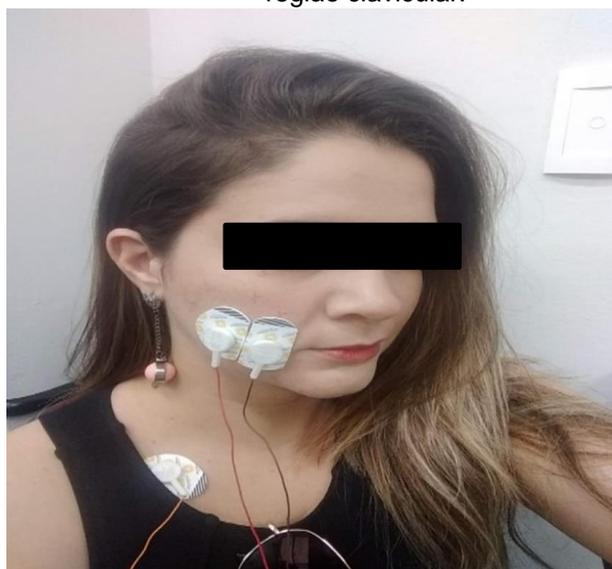
### **4.2.1. Primeira etapa: estudo piloto**

Foi realizado um estudo piloto para analisar a atividade eletromiográfica dos músculos da face envolvidos no fechamento ocular (orbicular do olho) e nas variações do sorriso (risório e zigomático). As coletas foram feitas em 10 indivíduos, voluntários, participantes que pertencem ao grupo de pesquisa em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco (GPEB-UFPE), todos saudáveis, sendo 5 do sexo feminino e 5 do sexo masculino com idades entre 23 e 36 anos. Com o intuito de encontrar as frequências máximas e mínimas de cada musculatura e para definir quais os filtros serão utilizados no equipamento final de EMG.

Foi utilizado uma placa de EMG de 1 canal com a faixa de frequência de 1 a 500Hz, um osciloscópio, da marca Tectronics TBS 1072B para apresentar os o sinal de EMG e por fim foi armazenado o arquivo e utilizado para a análise dos dados em ambiente de processamento matemático.

No início, os participantes receberam orientações sobre as aquisições propostas e sobre as ferramentas utilizadas nesta pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os eletrodos de superfície utilizados foram bipolares, passivos e descartáveis, eles foram cortados para um melhor posicionamento. Antes de fixar os eletrodos na pele do participante foi realizada a limpeza da pele com o álcool 70%, e quando necessário a tricotomia dos pelos da face. Os eletrodos foram colocados nos músculos faciais da hemiface direita, posicionados nos músculos orbicular do olho, risório e zigomático, paralelamente às fibras musculares e separados entre si por. Já o eletrodo de referência ficou posicionado na região escapular (figura 7).

Figura 7- Eletrodos posicionados no musculo risório e eletrodo de referência posicionado na região clavicular.



Fonte: arcevo da autora, 2020.

Os voluntários realizaram o seguinte protocolo para aquisição do sinal de EMG: com os eletrodos de superfície colocados na face em um músculo por vez foram realizadas 3 aquisições em repouso e 3 aquisições em ativação no momento da contração máxima. Foi solicitado que os participantes fizessem uma contração máxima mantida por 8 segundos, seguida de 16 segundos de descanso (Adaptado do protocolo de Bernardes, 2008)

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

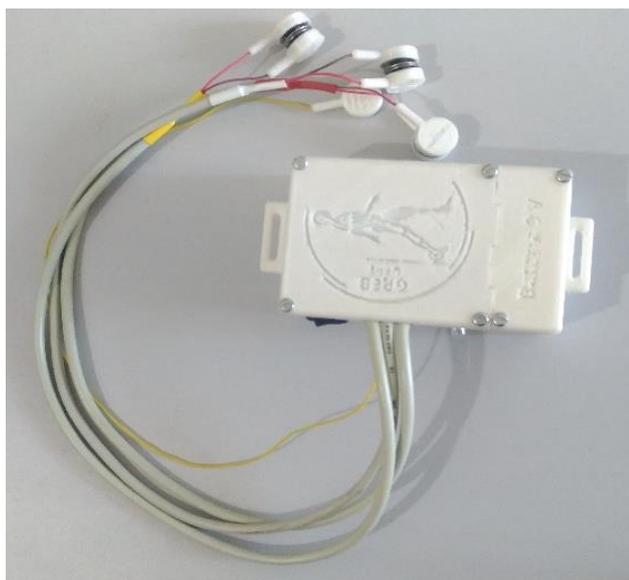
Fourier para converter os sinais do domínio do tempo para o domínio da frequência. Com isso foi realizada a análise da frequência e obtida a faixa de frequência ideal para a aplicação no grupamento muscular específico. Para o processamento dos sinais foi utilizado um ambiente de programação de cálculos matemáticos de uso geral.

#### **4.2.2. Desenvolvimento do instrumento eletrônico para a aquisição de eletromiografia.**

O equipamento desenvolvido é composto por uma placa de eletromiografia de superfície de três canais que foi desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco GPEB-UFPE. O *hardware* desse equipamento é composto por um microcontrolador MSP430G2553 da Texas Instruments uma placa de baixo custo. Esse microcontrolador contém 16KB de memória flash e 512B de memória RAM e funciona em 16MHz e apresenta um conversor A/D de 10 bits, que foi utilizado com faixa de tensão de aquisição entre 0 e 3.3 volts. Dentre as principais características desta placa de desenvolvimento, pode-se citar o baixo consumo de energia, permitindo o uso de baterias por longos períodos.

Os 3 canais de EMG, contém filtros e amplificadores, pode-se observar o equipamento final na figura 8

Figura 8- Instrumento eletrônico para aquisição de EMG



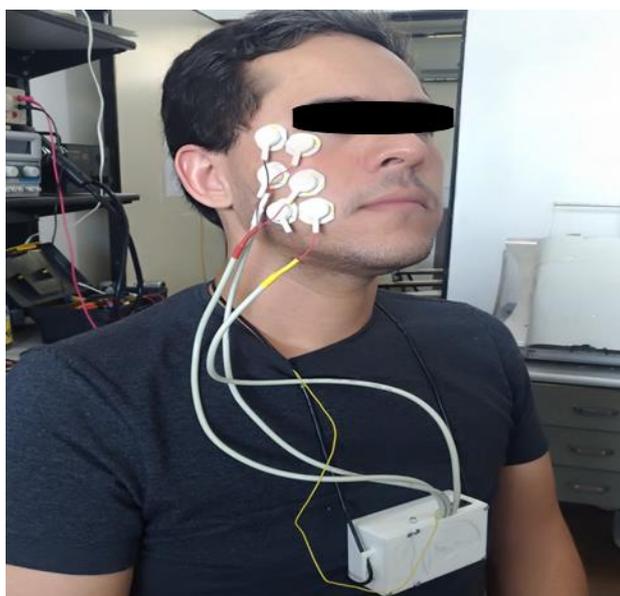
Fonte: arcevo da autora, 2020.

Ao final foi realizada a transmissão de dados sem fio para o computador utilizando um dispositivo de comunicação Bluetooth, protocolo Bluetooth 2.0. Este tipo de protocolo trabalha com alcance máximo 50 metros, dependendo da potência utilizada. A alimentação do equipamento é realizada por baterias 9 volts, sem nenhum contato com a rede elétrica, eliminando o risco de choque elétrico.

A caixa personalizada foi desenvolvida no Laboratório Homem-Máquina da UFPE, em uma impressora 3D para acomodar e proteger o sistema embarcado, contendo três saídas para os canais de EMG e uma para o eletrodo de referência único para todos os canais, um espaço específico para a bateria, apresentando as seguintes especificações: altura: 12cm, largura: 6,5 cm, profundidade: 5 cm e peso: 197 gramas, como ilustrado na Figura 8

Para o seu funcionamento os eletrodos são posicionados nos músculos da face, o registro é filtrado e amplificado, após é processado pelo microcontrolador. O equipamento foi posicionado na região peitoral do indivíduo, preso por uma faixa no pescoço e os eletrodos serão fixados nos músculos da face: Orbicular do olho, risório e zigomático, o eletrodo de referência será posicionado na região clavicular do mesmo lado como podemos observar na figura 9.

Figura 9. Posicionamento do equipamento e dos eletrodos.



Fonte: acervo da autora, 2020.

A identificação dos músculos risório, zigomático e orbicular do olho foi realizada através da palpação durante momentos de repouso e contração máxima. Foi

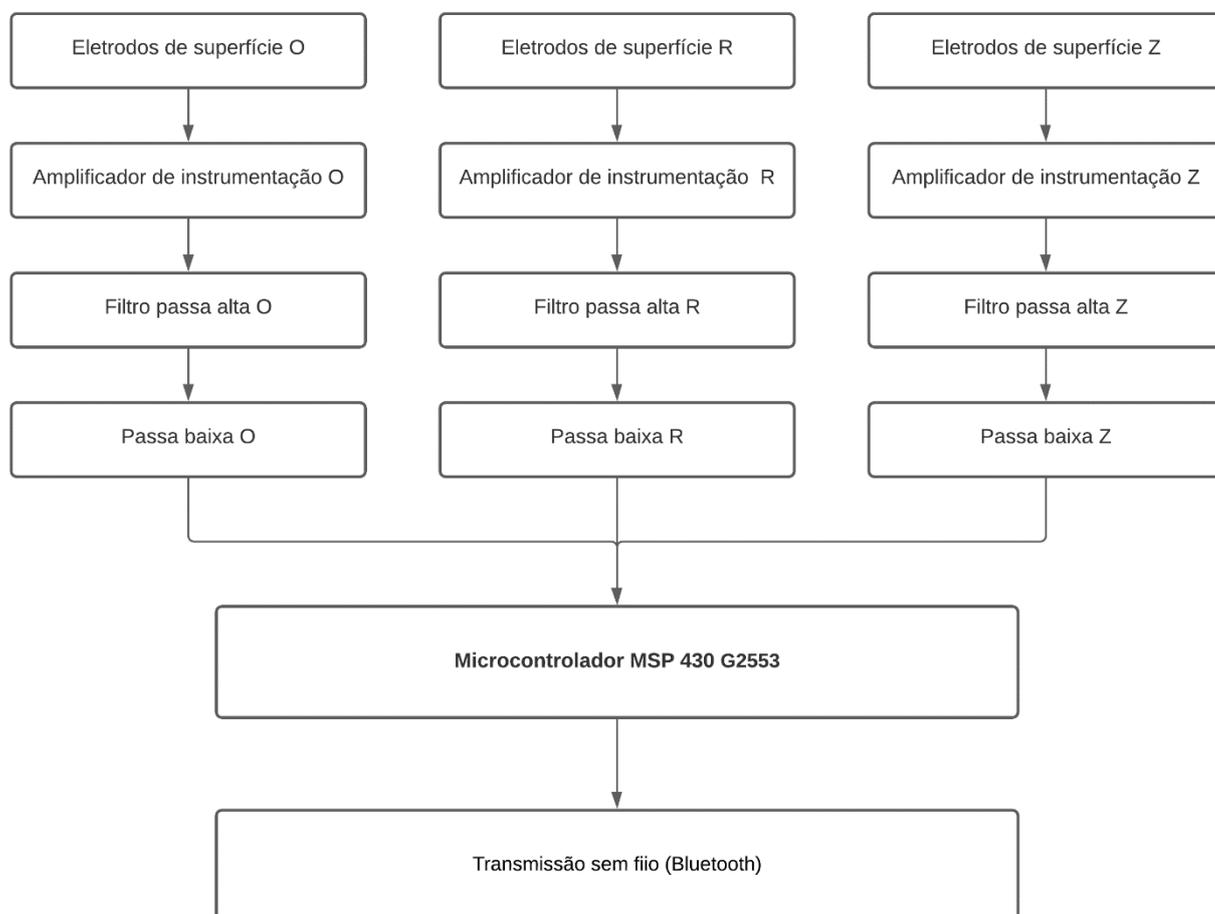
solicitada a realização de um sorriso social e um sorriso com a máxima amplitude por meio do participante, assim como o fechamento ocular com máxima contração. Após essa etapa, a função muscular foi testada para a verificação de possíveis erros de posicionamento e quando necessário, realizada a colocação de novos eletrodos de superfície.

### **4.2.3. Filtros e amplificadores do hardware**

O hardware foi desenvolvido para realizar a aquisição de 3 EMG de músculos distintos: orbicular do olho, risório e zigomático. Como esperado as características desses músculos são distintas apresentando diferentes faixas de frequência e ganhos distintos, conforme identificado no estudo piloto.

Com isso, para o estudo do músculo zigomático foi utilizado ganho de 568 vezes o sinal, e, filtros passa alta de 20 e filtro passa baixa de 130. Para o estudo do músculo orbicular do olho foi utilizado ganho de 576 vezes o sinal, e, filtros passa alta de 25 e filtro passa baixa de 230. Para o estudo do músculo risório foram utilizados ganhos de 584 vezes o sinal, e, filtros passa alta de 15 e filtro passa baixa de 150. A Figura 10 demonstra o digrama de bloco do esquemático do hardware de acordo com as informações listadas no texto.

Figura 10- Diagrama de blocos de esquemático do hardware (O- orbicular, R- risório, Z- zigomático).



Fonte: Autora, 2020.

Para melhor entendimento o funcionamento do hardware pode ser simplificado nas seguintes etapas: o sinal é captado pelos eletrodos posicionados nos músculos e chegando ao eletromiógrafo, esses são condicionados, de forma a ficarem aptos para a conversão A/D no microcontrolador. Após os sinais serem convertidos, os mesmos são enviados via bluetooth.

#### 4.2.4. Segunda etapa: desenvolvimento do firmware:

O firmware é a lista de comandos que o hardware deve realizar para executar as funções necessárias para o controle do sistema. Esse firmware foi desenvolvido no

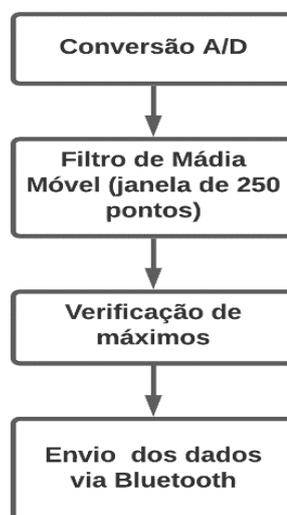
ambiente de programação chamado Code Composer Studio (CCS), software padrão da Texas Instruments para microcontroladores da família MSP-430.

