

**UNIVERSIDADE DE SOROCABA
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO E ASSUNTOS ESTUDANTIS
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**André Lucas de Macedo Santos
Luan Castelhana de Jesus
Lucas Vinicius de Oliveira
Raul Guilherme Gomes de Abreu Whitaker Salles**

**LUA INTELIGENTE PARA AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO MOTORA E
FUNCIONAL DAS MÃOS VOLTADO PARA O MONITORAMENTO COM VIÉS A
GAMIFICAÇÃO**

**Sorocaba/SP
2022**

**André Lucas de Macedo Santos
Luan Castelhana de Jesus
Lucas Vinicius de Oliveira
Raul Guilherme Gomes de Abreu Whitaker Salles**

**LUA INTELIGENTE PARA AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO MOTORA E
FUNCIONAL DAS MÃOS VOLTADO PARA O MONITORAMENTO COM VIÉS A
GAMIFICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para a
obtenção do Diploma de Graduação em
Engenharia da Computação da
Universidade de Sorocaba.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Garcia

**Sorocaba/SP
2022**

SANTOS, André L. M.; JESUS, Luan C.; OLIVEIRA, Lucas V.; SALLES, Raul G. G. A. W. Luva inteligente para auxílio na reabilitação motora e funcional das mãos voltado para o monitoramento com viés a gamificação. **UNISO - Universidade de Sorocaba**. Sorocaba, v. 1, p. x-x, xxx. 2022.

**André Lucas de Macedo Santos
Luan Castelhana de Jesus
Lucas Vinicius de Oliveira
Raul Guilherme Gomes de Abreu Whitaker Salles**

**LUA INTELIGENTE PARA AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO MOTORA E
FUNCIONAL DAS MÃOS VOLTADO PARA O MONITORAMENTO COM VIÉS A
GAMIFICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para a
obtenção do Diploma de Graduação em
Engenharia da Computação da
Universidade de Sorocaba.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Prof.(a) <<Titulação e nome completo do orientador>>
Universidade de Sorocaba

Prof.(a) Nome Completo do(a) Examinador(a)
Instituição a que ele(a) pertence

Prof.(a) Dr.(a) Nome Completo do(a) Examinador(a)
Instituição a que ele(a) pertence

Prof.(a) Dr.(a) Nome Completo do(a) Examinador(a)
Instituição a que ele(a) pertence

Prof.(a) Dr.(a) Nome Completo do(a) Examinador(a)
Instituição a que ele(a) pertence

Dedico...

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

“Seu trabalho vai preencher uma parte grande da sua vida, e a única maneira de ficar realmente satisfeito é fazer o que você acredita ser um ótimo trabalho. E a única maneira de fazer um excelente trabalho é amar o que você faz.”

– Steve Jobs

RESUMO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec id lectus lacus. Ut vitae mollis ipsum. Phasellus mollis eros dignissim nulla gravida, vel lobortis risus luctus. Morbi enim urna, suscipit a tincidunt vel, tincidunt vel lacus. Nulla dictum ex non nisi dictum, eu accumsan diam volutpat. Phasellus a vehicula ipsum. Suspendisse feugiat lacus felis, tristique elementum orci faucibus et. Pellentesque laoreet mauris fermentum sollicitudin molestie. Morbi semper vulputate sollicitudin. Aenean fermentum tempus pulvinar. Donec cursus orci a metus egestas, in hendrerit lacus pellentesque. Nullam rhoncus molestie sapien, nec laoreet leo pretium in. Vestibulum massa metus, commodo nec blandit sed, molestie at nunc. Suspendisse eu posuere purus, in placerat lorem. Sed imperdiet ligula quis ex accumsan, non eleifend leo dapibus. Praesent vel sodales massa. Integer finibus nibh a sapien sagittis efficitur nec vel purus. Duis ac purus dolor. Nam pharetra nunc ullamcorper arcu vulputate, eget semper mi interdum. Proin imperdiet tincidunt nibh ut venenatis. Nulla dictum, tellus sed aliquet laoreet, ex libero tincidunt diam, a tincidunt ipsum nunc quis felis. Mauris et sapien id metus tristique malesuada. Ut non blandit leo. Pellentesque nec gravida justo. Curabitur consequat velit orci, non molestie nisl euismod eget. Etiam neque urna, finibus id nibh dignissim. Morbi semper vulputate sollicitudin. Aenean fermentum tempus pulvinar. Donec cursus orci a metus egestas, in hendrerit lacus pellentesque. Nullam rhoncus molestie sapien, nec laoreet leo pretium in. Vestibulum massa metus, commodo nec blandit sed, molestie at nunc. Suspendisse eu posuere purus, in placerat lorem. Sed imperdiet ligula quis ex accumsan, non eleifend leo dapibus. Praesent vel sodales massa. Integer finibus nibh a sapien sagittis efficitur nec vel purus. Duis ac purus dolor. Nam pharetra nunc ullamcorper arcu vulputate, eget semper mi interdum. Proin imperdiet tincidunt nibh ut venenatis. Nulla dictum, tellus sed aliquet laoreet, ex libero tincidunt diam, a tincidunt ipsum nunc quis felis. Mauris et sapien id metus tristique malesuada. Ut non blandit leo. Pellentesque nec gravida justo. Curabitur consequat velit orci, non molestie nisl euismod eget. Etiam neque urna, finibus id nibh dignissim.

Palavras-chave: Palavra1. Palavra2. Palavra3.

ABSTRACT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec id lectus lacus. Ut vitae mollis ipsum. Phasellus mollis eros dignissim nulla gravida, vel lobortis risus luctus. Morbi enim urna, suscipit a tincidunt vel, tincidunt vel lacus. Nulla dictum ex non nisi dictum, eu accumsan diam volutpat. Phasellus a vehicula ipsum. Suspendisse feugiat lacus felis, tristique elementum orci faucibus et. Pellentesque laoreet mauris fermentum sollicitudin molestie. Morbi semper vulputate sollicitudin. Aenean fermentum tempus pulvinar. Donec cursus orci a metus egestas, in hendrerit lacus pellentesque. Nullam rhoncus molestie sapien, nec laoreet leo pretium in. Vestibulum massa metus, commodo nec blandit sed, molestie at nunc. Suspendisse eu posuere purus, in placerat lorem. Sed imperdiet ligula quis ex accumsan, non eleifend leo dapibus. Praesent vel sodales massa. Integer finibus nibh a sapien sagittis efficitur nec vel purus. Duis ac purus dolor. Nam pharetra nunc ullamcorper arcu vulputate, eget semper mi interdum. Proin imperdiet tincidunt nibh ut venenatis. Nulla dictum, tellus sed aliquet laoreet, ex libero tincidunt diam, a tincidunt ipsum nunc quis felis. Mauris et sapien id metus tristique malesuada. Ut non blandit leo. Pellentesque nec gravida justo. Curabitur consequat velit orci, non molestie nisl euismod eget. Etiam neque urna, finibus id nibh dignissim. Morbi semper vulputate sollicitudin. Aenean fermentum tempus pulvinar. Donec cursus orci a metus egestas, in hendrerit lacus pellentesque. Nullam rhoncus molestie sapien, nec laoreet leo pretium in. Vestibulum massa metus, commodo nec blandit sed, molestie at nunc. Suspendisse eu posuere purus, in placerat lorem. Sed imperdiet ligula quis ex accumsan, non eleifend leo dapibus. Praesent vel sodales massa. Integer finibus nibh a sapien sagittis efficitur nec vel purus. Duis ac purus dolor. Nam pharetra nunc ullamcorper arcu vulputate, eget semper mi interdum. Proin imperdiet tincidunt nibh ut venenatis. Nulla dictum, tellus sed aliquet laoreet, ex libero tincidunt diam, a tincidunt ipsum nunc quis felis. Mauris et sapien id metus tristique malesuada. Ut non blandit leo. Pellentesque nec gravida justo. Curabitur consequat velit orci, non molestie nisl euismod eget. Etiam neque urna, finibus id nibh dignissim.