O firmware desse equipamento faz a captura do sinal de EMG, convertendo o analógico proveniente das placas amplificadores para digital, além da aquisição é realizado o processamento digital do sinal através de um filtro média móvel, com janela de 250 pontos de acordo com a Equação 1. Durante o uso do filtro de média móvel são verificados 16 máximos a cada segundo para avaliação de ativação muscular, os mesmos são enviados para o computador através da comunicação bluetooth como pode-se observar na Figura 11. Essas medidas foram tomadas para reduzir o custo computacional da Raspberry, recebendo os dados do EMG já pré-processados. Quanto ao envio de dados para o software, este não é realizado de forma contínua, onde o o bluetooth entra em modo de repouso reduzindo assim o consumo de energia, aumentando a vida útil da bateria que possui autonomia de aproximadamente 3 horas.

Equação 1: Media Móvel

$$f(n) = \frac{1}{N} \sum_{i=-0}^{N-1} x(n-i); \text{ onde } N = 250 \text{ e } n \geq 0$$

Figura 11 – Diagrama de bloco do esquemático de firmware do equipamento



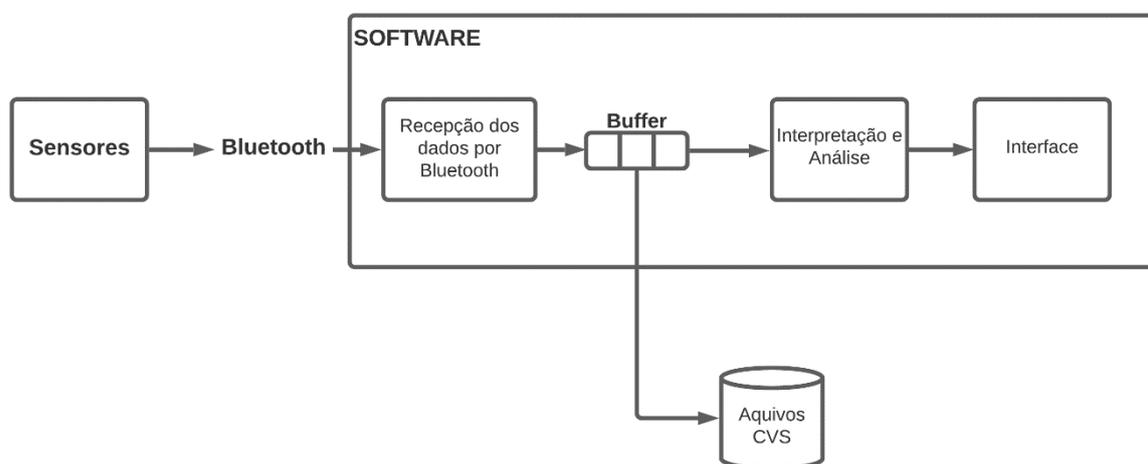
Fonte: autora, 2020.

#### 4.2.5. Segunda etapa: desenvolvimento do software.

O desenvolvimento do software, para o computador, contou com união de 3 subsistemas, um sistema para recepção via bluetooth, um de interpretação e análise de dados, e uma interface de visualização dos dados em formato de tabela.

O sinal medido pelo hardware é enviado para o software por meio do protocolo Bluetooth, em seguida, os dados são armazenados em um vetor serial e seus valores são analisados para interagir com a imagem, de forma a realizar o controle da interface. Na Figura 12 é ilustrada a visão geral dos sistemas.

Figura 12- Visão geral do sistema.



Fonte: Autora, 2020.

O sistema de recepção de dados foi desenvolvido com base no protocolo bluetooth 2.0, desta forma, precisar ser antes pareado com o sistema operacional, de tal forma a gerar uma porta serial virtual, esta porta é aberta pelo software e então é estabelecida a comunicação entre o hardware e o software. Após isso, os dados são verificados e enviado para o buffer e do buffer são armazenados em extensão CSV e entregues ao bloco de interpretação e análises dos dados presentes no software. Para a padronização das mensagens foi desenvolvido um protocolo que segue um formato de mensagem específico executado pelo sistema de recepção. O formato do pacote de dados é composto por: dois primeiros bytes correspondente aos flags de início, que representam o início do envio de uma medição feita pelos sensores em um determinado momento no tempo. Logo após os flags são enviados os dados de EMG

de cada canal de forma sequencial divididos em dois bytes, o primeiro representando os bits mais significativos e o segundo representando os bits menos significativos, como ilustra a Figura 13.

Figura 13 – Formato do pacote de dados

Flag 1	Flag 2	Byte mais significativo EMG 1	Byte menos significativo EMG 1	Byte mais significativo EMG 2	Byte menos significativo EMG 2	Byte mais significativo EMG 3	Byte menos significativo EMG 3
--------	--------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------

Pacote de dados

Fonte: autora, 2020.

#### 4.2.6. Sistema de Realidade aumentada

Para o desenvolvimento do sistema de realidade aumentada utilizou-se um sistema composto pela placa Raspberry Pi3 B, que é um microcomputador de placa única e de tamanho reduzido, e também foi utilizada uma Raspiberry Pi câmera IRV2, conforme Figura 14.

Figura 14- A direita encontra-se a Placa Raspberry Pi3 B+ e a esquerda encontra-se a

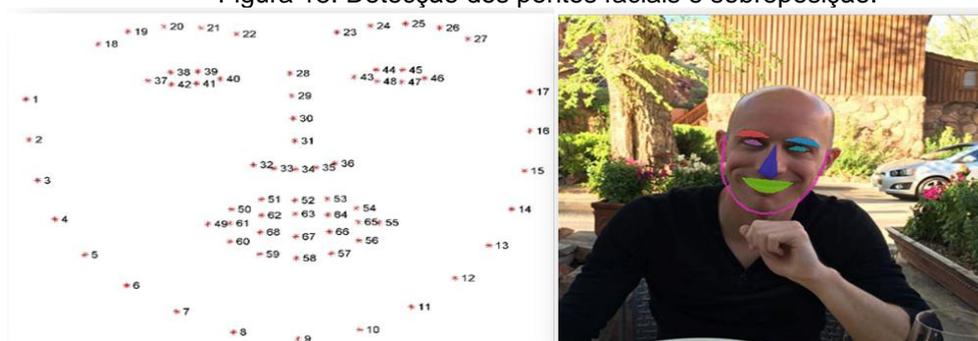


Fonte: Autora, 2020.

A câmera IRV 2 que foi adotada para esse estudo possui as seguintes características: ótima qualidade da imagem, assim como não dependê de iluminação, por ser uma câmera infravermelho, além de ser nativa ao microcomputador escolhido. Essas características melhoram a qualidade do processo de detecção da face, uma vez que o componente de iluminação não interfere nos resultados e, também, em relação ao fato da redução de custo de memória pela câmera ser nativa.

Para o desenvolvimento do ambiente de RA, o software utilizou as bibliotecas de visão computacional e aprendizado de máquina de código aberto da Dlib e OpenCV, que podem ser programadas a partir de linguagens C++, Python, Java e MATLAB, sendo suportadas pelos sistemas operacionais Windows, Linux, Android e Mac OS (Raspberry.org). Utilizando essas bibliotecas e um arquivo de pontos de mapeamento da face pode ser realizada a detecção dos pontos de referência faciais no rosto do usuário, detectando as regiões importantes da face, incluindo olhos, sobrancelhas, nariz, orelhas e boca, conforme figura 15, através desse mapeamento é realizado a substituição da face na posição central por um elemento gráfico (Rosebrock A, 2017).

Figura 15. Detecção dos pontos faciais e sobreposição.



Fonte: adaptada de Rosebrock A, 2017.

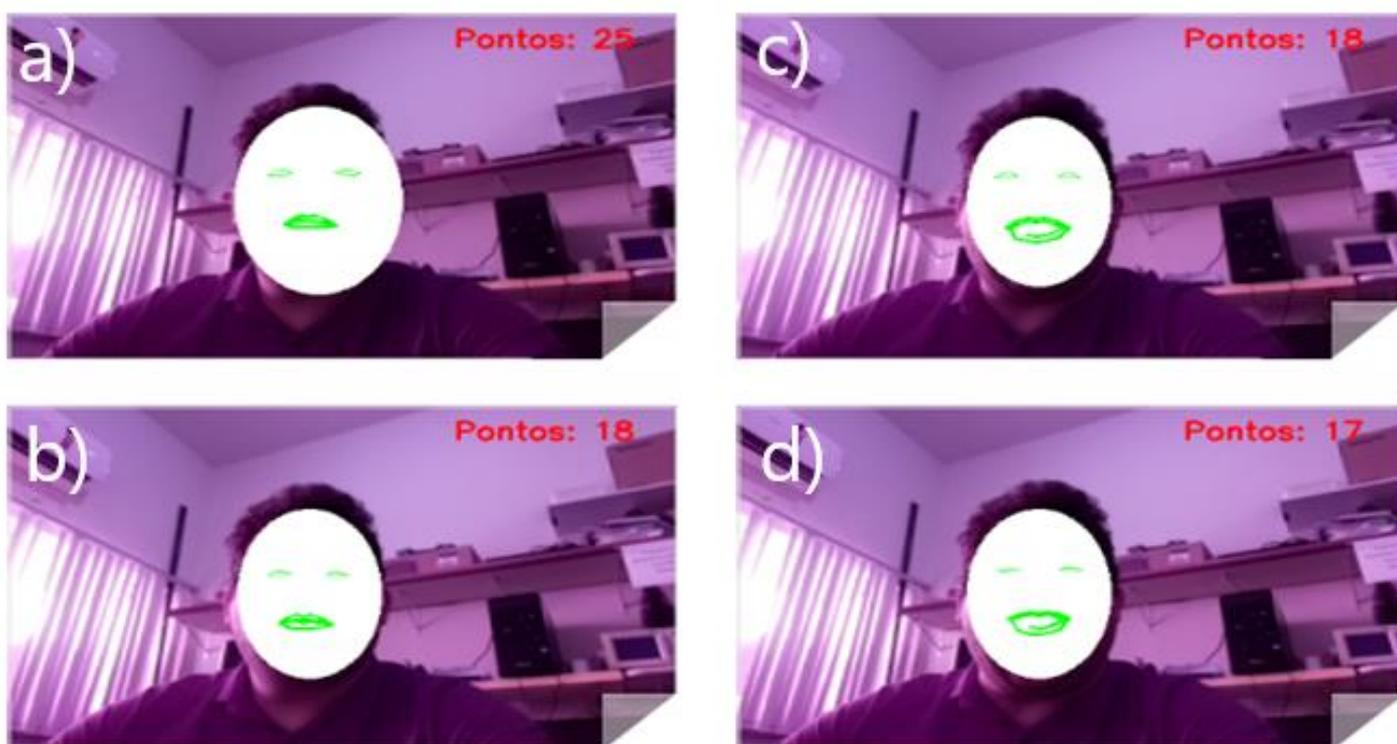
Na imagem acima observa-se a visualização de cada um dos 68 pontos de coordenadas facial e também cada região do marco facial sobreposto na imagem original. Apesar do ambiente de RA ter sido utilizado na Raspberry, vale ressaltar que o ambiente de RA pode ser reproduzido a partir de um sistema computacional comum, e uma câmera de alta resolução, desde que a referida programação esteja instalada possibilitando, desta forma, o uso desse sistema.

#### 4.2.7. Sobreposição da face por imagem: primeira versão.

Pode-se observar na Figura 16 os primeiros testes realizados utilizando a detecção dos pontos da região do olho e boca para identificação do sorriso e abertura e fechamento ocular. Essa imagem demonstra a primeira versão do sistema ainda sem os elementos de gamificação, interação com o EMG e personalização. Na letra a) pode-se observar a face em repouso, com boca fechada e olhos abertos, na letra b) pode-se observar o olho fechado e a boca fechada, nas letras c) e d) observa-se as variações do sorriso largo.

Nesta primeira versão, no ambiente de RA foi indicado o lado do rosto que sofre paralisia, e na tela do computador, para o paciente, é exibido apenas o contorno de seu rosto com espelhamento do lado que não é afetada pela paralisia. Com o intuito de que o paciente não veja a assimetria facial que relatam como aspecto negativo ao se olhar no espelho, tanto no dia a dia (SILVA 2011), quanto no momento da terapia convencional. Nesse sistema as expressões faciais servem como interface para o sistema computacional.

Figura 16- Primeiros testes de detecção facial e sobreposição da face com a figura.

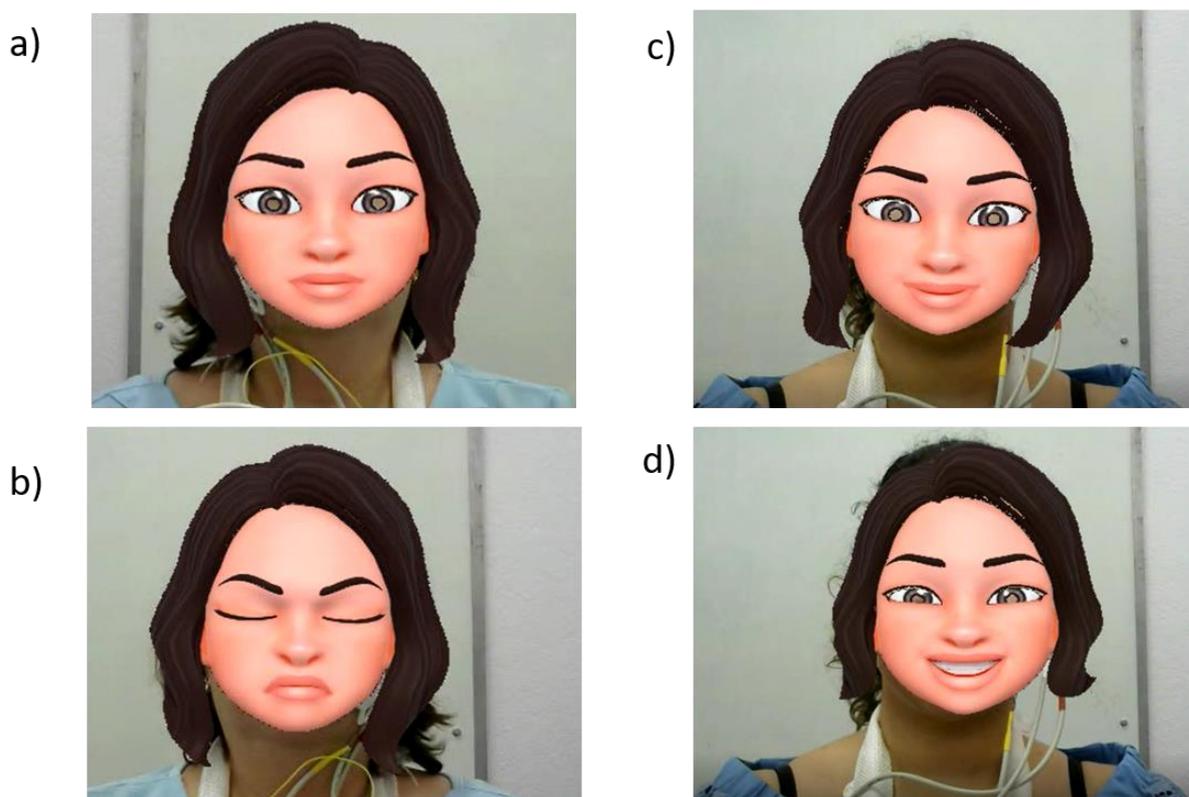


Fonte: autora, 2020

#### 4.2.8. Sobreposição da face por imagem: segunda versão.

A Figura 17 apresenta a segunda versão do sistema já a sobreposição da face feita com um avatar, realizada através da interação com o sinal de EMG junto com os dados da face captados pela análise da imagem. Na letra a) pode-se observar a face em repouso, com boca fechada e olhos abertos, na letra b) pode-se observar o olho fechado e a boca fechada, nas letra c) e d) observa-se variações do sorriso entre mínimo e largo.

Figura 17- Sobreposição de face por um avatar



Fonte: acervo da autora, 2020.

#### 4.2.9. Desenvolvimento do Jogo

Para o desenvolvimento do jogo em ambiente de RA, foi utilizada a linguagem Python, com interface de usuário, Kivy Language, que permite que o mesmo software seja construído em sistemas operacionais como Windows, Linux, iOS e Android, através da ferramenta buildozer da linguagem Kivy. Entre as bibliotecas utilizadas pelo sistema, destacam-se as de visão computacional e aprendizado de máquina de código aberto Dlib, OpenCV e imutils, estas foram importantes para o desenvolvimento das tarefas de aquisição, tratamento e análise dos vídeos, obtendo os parâmetros da face.

Os parâmetros da face como abertura de olhos e abertura da boca foram obtidos através do cálculo da distância euclidiana observado na Equação 2, com a análise dos pixels da imagem que correspondem os pontos referentes ao conjunto dos olhos e da boca. Na Figura 18 é ilustrado os pontos característicos da face que são demarcados na imagem, de posse da imagem e do posicionamento destes pontos, é determinado quais pixels correspondem aos olhos e a boca. No exemplo é calculado a distância entre os pontos destacados em vermelho (1, 5), (2, 4) e (0, 3) do olho e por se tratar de uma elipse, após as obtenções destes parâmetros é realizado o cálculo da área mostrado na Equação 3. Esta área representa a abertura dos olhos.

Equação 2- Distância euclidiana

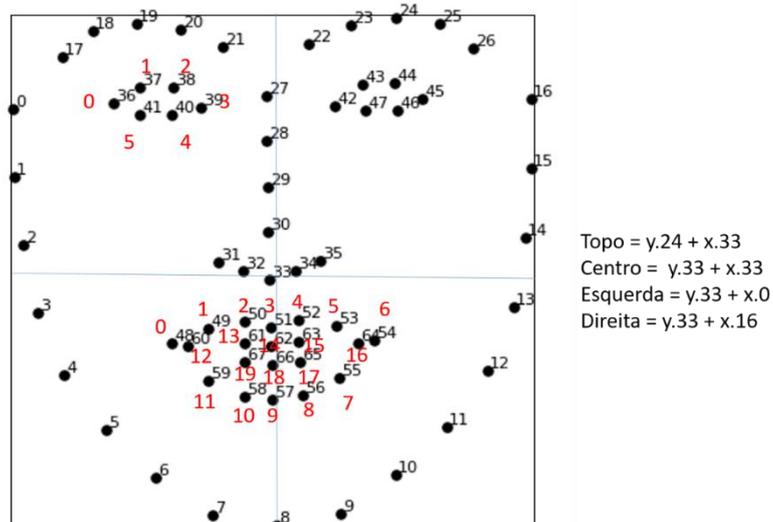
$$D_E(f1, f2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Equação 3 - da Área da elipse

$$A_{elipse} = \pi \times \left(\frac{r_{p1} + r_{p2}}{2}\right) \times r_{p3}$$

Outra característica do sistema é a troca da face por um avatar, a Figura 19 ilustra o centro dos pontos do rosto e os segmentos utilizados para enquadrar o avatar no rosto do indivíduo.

Figura 18- Pontos faciais utilizados para enquadramento do avatar.



Fonte: autora, 2020.

De posse dos dados dos 3 canais de EMG e dos dados da face é realizada a calibração dos dados, quanto a identificação da face, quanto os valores de entrada do EMG. Utiliza-se 4 etapas, uma em repouso, uma com olhos fechados, uma com sorriso mínimo e por fim uma com sorriso largo. Com a calibração, é escolhido o sexo do avatar e este passa a ser exibido de acordo com os limiares definidos durante a calibração. Uma informação importante é o fato de obter os valores máximos e mínimos de cada atividade, associado durante a calibração. O avatar apresenta os dois lados simétricos, diferente do observado no indivíduo com alterações faciais em um dos lados do rosto, isso foi idealizado através da técnica de espelhamento dos pontos da face.

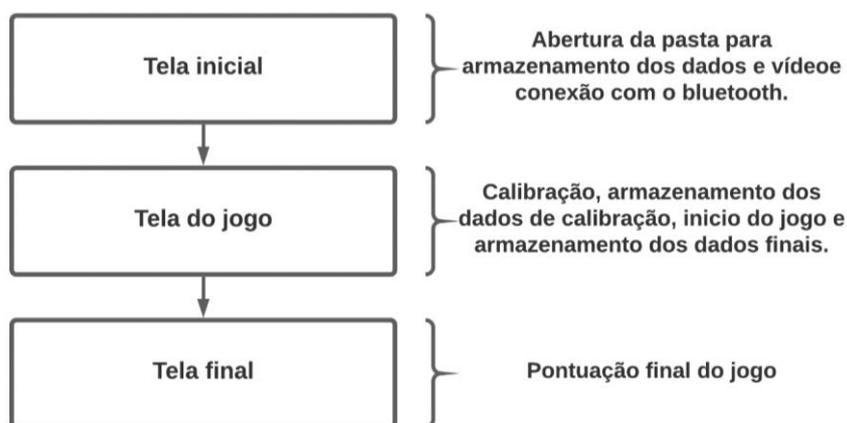
No jogo os participantes executaram um protocolo de atividades para os músculos da face: 3 repetições de cada movimento como sorrir sem mostrar os dentes, sorrir mostrando os dentes e fechar os olhos. Quanto a gamificação foram escolhidos 5 padrões de pontuação, adotadas pelo critério de tempo em que o indivíduo mantinha a atividade solicitada por um determinado tempo ( $t$ ), sendo:

- 10 pontos, quando  $0 < t \leq 2$ , onde é dado um feedback corretivo
- 30 pontos, quando  $2 < t \leq 4$ , onde é dado um feedback corretivo
- 50 pontos, quando  $4 < t \leq 6$ , onde é dado um feedback corretivo
- 100 pontos, quando  $6 < t < 8$ , onde é dado um feedback positivo

- 200 pontos, quando  $t = 8$ , onde é dado um feedback positivo e os pontos são dobrados para incentivar por conseguir o tempo completo da atividade.

Desta forma o indivíduo pode obter uma pontuação máxima após todo o jogo de 1800 pontos. Opta-se por não inserir no sistema o feedback negativo que remetesse ao erro para não desmotivar o paciente. Desta forma, os feedbacks presentes nesse sistema têm como o objetivo de incentivar o usuário a continuar realizando a atividade e melhorar sua performance a partir dessas gamificações. Na Figura 19 pode-se observar o diagrama do funcionamento do jogo, onde na tela inicial temos a abertura da pasta para armazenamento dos dados e vídeo, conexão com o hardware via bluetooth, e na segunda tela (tela de jogo) existe as etapas de calibração, armazenamento dos dados da calibração, início do jogo e armazenamento dos dados finais, na terceira e última tela temos o resultado geral do jogo mostrando a pontuação final.

Figura 19 – diagrama do funcionamento do jogo



Fonte: autora, 2020

Um dos objetivos da gamificação é resolver problemas práticos ou de despertar engajamento entre um público específico. Essa técnica traz como característica o aumento de engajamento e mudança comportamental dos indivíduos, a partir do uso de elementos de jogos (desafios, pontuação e feedbacks) para atingir determinados objetivos e manter o interesse em determinadas tarefas. A gamificação é considerada um conceito promissor para ajudar na adoção de estilo de vida saudável e também, na área da reabilitação vem sendo utilizada com o intuito de conseguir uma maior participação do indivíduo durante o processo de terapêutico (NASCIMENTO; ALBUQUERQUE, 2005).

De uma forma geral o objetivo da gamificação consiste em utilizar artifícios dos jogos em outras situações para deixá-las divertidas, promovendo um balanço em aquisição de habilidades e nível de desafio, promovendo um senso de autonomia e maior controle do usuário. A forma como as informações, dados e atividades são apresentadas ao paciente visam aumentar a motivação (VIANNA, 2013).

### **4.3. Procedimentos da 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: 20080519.6.0000.5208 (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 70 anos, sem deformidades que impossibilitem as atividades sugeridas. Foram excluídos da pesquisa indivíduos que tinham realizado cirurgias prévias na face e devido a atuação situação da Pandemia do Novo Corona Vírus 2019 (COVID 19), foram excluídos também pessoas com quaisquer sintomas gripais. Devido a isso a sala foi previamente preparada com todas as medidas de segurança que envolvem limpeza e distanciamento social.

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, para isso foi realizada previamente uma palestra para os participantes explicando todo o procedimento. Os mesmos tiveram a oportunidade de fazer questionamentos sobre o assunto para ter segurança sobre o procedimento proposto. 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 20 a 30 minutos entre a calibração e execução da tarefa. Durante todo o teste os participantes foram monitorados pela

eletromiografia de superfície. Os dados obtidos e os questionários serão analisados para verificar a usabilidade da plataforma de RA. Todos os participantes realizaram um procedimento semelhante aos citados abaixo:

- 1). Assistir as instruções explicando o funcionamento do sistema e a aplicação;
- 2). Preencher o Termo de consentimento livre e esclarecido e responder as perguntas da ficha de dados sociodemográficos/ anamnese;
- 3). Após assistir a palestra com as explicações sobre o sistema, confirmar se compreendeu como será a interação com o ambiente de RA;
- 4). Sentar-se na cadeira em frente ao monitor;
- 5). Realizar a preparação da pele (limpeza com álcool 70%, tricotomia e retirada de adereços);
- 6). Ficar parado durante o posicionamento dos eletrodos nos músculos Orbicular do olho, risório e zigomático;
- 7). Testar o rastreamento face;
- 8). Seguir o procedimento de calibração;
- 9). Testar o mecanismo de entrada de RA;
- 10). Interagir com o ambiente de RA;
- 11). Ficar parado para o momento de retirada dos eletrodos da face;
- 12). Preencher os questionários pós-experimentais.

Foi solicitado aos participantes elegíveis da pesquisa que realizassem algumas expressões faciais com o objetivo de analisar as capacidades musculares (orbicular do olho, risório e zigomático) da hemiface afetada:

- 1). Fechar forçado os olhos apertando as pálpebras com esforço durante 8 segundo, seguidos de 16 segundos de descanso (3 repetições);
- 2). Sorrir sem mostrar os dentes forçando e mantendo a posição o máximo possível durante 8 segundo, seguido de 16 segundos de descanso (3 repetições);
- 3). Sorrir mostrando os dentes forçando e mantendo a posição o máximo possível durante 8 segundos, seguindo de 16 segundos de descanso (3 repetições).

Foram realizados dois momentos de coleta, no primeiro momento os participantes realizaram os movimentos faciais uma única vez para que seja feita a calibração. No segundo momento os mesmos realizaram os exercícios faciais com três repetições de cada movimento interagindo com o sistema de eletromiografia e com o ambiente de RA. Diferente do estudo piloto que utilizou eletrodos passivos simples descartáveis da marca Descaparpark que precisaram de cortes para se moldar aos músculos da face, nessa coleta atual foram utilizados eletrodos passivos duplos, descartáveis próprios para a monitoração de EMG da face da marca Miotec, que favoreceram a captura dos dados por oferecer maior adesão a pele melhorando a ergonomia do sistema de captura por sua especificidade.

#### **4.4. Análise dos dados**

Após a aquisição dos sinais da eletromiografia, em formato digital, é possível utilizar técnicas de processamento para melhorar a qualidade do sinal e executar filtragens e ter dados precisos sobre a atividade elétrica muscular. Após o processamento da informação adquirida, ocorre a extração dos parâmetros da contração muscular, e a disponibilização dos dados visualmente em uma interface desenvolvida para o equipamento

Para obter as respostas do questionário SUS, calcula-se 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. Multiplica-se a soma de todos os escores por 2,5 e assim obtém-se o valor total do SUS. Após a pontuação e 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 86 a 100 (melhor imaginável) (BROOKE J, 2013).

O SUS é uma ferramenta útil de avaliação, quando comparado a outros instrumentos de, 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 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.