Keywords: Word1. Word2. Word3.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.
Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.
Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.
Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

SIGLA	Significado (digitar a SIGLA e pressionar a tecla TAB)
-------	--

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRAFICA (PROF. VIDAL).....	15
2.1	ESTADO DA ARTE	15
2.2	PROTÓTIPO DO HARDWARE	23
2.3	Materiais	24
2.3.1	Orçamento.....	30
2.4	Métodos	30
2.4.1	TESTES PROPOSTOS.....	31
2.4.2	Desenvolvimento do Dispositivo.....	31
2.4.3	Programação Arduino.....	31
3	DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE	32
3.1	Aplicativo.....	32
3.1.1	Prototipagem do App.....	32
3.1.2	Banco de Dados.....	41
3.1.3	Dicionário de Dados	43
443.1.5	Funcionalidade e Contextualização.....	47
3.1.6	Interface e Experiência do Usuário	47
4	TESTES E RESULTADOS	48
4.1	Testes do Protótipo da Luva Inteligente	48
4.1.1	Resultados do Protótipo da Luva Inteligente	48
4.2	Teste de Execução do App Mobile	48
4.2.1	Resultados do App Mobile.....	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
	REFERÊNCIAS.....	50
	ANEXO A – EXEMPLO	52

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, diversas áreas da saúde têm sido beneficiadas, seja, obtendo melhores resultados para tratamentos ou achando solução para problemas que anteriormente não tinham. Como por exemplo a criação do exoesqueleto para reabilitar pessoas com AVC (ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO, 2020) até cirurgia a longa distância (COZER, 2019). As luvas inteligentes vêm para suprir a necessidade de monitorar o movimento da mão do paciente para obter um melhor tratamento.

A gamificação tem-se mostrado como uma ótima ferramenta para influenciar e estimular pessoas de diversas áreas, inclusive da saúde. Empregando os elementos de jogos para outros contextos, propósitos ou cenários, que vão além do entretenimento, que é o esperado para um jogo. Assim, diferentes atividades podem ser gamificadas, incluindo atividades do cotidiano (GAIO, 2021, p. 9). Por meio da integração de jogos em tratamentos é possível ajustar o comportamento do usuário positivamente quanto a ações tomadas irracionalmente que afetam sua saúde, como o hábito de fumar, obesidade, consumo excessivo de álcool, que são mantidas mesmo sabendo dos lados negativos que essas ações trazem, aumentando o foco para o objetivo desejado com recompensas para a obtenção da sensação de prazer (AJMC, 2019).

Dentro desse contexto, o projeto tem como objetivo desenvolver uma luva inteligente com um sistema de monitoramento de dados via software e aplicação de gamificação que beneficiará o profissional de fisioterapia, paciente ou usuário final de forma a complementar o tratamento na etapa de reabilitação motora. A reabilitação motora é um processo dinâmico e orientado com o objetivo de conduzir à recuperação total ou parcial das capacidades motoras que visam a reintegração social de um paciente. Existe a necessidade e a possibilidade de reabilitar pacientes com mãos lesionadas quer devido a traumas ou a patologias associadas ao sistema nervoso, graças ao fenômeno denominado neuroplasticidade. A neuroplasticidade é a capacidade das áreas saudáveis do cérebro poderem assumir funções desempenhadas pelas áreas afetadas, segundo este princípio um paciente pode recuperar total, ou parcialmente as suas capacidades por estímulo sistemático e adequado do membro afetado. A recuperação e aumento da qualidade de vida dos

pacientes é possível através da prática diária e frequente de exercícios de reabilitação (ABREU, 2015, p. I).