#### **4.5. Aspectos éticos**

Este estudo atende os critérios éticos e está em conformidade com a Resolução 466 de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os pacientes que aceitarem participar do estudo assinarão o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão 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 coletados nesta pesquisa, ficarão armazenados em DVD no Laboratório de Interface Homem-Máquina, na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), sob a responsabilidade da pesquisadora principal no endereço Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-550 pelo período de 5 anos.

#### **4.6. Riscos e benefícios**

Haverá o risco de constrangimento do paciente, para minimiza-lo, apenas a pesquisadora se encontrará na clínica no momento da triagem. 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, o SAMU será chamado imediatamente a fim de prestar o devido socorro, ou o paciente será conduzido ao Hospital mais próximo. O instrumento utilizado é alimentado por bateria, não terá nenhum contato com corrente elétrica.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e apenas serão divulgadas 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 através da assinatura do TCLE.

Este estudo não proporciona benefícios diretos aos participantes, porém com os resultados obtidos nesta pesquisa, espera-se contribuir de forma positiva para a

reabilitação de pessoas com sequelas de PFP, sugerindo um novo dispositivo para o tratamento. Os benefícios relacionados a pesquisa são de desenvolver um instrumento que irá auxiliar na reabilitação com RA em tempo real. Os voluntários dessa pesquisa estarão contribuindo para a validação desse instrumento.

## **5. RESULTADOS**

Nessa sessão serão apresentados os resultados obtidos na presente pesquisa.

### **5.1. Resultado do estudo piloto (primeira etapa do estudo)**

Os testes que foram realizados no estudo piloto serviram para verificar a frequência e amplitude dos sinais eletromiográficos dos músculos estudados a fim de ajustar o ganho e os filtros utilizados nos amplificadores. Para isto foi aplicada a transformada rápida de Fourier (FFT) em um ambiente de programação de cálculos matemáticos de uso geral. A FFT converte um dado que está no domínio do tempo

para o domínio de frequência. A tabela 2 mostra as frequências máximas e mínimas de cada voluntário. O processamento de sinais foi utilizado com o intuito de encontrar as frequências máximas e mínimas e a partir disso foram selecionados os filtros utilizados.

- Tabela 2- Frequências máximas e mínimas de cada voluntário para os músculos orbicular do olho, risório e zigomático

	Orbicular Olho		Risório		Zigomático	
	Freq. Máxima (Hz)	Freq. mínima (Hz)	Freq. Máxima (Hz)	Freq. mínima (Hz)	Freq. Máxima (Hz)	Freq. mínima (Hz)
<b>Homens</b>						
Voluntário 1	222	18	140	16	124	18
Voluntário 2	254	24	172	12	166	16
Voluntário 3	229	23	161	17	169	13
Voluntário 4	182	20	152	12	152	22
Voluntário 5	263	35	155	21	111	21
<b>Mulheres</b>						
Voluntária 6	250	32	146	10	100	18
Voluntária 7	184	20	146	16	114	24
Voluntária 8	249	21	139	9	129	21
Voluntária 9	241	15	159	15	131	27
Voluntária 10	213	31	143	13	127	17

**Fonte:** Autora.

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 musculaturas. Para a análise dessas variáveis foi calculada a média e o desvio padrão das frequências para cada músculo. A métrica empregada para calcular os filtros foi utilizar a média mais a soma ou subtração de 2 desvios padrões. A soma empregada quando é utilizada a frequência para o limite superior, e a subtração para o inferior. Obtendo para o músculo risório aproximadamente a faixa de frequência de 7 a 173 Hz. Para o músculo zigomático aproximadamente a faixa de frequência de 12 a 179 Hz. Para o orbicular do olho aproximadamente a faixa de frequência de 11 a 286 Hz, como pode ser observado na tabela 3 os valores de média e desvio padrão.

Tabela 3 - Média e desvio padrão das frequências dos músculos orbicular do olho, risório e zigomático mediante o estudo piloto

	Orbicular Olho		Risório		Zigomático	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Frequência máxima	228.7	28	151.3	11	132.3	24
Frequência mínima	23.9	7	14.1	4	19.7	4

Fonte: a autora, 2019.

Esses valores apresentados no parágrafo anterior são os valores utilizados para os filtros passivos do equipamento. Com isso, cada canal de EMG possui um filtro um passa alta e passal baixa específico com os valores descritos acima.

## 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 e encontrar os limiares de variabilidade dos máximos e mínimos de cada movimento expressos no sinal de EMG e das distâncias das características da face, criando-se as porcentagens de ajustes, podendo aumentar a sensibilidade do jogo quanto as variações de movimento. Com esses requisitos o sistema foi estabilizado para a de troca de faces a partir das movimentações da face melhorando a jogabilidade que consiste no controle da interação (sinal de EMG e dados da imagem).

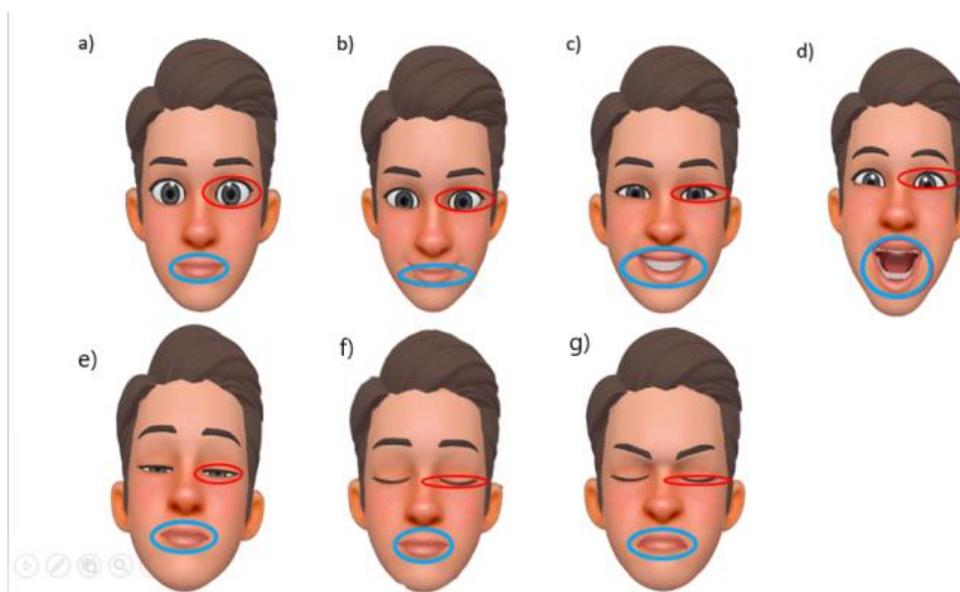
A face apresenta variações sobre os diâmetros dos olhos e da boca nos momentos de execução das expressões, por exemplo as variações no fechamento e abertura ocular, como também no fechamento e abertura. Na sessão 4.2.9 pode-se observar os parâmetros da face relacionadas aos olhos e boca, obtidos através da distância euclidiana entre os pixels da imagem que correspondem os pontos referentes ao conjunto dos olhos e da boca.

No presente estudo foi levado em consideração que os indivíduos apresentam características individuais em relação a face e seus componentes. Pode-se observar melhor as questões sobre a abertura dos olhos e distância labial na execução de algumas expressões a partir da Figura 20 que mostra a ilustração da face em diferentes expressões onde pode-se observar a diferença as distâncias.

Na Figura 20 letra a) tem uma face em repouso, onde os lhos estão abertos e a boca fechada, na letra b) tem a imagem de um sorriso mínimo onde percebe-se a

diminuição dos ângulos dos olhos e boca e dos olhos, na letra c) a imagem mostra a execução de um sorriso máximo onde pode-se observar o ângulo da boca alargar nos dois sentidos, para cima e para baixo, e a diminuição do ângulo dos olhos é mais evidente, já na letra d) a imagem mostra uma abertura total da boca aumentando totalmente o ângulo da boca, e os olhos estão com o ângulo reduzido, na letra e) a imagem mostra uma expressão em repouso, porém com um semi-fechamento ocular, na letra f) pode-se ver os olhos totalmente fechados diminuindo totalmente o ângulo do olho, e a boca fechada, por ultimo, na letra g) pode-se ver uma expressão executada com um pouco mais de força, onde o fechamento ocular com uma redução do ângulo do olho, e uma leve redução no ângulo da boca.

Figura 20- Variações nas distâncias do fechamento e abertura dos olhos e da boca em diferentes expressões faciais.



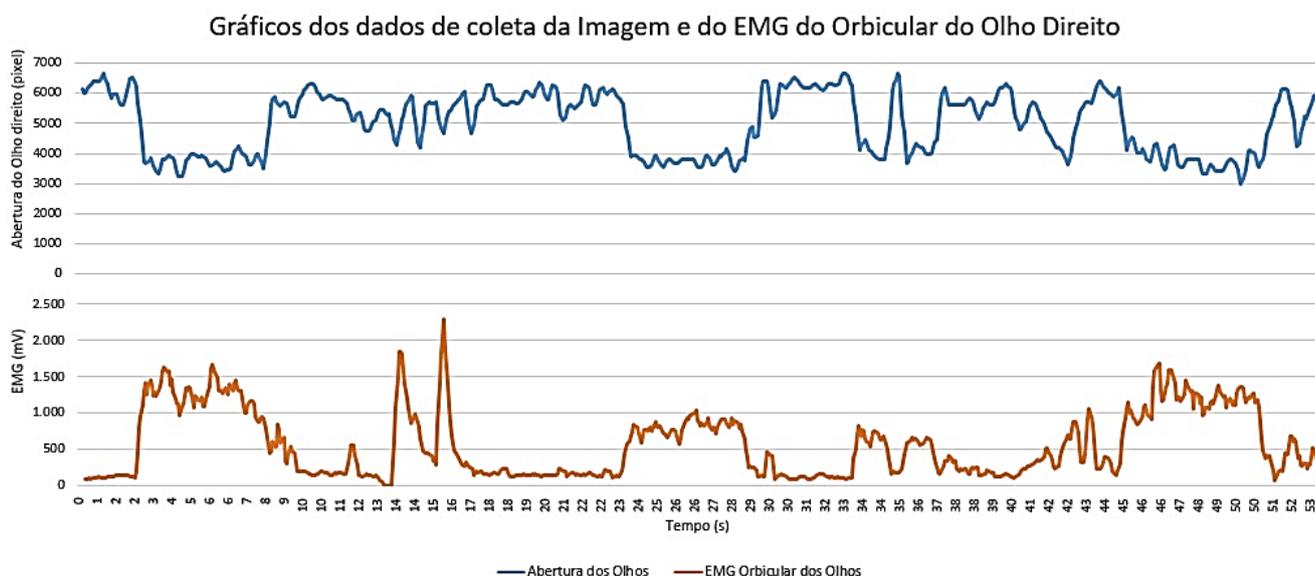
Fonte: autora, 2020

Sobre os dados obtidos com o EMG, as ativações musculares observadas neste estudo foram realizadas nos momentos de fechamento ocular onde verifica-se a ativação do músculo orbicular do olho fechando os olhos, no sorriso mínimo, onde observa-se uma maior ativação do musculo risório retraindo o ângulo da boca na horizontal e no sorriso máximo uma maior ativação do zigomático que alarga o ângulo da boca lateralmente e para cima. As análises dos gráficos ilustrados nas figuras 21 e 22 comprovam o funcionamento do sistema. Dado que quanto menor a abertura dos olhos maior a ativação do musculo orbicular do olho presente no gráfico da Figura 21. E quanto ao gráfico presente na Figura 22 pode ser observado que durante a

execução do sorriso mínimo, ocorre uma redução da distância labial e a ativação do musculo Risório.

O gráfico exibido na Figura 21 apresenta duas series de dados, em azul é ilustrada a serie referente a abertura dos olhos em pixels, e foi multiplicada por um fator de 10000 para ser posicionada acima da série de EMG em milivolts (mV), a qual se encontra ilustrada em vermelho. Como pode ser observado, as series apresentam comportamentos inversamente proporcionais, a medida que a abertura do olho diminui é observado o aumento da atividade muscular do Orbicular do olho e o inverso pode ser visto quando a medida da abertura do olho aumenta, isto é, a ativação muscular é reduzida.

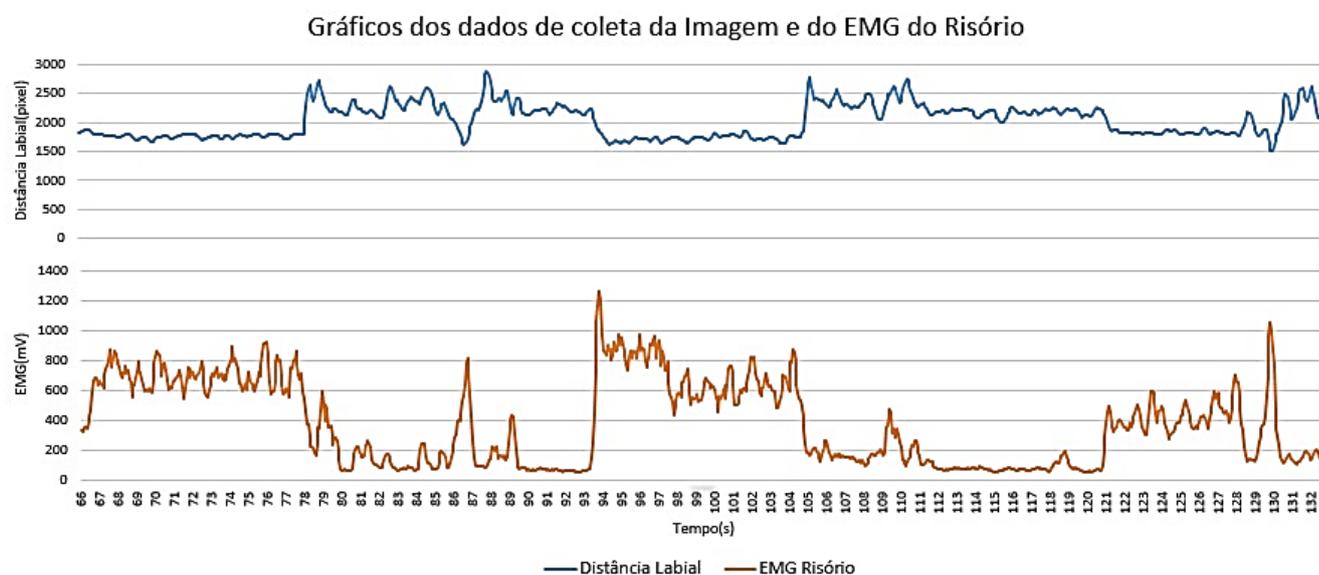
Figura 21 –Gráficos com dados da coleta da imagem e do EMG olho direito.



Fonte, autora, 2020

Já o gráfico exibido na Figura 22 também apresenta duas series de dados, sendo a azul referente a distância labial em pixels, que foi multiplicada por um fator de 10000 para ser posicionada acima da série do EMG em milivolts (mV), ilustrada em vermelho. Como pode ser observado, as series também apresentam comportamentos inversamente proporcionais.

Figura 22 –Gráficos com dados da coleta da imagem e da imagem e do EMG do Risório.



Fonte: autora, 2020.

Vale ressaltar que os participantes executaram um protocolo com 8 segundos mantendo uma determinada posição para uma contração mantida nos músculos estudados nesta pesquisa, como também um momento de descanso de 16 segundos, sendo o dobro do tempo que foi dado para a contração muscular. Durante o momento de descanso os pacientes realizavam suas expressões normais, como piscar os olhos, bocejar e falar, essas movimentações também podem ser visualizadas nos gráficos das imagens 21 e 22.

### 5.3. Resultado dos testes do instrumento com os participantes

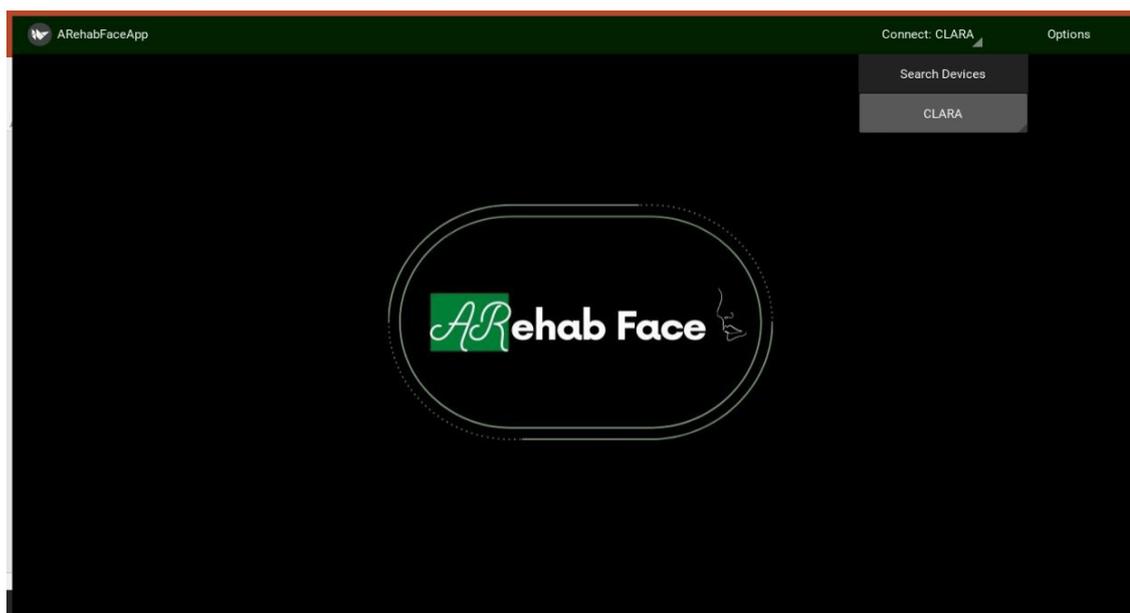
Nesta fase foi dado início aos testes com a interface gráfica desenvolvida, tendo como objetivo de verificar se o jogo é capaz de receber os dados provenientes do sistema de sensoriamento embarcado, composto pelos sensores de eletromiografia, e a transmissão desses dados através do protocolo Bluetooth, além de testar o funcionamento em tempo real do sistema de RA. O sistema foi denominado *ARehab*

*Face*, que contém 3 telas de interface. O teste constituiu-se da mesma atividade realizada com os participantes. Vale ressaltar que as legendas do software estão na língua inglesa devido ao ambiente de desenvolvimento não aceitar a codificação de línguas latinas.

A aplicação funciona da seguinte maneira: ao abrir o *ARehab Face*, na tela inicial da interface gráfica do jogo o fisioterapeuta deve selecionar o equipamento com o nome Clara, essa foi a nomenclatura dada ao equipamento como mostra a a figura 23, assim como a Figura 24, ilustra a mesma tela para definir a pasta de arquivo que será criada para o armazenamento dos dados do usuário.

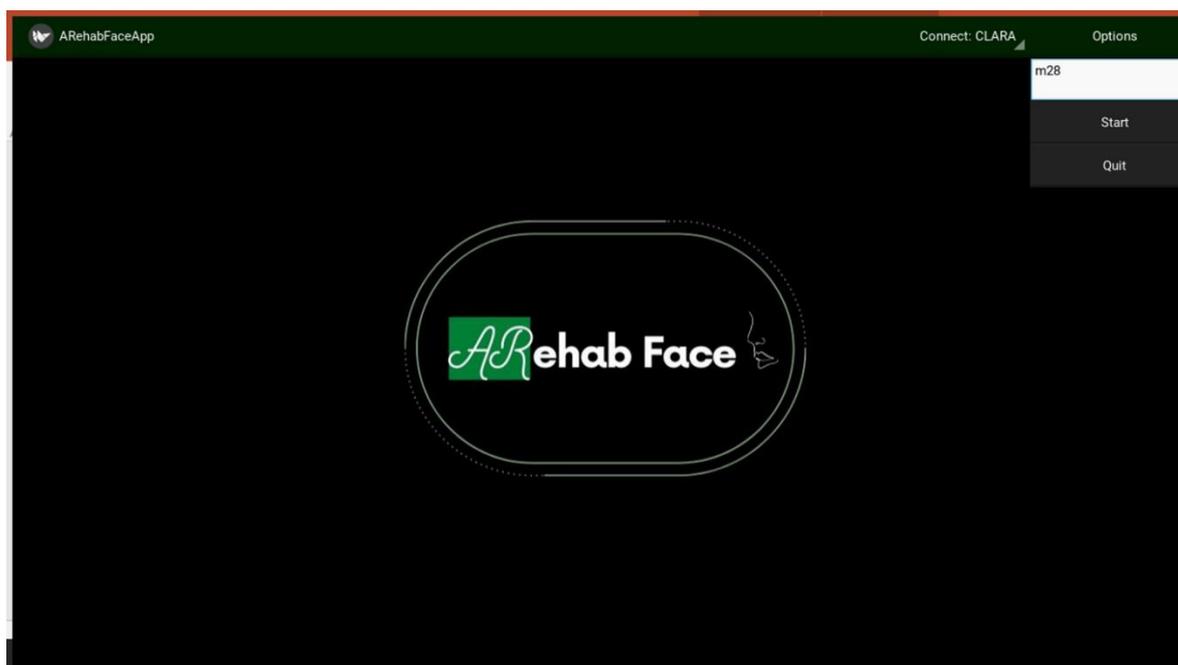
Após a conexão com o hardware via bluetooth, e na segunda tela (tela de jogo) é apresentado as etapas de Calibração, armazenamento dos dados da calibração início do jogo e armazenamento dos dados finais.

Figura 23 - Tela de inicial da interface gráfica do jogo - seleção de equipamento



Fonte: autora, 2020.

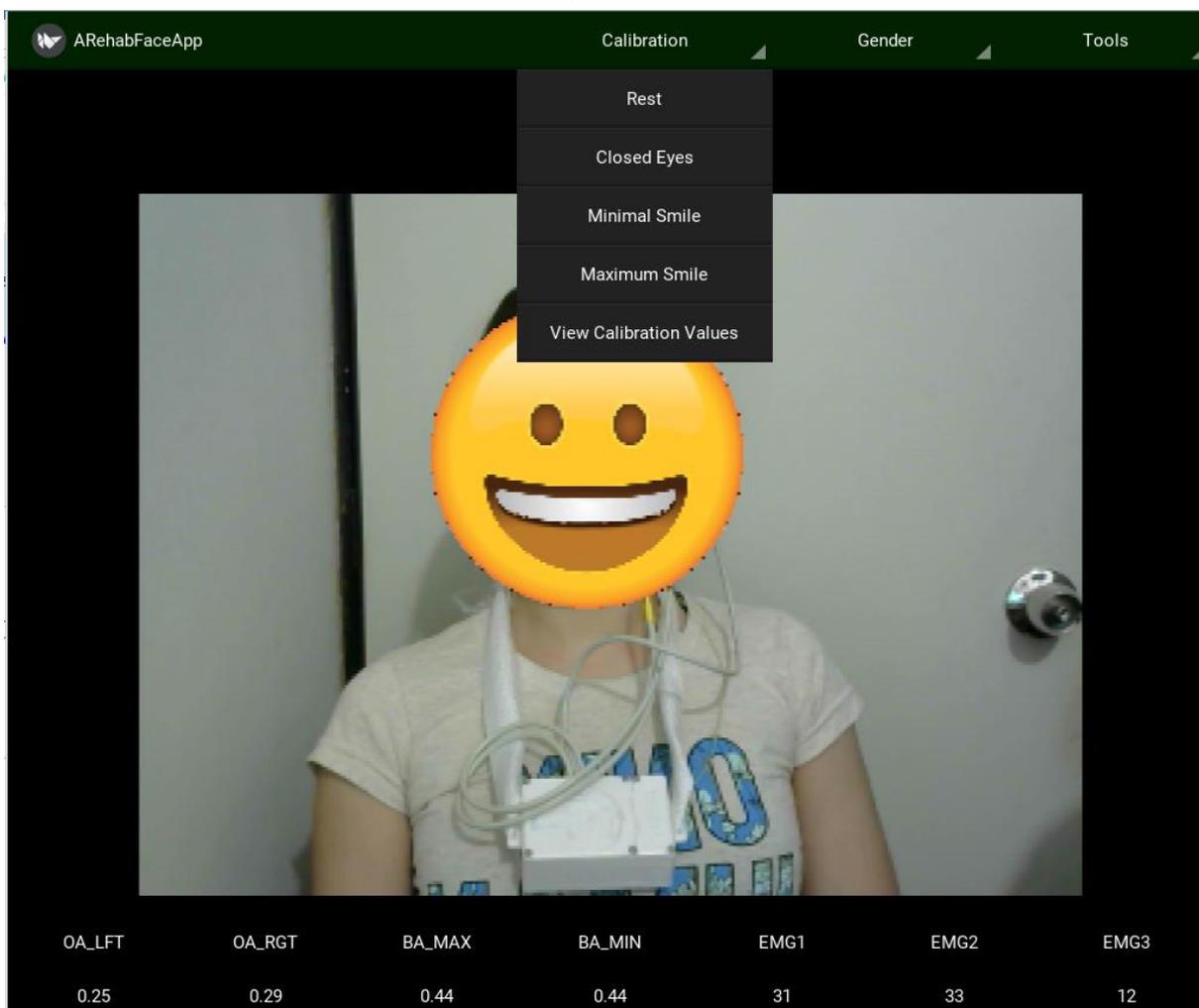
Figura 24- Tela de inicial da interface gráfica do jogo- Nomear a pasta de armazenamento



Fonte: autora, 2020.

Após selecionar a conexão com o equipamento e os parâmetros desejados na tela 1, o usuário deve prosseguir para a segunda tela que é a tela de calibração, na tela de calibração já aparece o elemento gráfico substituindo o rosto do indivíduo Figura 25, durante a calibração é solicitado ao usuário que realize movimentos faciais entre repouso, sorriso largo, sorriso mínimo e olhos fechados, durante 8 segundos para obter os valores do EMG e os dados sobre as aberturas máximas e mínimas referentes a captura da face.

Figura 25- segunda tela: etapa de calibração: Descando, fechar os olhos, sorriso mínimo, sorriso máximo.



Fonte: autora, 2020

Após essas calibrações o fisioterapeuta pode conferir os valores máximos e mínimos obtidos pelo EMG dos músculos orbicular do olho, risório e zigomático e as medições das aberturas máximas e mínimas referentes a captura da face e os movimentos como mostra a figura 26.

Figura 26: Segunda tela- Dados da etapa de calibração

The screenshot shows the 'ARRehabFaceApp' interface in the 'Calibration' state. A 'Calibrations Values View' dialog box is displayed, containing a table with the following data:

Type	oamax	oamin	bamax	bamin	emg1max	emg1min	emg2max	emg2min	emg3max	emg3min
Rest	0.17	0.14	0.50	0.42	36.00	8.00	304.00	0.00	23.00	8.00
eye_closed	0.14	0.08	0.45	0.41	146.00	17.00	992.00	233.00	992.00	10.00
smile_min	0.17	0.12	0.40	0.33	278.00	32.00	262.00	25.00	891.00	8.00
smile_max	0.19	0.17	0.43	0.38	451.00	109.00	504.00	110.00	990.00	9.00

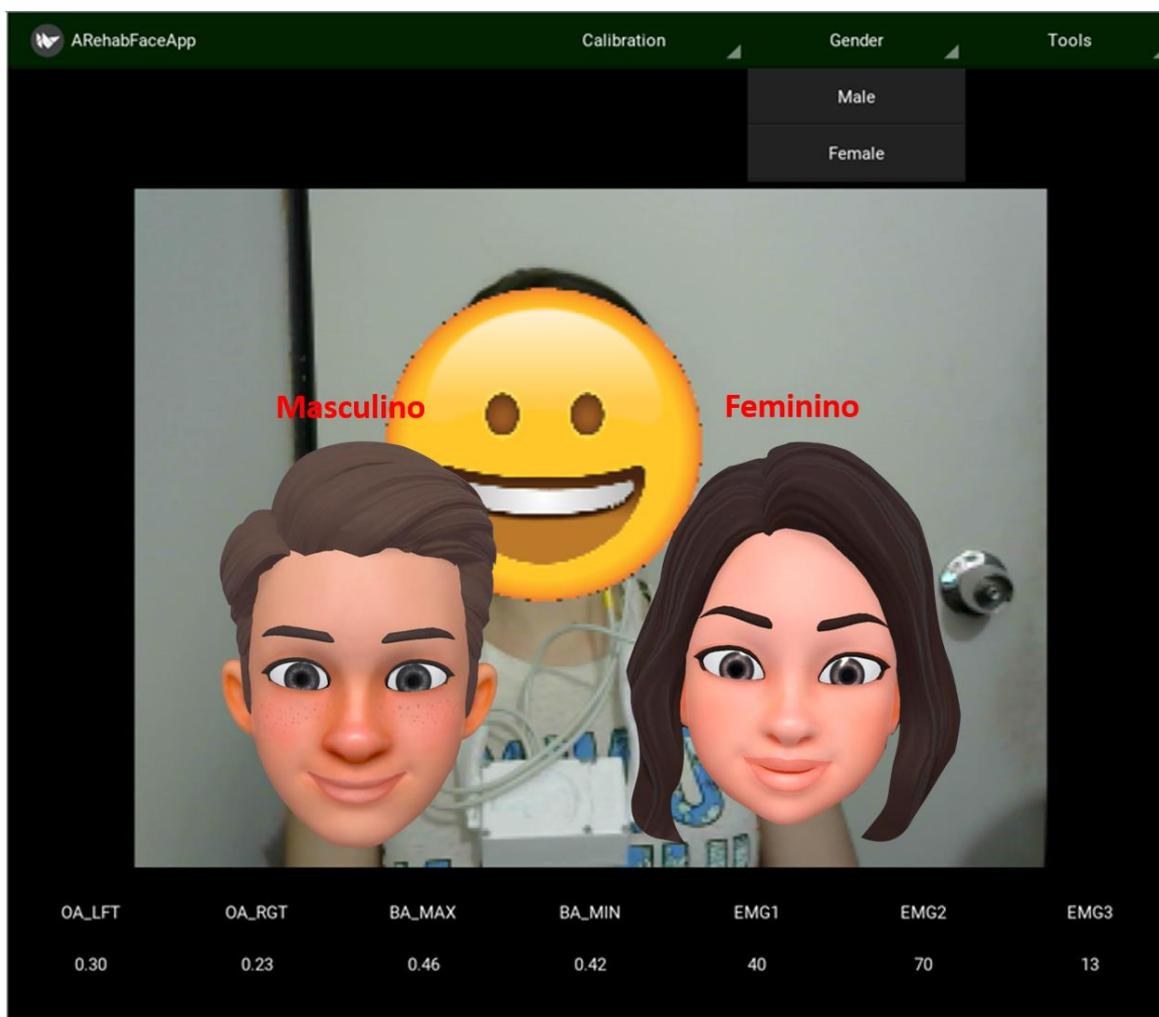
Below the dialog box, the main interface shows calibration values for various parameters:

OA_LFT	OA_RGT	BA_MAX	BA_MIN	EMG1	EMG2	EMG3
0.29	0.25	0.42	0.42	39	95	13

Fonte: autora, 2020.

Em seguida na mesma tela o usuário tem a possibilidade de escolher como quer ser representado na imagem para realizar as atividades do jogo, tendo a opção de optar por um avatar masculino ou feminino como mostra a Figura 27. A partir deste passa o indivíduo passa a ser exibido de acordo com os limiares definidos durante a etapa de calibração. O Avatar maculino e o avatar feminino foram criados a partir das semelhanças da face da autora que não possui alterações faciais advindas de quaisquer doenças. A criação foi feita a partir da câmera de um celular androide, modelo A51, da marca *Samsung* com a função da câmera *emoji AR* que cria *Emoji* através de técnicas de AR utilizando as característica da face.

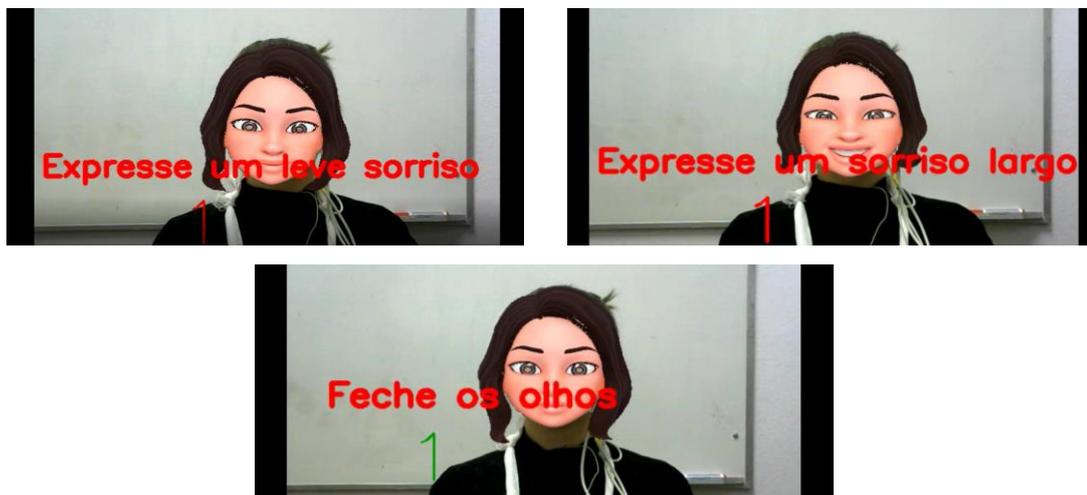
Figura 27- Segunda tela: escolha do gênero avatar para representação do usuário no jogo.



Fonte: autora, 2020.

Após os processos anteriores, ainda na segunda tela é iniciada a rodada dos jogos. Nesta tela a interação com o jogo, baseado em RA, ocorre de uma forma mais natural, ou seja, o usuário visualiza-se sentado na cadeira no seu próprio cenário, que é o cenário real, e o processo de interação ocorre, a partir dos movimentos faciais, onde o jogador irá perceber na tela a mudança da expressão do avatar. Para executar o protocolo escolhido para o jogo, o usuário receberá comandos que aparecerão na tela em formato escrito, para que ele realize determinada ação, observado na Figura 28.

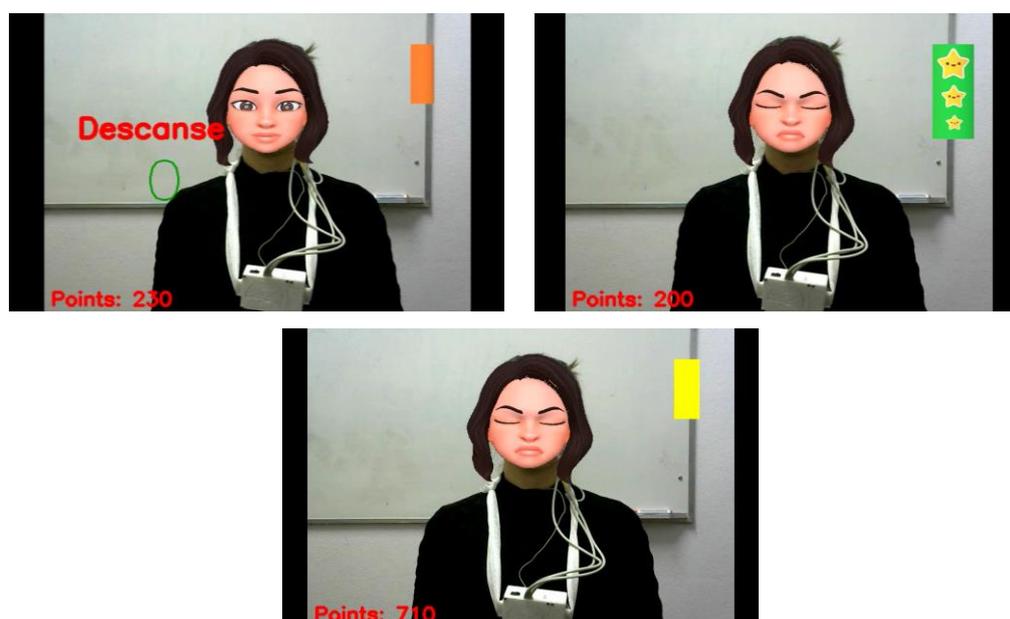
Figura 28- comandos escritos para a execução do protocolo do jogo.



Fonte: autora, 2020.

Da mesma forma que irão aparecer os comandos na tela em formato escrito, o sistema também iniciará uma contagem de 3 segundos para o indivíduo se prepare para iniciar o movimento, após uma outra contagem é iniciada, serão realizadas 3 contagens de tempo para realização da expressão facial. Após completar ou não a atividade, irá aparecer o tempo de descanso entre a execução das expressões. O usuário recebe feedbacks positivos e corretivos tanto sonoros como em formato de imagens (animações de acordo com o movimento da face), indicando se ele conseguiu ou não realizar a tarefa completa, como mostra a Figura 29.

Figura 29- animações em formato de imagem para feedback do usuário.



Fonte: autora, 2020.

Ao realizar a tarefa completa o usuário visualiza a última tela do cenário do jogo na qual é projetada sua pontuação final, representada por um troféu e uma nota, sendo projetados também sons positivos. na figura 30.

Figura 30- Tela Final do jogo



Fonte: autora, 2020.

## 5.4. Análises dos questionários

O teste desse equipamento contou com a participação de cinco indivíduos, sendo um do sexo masculino e quatro do sexo feminino fisicamente saudáveis, sendo o participante do sexo masculino em diferentes faixas etárias. 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 participantes

Participante	Idade	Sexo
1	53	F
2	68	M
3	29	F
4	63	F
5	25	F
Média	53,25	
Desvio Padrão	± 17,32	

Fonte: autora, 2020.

Cada participante realizou 3 atividades como: realizar um sorriso largo e manter por 8 segundos, realizar um sorriso social e manter por 8, fechar os olhos e manter por 8 segundo, essas tarefas foram divididas em 3 rodadas. 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, após concluírem o jogo, os participantes responderam ao questionário de usabilidade SUS. A Tabela 5 apresenta os valores obtidos pelo questionário de usabilidade SUS, a partir das respostas dos participantes.

Tabela 5- Valores do método de avaliação do questionário SUS

Participantes	SUS
1	95
2	80
3	92,5
4	72
5	97,5
Média	87,4
Desvio Padrão	± 9,7

Fonte: autora, 2020

O intuito de utilizar o questionário do SUS nesse estudo, foi verificar a facilidade do uso, o sentimento de segurança ao utilizá-lo, e as inconsistências ocorridas no funcionamento do sistema durante a utilização do jogo. A partir das avaliações pode constatar que o valor individual do questionário SUS proporcionado pelos participantes voluntários foram classificados com escores acima de 70, e o valor da média foi de 87,4, indicando que o ambiente de RA foi classificado como “útil”, segundo a escala de avaliação SUS.

## 6. DISCUSSÃO

O presente estudo utilizou a RA e EMG, com o objetivo de desenvolver um protótipo de um sistema de reabilitação, que fosse utilizado como uma possível ferramenta de auxílio para o processo de reabilitação de pacientes com PFP. Os testes do estudo foram realizados em voluntários saudáveis a fim de avaliar a usabilidade do instrumento desenvolvido. O principal objetivo de utilizar a RA foi trazer maior motivação para o usuário, tornando a atividade lúdica de modo que possa estimular os usuários a repeti-la. A Eletromiografia foi utilizada para interagir com a RA compondo os requisitos para a pontuação do usuário do jogo, e também para verificação de tônus muscular durante determinadas atividades.

O estudo foi composto por 5 participantes voluntários, que realizaram um único teste, composto por três atividades baseadas nos movimentos da mimica facial, como sorrir minimamente, sorrir amplamente e fechar os olhos, após completar as atividades os participantes avaliaram a usabilidade do instrumento através do questionário SUS. Os resultados obtidos neste estudo também mostram que o uso do sistema desenvolvido foi efetivo em gerar e armazenar dados, possibilitando posteriores avaliações, 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, sugerindo assim que o sistema pode auxiliar na reabilitação de indivíduos com sequelas advindas de uma PFP, visando auxiliar no estabelecimento das funções normais.

Um estudo realizado Li Ding e colaboradores (2018), realizaram um estudo para Avaliar a viabilidade de um novo sistema de espelhamento facial e os efeitos na incorporação facial em pacientes com Paralisia de Bell, em comparação com a terapia convencional através do uso do “livro espelho”. O trabalho apresenta um sistema constituído de espelhamento facial baseado em tecnologia de visão computacional que fornecia terapia de espelho através da captura das imagens dos indivíduos, utilizando o espelhamento da face saudável.

Os autores concluíram que sistema de espelhamento teve uma melhor experiência relatada pelo usuário em comparação com o uso do livro espelho, sendo uma estratégia melhor para facilitar a percepção facial. Corroborando com a proposta do presente estudo de utilizar o sistema de espelhamento facial para criar a ilusão de um

rosto simétrico e sem as alterações da paralisia facial, espelhando o lado não afetado para o lado afetado.

No estudo de Transon e colaboradores (2018), os pesquisadores investigaram as influências das expressões faciais como um mecanismo de interação (ação-gatilho) e seu impacto no afeto, carga de trabalho e usabilidade em um jogo de RA, 29 indivíduos saudáveis divididos em 3 que interagiram com o jogo de RA de maneiras distintas sendo que no G1: os indivíduos viravam o cartão do jogo da memória partir de um sorriso, já no G2 os indivíduos viravam o cartão do jogo da memória com uma expressão de uma careta, e no caso do G3 os participantes viravam os cartões pressionando normalmente o botão do controle do console da Microsoft o Xbox. Os participantes utilizavam o dispositivo AffectiveWear com 16 sensores que captam movimentos embutido no Oculus Rift DK2 que incorpora técnicas de realidade virtual e aumentada.

Os participantes desse estudo relataram alguns problemas como a dificuldade na movimentação da face por conta do peso do óculos, junto com o número de repetições que tornavam a interação cansativa, como também os falsos positivos tidos a partir de movimentações que não eram programadas, onde as cartas viravam fora do sentido do jogo. Porém o estudo constatou que não houve diferença significativa entre o estado emocional dos usuários ao utilizar as expressões faciais ou o botão do controle Xbox para interagir com o sistema. Mostrando que as expressões faciais podem ser usadas dentro de um display da mesma forma que um botão do controlador.

Os autores ressaltam que é de grande relevância estudar a influência das expressões faciais utilizadas como mecanismo de entrada para sistemas computacionais, não sendo apenas relevante para o campo da RV ou RA, mas também sugerem que seja importante para a terapia facial, como nos casos da reabilitação de sequelas advindas da paralisia facial que requer a execução de exercícios faciais, ratificando a importância do presente estudo, com relação a utilizar as expressões faciais como mecanismos de entrada do sistema de RA e o possível uso do sistema na reabilitação da face.

Uma revisão realizada por Siena e colaboradores (2018), buscou analisar o uso da tecnologia Intel RealSense's sobre suas especificações técnicas e discutir sua aplicação à pesquisa clínica. Os autores destacam que o sistema de câmeras Intel tem a capacidade de rastrear em 3D até 78 pontos de referência faciais que podem

apoiar a criação de avatar, reconhecimento de emoção e animação facial, e ressaltam que a tecnologia Intel RealSense pode oferecer maior resolução da imagem e taxas de amostragem em comparação com alguns dos líderes de mercado atuais, incluindo o Microsoft Kinect 2.0. Com a maior resolução e taxa de amostragem esse sistema consegue oferecer vantagens quanto ao rastreamento movimentos precisos e rápidos. Como também tem a capacidade de fazer o rastreamento corporal e captar a movimentação das mãos. Com base nas avaliações feitas a partir das pesquisas clínicas contidas neste estudo, os autores sugerem que a Intel RealSense tem um potencial considerável para soluções e plataformas de pesquisas clínicas. Corroborando com este trabalho que utiliza câmeras para captação de gestos da face com o intuito de modernizar os processos de saúde.

Entretanto nenhum dos estudos analisados, nessa discussão, nenhum faz uso do EMG e RA de modo integrado e com objetivos e planos de reabilitação específicos para a PFP, evidenciando a originalidade e relevância dessa dissertação, tanto para profissionais de saúde como para a população em geral, sugerindo que os mesmos podem se beneficiar de novos métodos de avaliação e tratamento.

## 7. CONCLUSÃO

Ao final deste estudo, foi desenvolvido um protótipo do sistema de reabilitação, utilizando um jogo, o sistema foi baseado técnicas de visão computacional e RA. Na fase de concepção do projeto, foram levantados alguns requisitos como: as limitações funcionais quanto ao usuário, as atividades realizadas dentro do ambiente de RA, o ambiente motivacional, os feedbacks fornecidos ao usuário e facilidade de uso do sistema proposto.

Através do biofeedback eletromiográfico realizado com o equipamento é possível visualizar o nível de ativação muscular e com os dados da captura da imagem pode-se visualizar a amplitude dos movimentos realizados pelos usuários com a abertura máxima e mínima dos lábios e dos olhos durante determinadas expressões, possibilitando o acompanhamento do progresso alcançado a partir do acompanhamento desses dados. Um outro ponto positivo é que o sistema é capaz de armazenar os dados em formato csv, em pastas individuais para cada usuário, possibilitando a realização de análises comparativas de forma periódica, sendo uma alternativa para acompanhar a evolução do usuário.

Os achados desta pesquisa sugerem que com o sistema desenvolvido os participantes podem ser acompanhados utilizando o equipamento, que ainda que pode fornecer ao usuário e ao profissional de reabilitação um feedback e informações sobre o desempenho e resultados quantitativos alcançados durante a utilização do sistema.

Os resultados quantitativos obtidos com os dados do EMG e o sistema de captura da face abrem caminho para uma nova forma tanto de avaliar como de tratar os pacientes com PFP, trazendo componentes de gamificação que motivam os usuários a executar determinados movimentos, facilitando a realização de um maior número de repetição por parte dos indivíduos, buscando também retirar as características negativas do padrão repetitivo das sessões de reabilitação, podendo promover um maior engajamento.

Apesar do pequeno número de sujeitos que avaliaram o sistema foi possível observar na análise do questionário SUS que os participantes da pesquisa deram uma boa classificação ao sistema desenvolvido, sendo um resultado importante para usabilidade.

O equipamento funcionou em todos os testes não havendo a necessidade de ajustes durante a execução dos testes. Com essas informações foi possível validar os aspectos físicos e funcionais do sistema. Contudo vale ressaltar que os aspectos observados neste estudo são referentes à percepção somente 5 indivíduos saudáveis tiveram sobre o sistema desenvolvido, baseado em RA. Com isso, é importante que sejam feitos novos estudos com um maior número de participantes para obter 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 músculos da face de pacientes com PFP;
- b). Desenvolver outras fases para o jogo e adaptar a interface de acordo com o feedback dos usuários;
- c). Transformar o sistema em um equipamento de telerreabilitação, onde o equipamento ficará com o paciente e o fisioterapeuta poderá fazer um acompanhamento à distância.

## REFERÊNCIAS

ALTHOFF, T; WHITE, RW; HORVITZ, E. **Influence of Pokémon Go on physical activity: study and implications.** J Med Internet Res. V.18, p. 315. 2016.

ALAMRI; CHA; SADDIK. **Ar-rehab: An augmented reality framework for poststroke-patient rehabilitation.** Transações IEEE em Instrumentação e Medição, vol. 59, outubro de 2010.

ANDERSON; ANNETT; BISCHOF. **Lean on wii: Physical rehabilitation with virtual reality and wii periféricos.** Stud Health Technol Inform, vol. 154, 2010, pp. 229-234.

AZUMA , et al. **Electroneurography in the acute stage of facial palsy as a predictive factor for the development of facial synkinesis sequela.** Auris Nasus Larynx. 2017

AZUMA, J. R. et al. Recent advanced in Augmented Reality. IEEE p. 34-47, 2001.m

BERNARDES, D F. **A contribuição da análise eletromiográfica de superfície para a definição da fase de evolução da paralisia facial periférica: fase flácida ou de sequelas.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

BRITO. **Qualidade de vida em paralisia facial em 920 pacientes: relação com o grau da doença e fatores preditivos.** 2020. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) - Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, 2020.

BROOKE, J. **SUS: A Retrospective.** Journal of Usability Stud. v. 8, n. 2, p. 29-40, 2013.

CORREIA, T, et al. **Paralisia Facial Periférica Diagnóstico, Tratamento e Orientação.** Nascer e Crescer. V. 19, n. 3, p. 155-160. 2010

DAINESE C.A; GARBIN T.R; KIRNER, C. **Sistema de realidade aumentada para o desenvolvimento da criança surda.** Simpósio de realidade virtual. Ribeirão preto. 273- 281.2005.

DUARTE-MOREIRA RJ et al. **Electromyographic biofeedback in motor function recovery after peripheral nerve injury: an integrative review of the literature.** Appl Psychophysiol Biofeedback. V.43, n.4, p. 247-257. Dec; 2018.

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

Fernandes, F. G. et al. **Realidade virtual e aumentada aplicada em reabilitação fisioterapêutica utilizando o sensor Kinect e dispositivos moveis**. XIII conferencia de estudos em engenharia elétrica – Universidade Federal de Uberlândia (2014).

FREITAS, G. S; *et al.* **Biofeedback eletromiográfico no tratamento das disfunções orofaciais neurogênicas: revisão sistemática de literatura**. Rev Audiol Commun Res V.21, p.1671. 2016.

FONSECA, OMK, et al. **Degree of facial paralysis: analysis of agreement**. Braz J Otorhinolaryngol. V.81, n. 3, P. 288-293. April, 2015.

GEBHARD, et al. **A System for Diagnosis Support of Patients with Facialis Paresis**. KI. 14. 40-42. 2000.

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.

GILDEN. **Bells palsy**. New England Journal of Medicine, vol. 351, 2004, pp. 1323–1331.

JORGE, JJ; Boldorini, RP. **Paralisia facial periférica**. Rev. Fac. Ciênc. Méd. Sorocaba, v.7, n.2. p. 9 – 14. Sorocaba, 2005.

JESUS; BERNARDES. **Caracterização funcional da mímica facial na paralisia facial em trauma de face: relato de caso clínico**. Rev. CEFAC, São Paulo, v. 14, n. 5, p. 971-976, out. 2012.

LYRA. **Jogos sérios para reabilitação de membros inferiores de pacientes pósAVC utilizando kinect, ambientes virtuais e sinais mioelétricos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

LANTYER; VIANA; PADOVANI. **Biofeedback no tratamento de transtornos relacionados ao estresse e à ansiedade: uma revisão crítica.** Rev. Psico-USF, Bragança Paulista, v. 18, n. 1, p. 131-140, jan. /abril 2013.

MARTYN; HUGHES. **Epidemiology of peripheral neuropathy.** J Neurol Neurosurgery Psychiatry; v 62, p. 310-318.

MA BD, NG SL, SCHWANEN T, ZACHARIAS J, ZHOU M, KAWACHI I, SUN G. **Pokémon GO and Physical Activity in Asia: Multilevel Study.** J Med Internet Res V.20, n.6 , p.217.2018.

MARQUES, RRA. **Estado da arte do tratamento da paralisia facial.** 2015. F. Dissertação (mestrado integrado em medicina) Faculdade de medicina da Universidade do Porto, Porto, 2015.

MATO, CS. **PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA O Papel da Medicina Física e de Reabilitação.** Acta Med Port; V 24, p 907-914. 2011.

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

MERLETTI, R; FARINA, D (eds). Surface Electromyography: physiology, engineering, and applications. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016. cap. 4 e 5.

MONTEIRO, MU. **Biofeedback por eletromiografia no controle do bruxismo em vigília associado ou não à mialgia.** 60 f. Dissertação (Mestrado em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento) Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2016.

MACGREGOR FC. **Facial disfigurement: Problems and management of social interaction and implications for mental health.** Aesthetic Plast Surg. V. 14, n.4, p.249.1990.

NASCIMENTO; ALBUQUERQUE. **Uso de gamification para melhorar adesão a tratamento.** *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO (SBSI)*, 11, 2015, Goiania. Sociedade Brasileira de Computação. P. 395-398. 2015.

OWUSU, AJ M. Facial nerve paralysis. **Medical clinics of north america.** V. 102, n. 6, p. 1135-1143, November 2018.

OLIVEIRA, MD; *et al.* **Desenvolvimento e aprimoramento de um sistema computacional- Ikapp- de suporte a reabilitação motora.** *Revista Motriz*, Rio Claro, v.19 n.2, p.346-357, abr./jun. 2013.

PADRINI, AL, et al. **avaliação da usabilidade de um sistema de informação em saúde neonatal segundo a percepção do usuário.** *Rev Paul Pediatr.* V. 37, n.1, p.90-96. 2019

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.

POP: **Fisioterapia na paralisa facial periférica** – Unidade de Reabilitação: HC-UFTM – Uberaba: EBSEH – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares, 19 p. 2015.

QIDWAI, U; AJIMSHA, MS. **Can Immersive Type of Virtual Reality Bring EMG Pattern Changes Post Facial Palsy?** *Science and Information Conference.* P. 756-760. July 28-30, 2015. London, UK. 2015.

Raspberrypi.org. Raspberry Pi 3 Model B+ The final revision of our third-generation single-board computer. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/>.

ROBINSON, MW; BAIUNGO, J. **Facial Rehabilitation Evaluation and Treatment Strategies for the Patient with Facial Palsy.** *Otolaryngologic Clinics of North America.* V 51, n.6, p. 1151-1167, December, 2018

ROSEBROCK, A. **Real-time facial landmark detection with OpenCV, Python, and dlib.** Pyimage search. April 17, 2017. Disponível: <https://www.pyimagesearch.com/2017/04/03/facial-landmarks-dlib-opencv-python/>

TWARDOWSCHY CA; *et al.* **Paralisia facial periférica bilateral: um desafio diagnóstico.** Revista Brasileira de Neurologia e Psiquiatria. V. 20, n. 2, p. 170-174, Maio/Ago2016

SILVA, IA; MAGALHÃES, T. **Tratamento farmacológico da Paralisia Facial Periférica Idiopática: qual a evidência?** Rev. Port. Med. Geral. Fam. V. 29, p. 308-14. 2013.

SILVA, MFF *et al.* **Conteúdos psíquicos e efeitos sociais associados à paralisia facial periférica: abordagem fonoaudiológica.** Arquivos Int. Otorrinolaringol. São Paulo, v. 15, n. 4, p. 450-460, dezembro de 2011.

SOUZA, FI. *et al.* **Métodos Fisioterapêuticos utilizados no Tratamento da Paralisia Facial Periférica: Uma Revisão.** Revista Brasileira de Ciências da Saúde. V. 19, n. 4, p. 315320 . 2015.

SOUZA. SHW *et al.* **Effect of a rehabilitation program using virtual reality for balance and functionality of chronic stroke patients.** Motriz, Rio Claro, v.21 n.3, p.237-43, Jul/Set. 2015.

SOUZA. **Sistema de aquisição de sinais de EMG e ECG para plataforma android tm.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

TASNEEM; SHOME; HOSSAIN. **A gaming approach in physical therapy for facial nerve paralysis patient.** 16th Int'l Conf. Computer and Information Technology. Khulna, Bangladesh. March, 2014.

TORI, R; KIRNER, C; SISCOUTO, R. **Tecnologia de realidade virtual e aumentada.** Belém- PA. Sociedade Brasileira de Computação.2006.

VIANNA, ET AL. **Gamification, Inc : como reinventar empresas a partir de jogos.** Ed. MJV Press, Rio de Janeiro. P.116.2013.

WENCESLAU C G L. **Eletromiografia de superfície e avaliação clínica da mímica facial em pacientes com paralisia facial periférica idiopática.** 2015. 57 f. Dissertação (mestrado em ciências da reabilitação) Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

VIUDES, MD. **Desenvolvimento de sistema de biofeedback eletromiográfico para otimização do controle motor.** 2005. f Dissertação (Mestrado Engenharia Elétrica) Universidade Estadual de Campinas Campinas, SP 2005.

XIE, et al. **Degree Evaluation of Facial Nerve Paralysis by Combining LBP and Gabor Features.** In Proceedings of the 2nd International Symposium on Image Computing and Digital Medicine (ISICDM 2018). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. P. 143–147. 201



## APÊNDICE 1

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa **ELETROMIOGRAFIA E REALIDADE VIRTUAL PARA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA**, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) Maria Clara Porfírio de Souza, Endereço: Rua Leôncio Rodrigues, número 99, Dois unidos, Recife- Pernambuco. CEP: 52150050. Telefone: (81) 9 94051552, e-mail: mclarafisioterapia@gmail.com.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche 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.

#### INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

**Descrição da pesquisa:** : O senhor (a) está sendo convidado a participar de um estudo onde o objetivo é desenvolver uma ferramenta que utiliza eletromiografia ( é um instrumento para a análise do sinal da musculatura) e jogos de vídeo game para auxiliar no processo de reabilitação de pacientes com paralisia facial periférica.

Pesquisas apontam que o processo de reabilitação na paralisia facial periférica é primordial para que os pacientes tenham uma melhor qualidade de vida.

Os jogos de vídeos ajudam e favorecem o aprendizado trazendo motivação, porém a maioria desses jogos foram desenvolvidos para divertir indivíduos saudáveis, podendo apresentar riscos durante seu uso. Então, é relevante que sejam desenvolvidos instrumentos que contenham jogos de vídeo games direcionados para tratar pessoas acometidas pela paralisia facial periférica. Os voluntários da pesquisa irão realizar uma tarefa utilizando um jogo no computador. Os participantes serão acompanhados por profissionais capacitados a todo momento. A pesquisa foi realizada na Clínica Escola de Saúde UNISÃOMIGUEL localizada na Avenida Beberibe, 404, Encruzilhada, Recife - PE, CEP, 52081-430.

**Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa:** Será realizada inicialmente, uma triagem através de uma ficha de avaliação, para identificar o paciente e verificar os critérios de elegibilidade. Logo após os participantes que forem elegíveis serão submetidos a utilizar o instrumento com o jogo de computador, será realizarão um único teste que terá duração de aproximadamente 10 a 20 minutos, por fim os voluntários responderão um questionário formulado para esta pesquisa que será composto por 5 perguntas classificadas em uma escala de 0 a 10, para de identificar o grau de satisfação do participante em relação ao instrumento utilizado. Os voluntários estarão sentados em uma cadeira, com os eletrodos de eletromiografia devidamente posicionados sobre os músculos faciais, e ficarão de frente a uma tela de televisão ou computador que irá conter um jogo de vídeo em que os mesmos irão realizar movimentos com os músculos da face como: sorrir e fechar os olhos interagindo com o jogo.

**RISCOS diretos para o voluntário (prejuízo, desconforto, constrangimento, lesões que podem ser provocados pela pesquisa):** Esse estudo não irá utilizar nenhum método ou procedimento que possa vir a causar danos ou prejuízos à sua saúde, mas você pode se sentir incomodado (a) e/ou constrangido (a), ou pode sentir tonturas ou desconforto 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 diretos e indiretos para os voluntários:** Este estudo não proporciona benefícios diretos aos participantes, porém com os resultados obtidos nesta pesquisa, espera-se contribuir, para reabilitação de pessoas com sequelas de PFP, sugerindo um novo dispositivo para o tratamento. Os benefícios relacionados a pesquisa são de desenvolver um instrumento que irá auxiliar na reabilitação da PFP com RV em tempo real. Os voluntários dessa pesquisa estarão contribuindo para a validação desse instrumento. 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 do pesquisador, professor orientador Alana Elza Fontes Da Gama, telefone: 9.9873-5328, e-mail: [alanaelza@gmail.com](mailto:alanaelza@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](mailto:cepccs@ufpe.br)), no horário de 8:00h às 12:00h, da segunda a sexta-feira.**

---

Maria Clara Porfírio de Souza

### CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIA

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 a pesquisadora responsável, concordo em participar do estudo, **ELETROMIOGRAFIA E REALIDADE VIRTUAL PARA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA**, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora 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.

Recife, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.

---

Nome e Assinatura da Participante

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

---

Nome e Assinatura da Testemunha

Impres  
são Digital

---

Nome e Assinatura da Testemunha

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

## APÊNDICE 2



### FICHA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS/ANAMNESE

Paciente: \_\_\_\_\_ Cuidador: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Telefones: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) M ( ) F  
 Estado Civil: \_\_\_\_\_. Data de Nasc.: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Profissão:  
 \_\_\_\_\_ Endereço: \_\_\_\_\_  
 Telefone(s) do Paciente: \_\_\_\_\_. Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_. Grau  
 de Instrução: ( ) Analfabeto ( ) Ignorado ( ) 1º grau completo ( ) 1º grau incompleto ( ) 2º grau completo  
 ( ) 2º grau incompleto ( ) Nível superior( ), Pós-graduação.  
 Diagnóstico médico: \_\_\_\_\_. Comorbidades: ( ) Diabetes Mellitus  
 ( ) Cardiopatia. ( ) Hipertensão arterial sistêmica ( ) Tabagismo ( ) \_\_\_\_\_ Alcoolismo  
 ( ) \_\_\_\_\_ ( ) Desnutrição ( ) Prótese Dentária ( ) Labirintite/Vestibulopatias ( ) Déficits  
 auditivos: \_\_\_\_\_ ( ) Usa aparelho auditivo? \_\_\_\_\_ ( ) Déficits visuais:  
 \_\_\_\_\_ Usa óculos: sim ( ) não ( ). Outras doenças neurológicas: ( )  
 Quais? \_\_\_\_\_  
 Tem alguma alergia? Não ( ), Sim ( ). 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 \_\_\_\_\_ Está fazendo fisioterapia? \_\_\_\_ Caso  
 a resposta seja afirmativa, por quanto tempo? \_\_\_\_\_ Fonoaudiologia? \_\_\_\_\_.  
 Caso a resposta seja afirmativa, por quanto tempo: \_\_\_\_\_ O Sr (a) tem  
 alguma queixa, pergunta ou alguma observação a fazer: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Assinatura do avaliador:

\_\_\_\_\_

## APÊNDICE 3

### APÊNDICE 3 - 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:

Entrevistado (a) \_\_\_\_\_

Data \_\_\_ \ \_\_\_ \ \_\_\_ Idade \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_

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

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

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

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

3. Achei o jogo fácil de utilizar.

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

4. Considerei o jogo mais complexo do que o necessário.

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. Senti-me muito confiante ao utilizar este sistema.

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

8. Considerei o sistema muito complicado de utilizar.

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

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

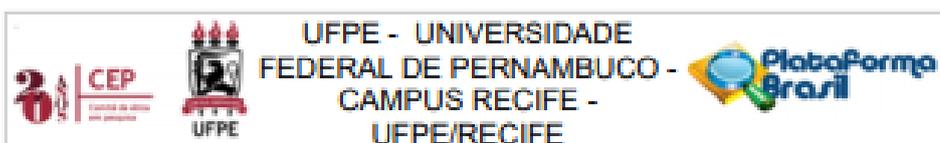
1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**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 1



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** ELETROMIOGRAFIA E REALIDADE VIRTUAL PARA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA.

**Pesquisador:** maria clara porfirio de souza

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 20080519.6.0000.5208

**Instituição Proponente:** CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIENCIAS

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.689.768

#### Apresentação do Projeto:

**Título da Pesquisa:** ELETROMIOGRAFIA E REALIDADE VIRTUAL PARA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA.

**Pesquisador Responsável:** maria clara porfirio de souza

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 20080519.6.0000.5208

**Submetido em:** 29/10/2019

**Instituição Proponente:** CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIENCIAS

**Situação da Versão do Projeto:** Em relatório

**Localização atual da Versão do Projeto:** UFPE - Universidade Federal de Pernambuco - Campus Recife - UFPE/Recife

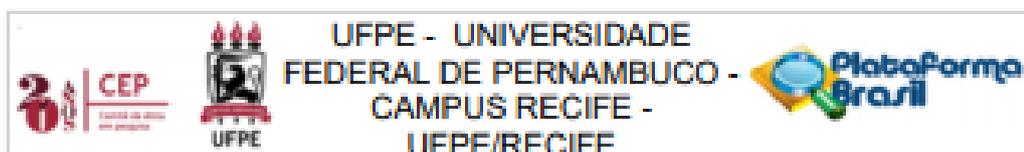
#### Objetivo da Pesquisa:

##### Hipótese:

O uso de um dispositivo com realidade virtual e eletromiografia pode ser capaz de auxiliar os pacientes com paralisia facial periférica a ter uma reabilitação mais motivacional e efetiva.

##### Objetivo Primário:

**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



Continuação do Parecer: 3.669.768

• Desenvolver um equipamento de biofeedback por EMG de superfície e realidade virtual, para auxiliar na reabilitação dos movimentos dos músculos da face em pacientes acometidos por paralisia facial periférica.

**Objetivo Secundário:**

• Dimensionar requisitos, como faixa de frequência, filtros e posicionamentos de eletrodos das ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de uma placa de aquisição de sinais de EMG. • Investigar o comportamento do instrumento de aquisição de sinais de EMG durante sua aplicação. •

Desenvolvimento/adaptação de uma plataforma de realidade virtual não imersiva adequada para a reabilitação de indivíduos com sequelas de PFP, utilizando os sinais de EMG.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:**

Haverá um risco de constrangimento da paciente, para minimiza-lo, apenas a pesquisadora se encontrará na clínica no momento da triagem. 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, o SAMU será chamado

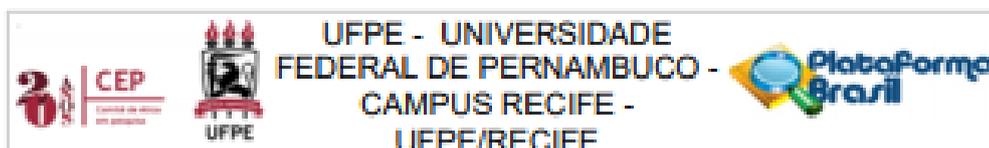
imediatamente a fim de prestar o devido socorro, ou o paciente será conduzido ao Hospital mais próximo. O instrumento utilizado é alimentado por bateria, não terá nenhum contato com corrente elétrica.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e apenas serão divulgadas 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 através da assinatura do TCLE.

**Benefícios:**

Este estudo não proporciona benefícios diretos aos participantes, porém com os resultados obtidos nesta pesquisa, espera-se contribuir de forma positiva para a reabilitação de pessoas com sequelas de PFP, sugerindo um novo dispositivo para o tratamento. Os benefícios relacionados a pesquisa são de desenvolver um instrumento que irá auxiliar na reabilitação com RV em tempo

**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:** cepcca@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.486.768

real. Os voluntários dessa pesquisa estarão contribuindo para a validação desse instrumento.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa viável, que pode resultar em avanço científico na área.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos presentes.

**Recomendações:**

Não há

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

As pendências sobre a origem do equipamento de eletromiografia foram atendidas. A nova versão do projeto já contempla estas mudanças.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

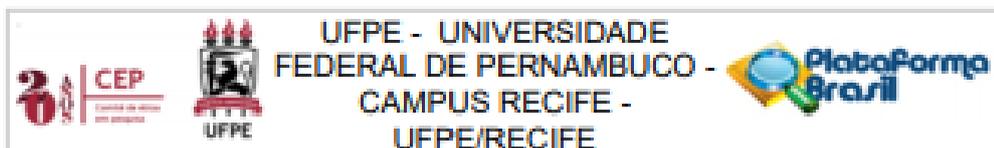
As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", 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 neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). O CEP/CCS/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do(a) pesquisador(a) assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-800  
 UF: PE Município: RECIFE  
 Telefone: (81)2126-8568 E-mail: cepccs@ufpe.br



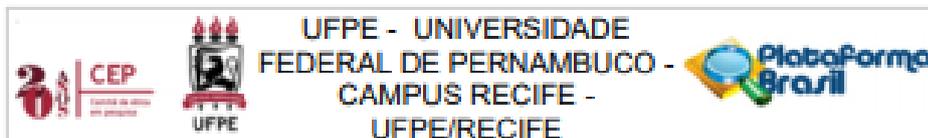
Continuação do Parecer: 3.689.768

Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1296867.pdf	29/10/2019 12:34:43		Aceito
Outros	cartarespostapendenciass.docx	29/10/2019 12:33:22	maria clara porfirio de souza	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	CEPPROJETO000.docx	29/10/2019 12:27:18	maria clara porfirio de souza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLMAiores18.doc	03/09/2019 11:28:17	maria clara porfirio de souza	Aceito
Outros	TermoConfidencialidade.pdf	03/09/2019 11:25:29	maria clara porfirio de souza	Aceito
Outros	comprovantevinculo.pdf	29/08/2019 19:01:50	maria clara porfirio de souza	Aceito
Folha de Rosto	folhaR.pdf	07/06/2019 09:33:20	maria clara porfirio de souza	Aceito
Outros	CurriculoLattes.pdf	04/04/2019 14:12:28	maria clara porfirio de souza	Aceito
Outros	CurriculodoSistemadeCurriculosLattesMarea.pdf	04/04/2019 14:10:53	maria clara porfirio de souza	Aceito
Outros	CurriculoAlana.pdf	04/04/2019 14:09:34	maria clara porfirio de souza	Aceito
Outros	AVALIAMIMICA.docx	27/02/2019 20:03:20	maria clara porfirio de souza	Aceito
Outros	ESCALAHBM.docx	27/02/2019 20:01:02	maria clara porfirio de souza	Aceito
Outros	QUESTAVA.docx	27/02/2019 19:58:01	maria clara porfirio de souza	Aceito
Outros	QUESTSOCIO.docx	27/02/2019 19:54:56	maria clara porfirio de souza	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	COMITESM.pdf	27/02/2019 19:38:50	maria clara porfirio de souza	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	INFRAESTRUTURA_.pdf	27/02/2019 19:37:27	maria clara porfirio de souza	Aceito

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: cepcca@ufpe.br



Continuação do Parecer: 3.689.768

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

RECIFE, 07 de Novembro de 2019

---

**Assinado por:**

**Gisele Cristina Sena da Silva Pinho  
(Coordenador(a))**

**Endereço:** Av. de Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-500  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81) 2126-8588 **E-mail:** cepccc@ufpe.br