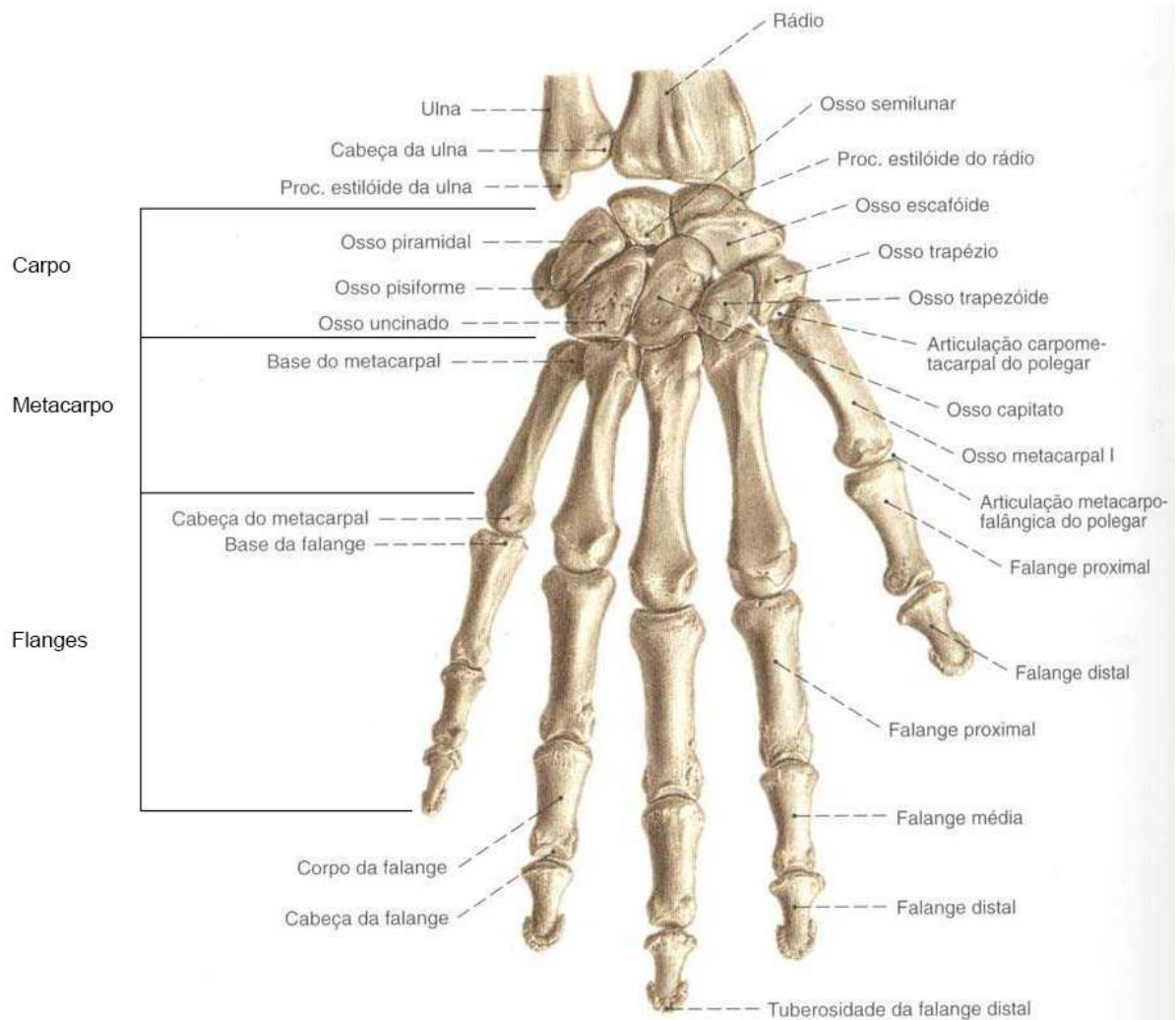
A reabilitação motora é baseada na manipulação do membro paralisado, através de estímulos e exercícios conduzidos por um terapeuta especializado. Em função do grau da disfunção motora, poderá haver a necessidade de realizar os exercícios de reabilitação diariamente e ao longo de vários meses. Em situações de mobilidade reduzida ou inexistente a utilização de um sistema ativo apresenta uma solução de apoio à reabilitação do doente, mas em situações cujos doentes apresentem alguma mobilidade, o apoio de um dispositivo passivo na reabilitação da mão se torna pertinente. As luvas passivas para a reabilitação da mão podem assim ser utilizadas como meio complementar às sessões de fisioterapia potenciando aspectos como a motivação, o interesse, em oposição às tradicionais características repetitivas e monótonas dos exercícios de reabilitação. Se almeja ainda obter o monitoramento dos movimentos funcionais da mão do usuário e suas extensões finais de forma mais precisa e eloquente de acordo com as limitações de movimento da mão por meio de dados e gráficos quantitativos, e ter um dispositivo inteligente com potencial para aplicações de realidade virtual e/ou aumentada (ABREU, 2015).

A função complexa da mão ocorre como resultado de um equilíbrio e controle de forças abrangentes entre os músculos extrínsecos e intrínsecos do punho e da mão. Com isso procura-se a otimização na evolução do tratamento do paciente com maior incentivo por meio da gamificação. Também a melhor parametrização dos dados obtidos pelo profissional da saúde em virtude das mudanças propostas aos métodos de tratamento fisioterapêuticos focados na mão (KISNER; COLBY, 2009).

2 FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRAFICA (PROF. VIDAL)

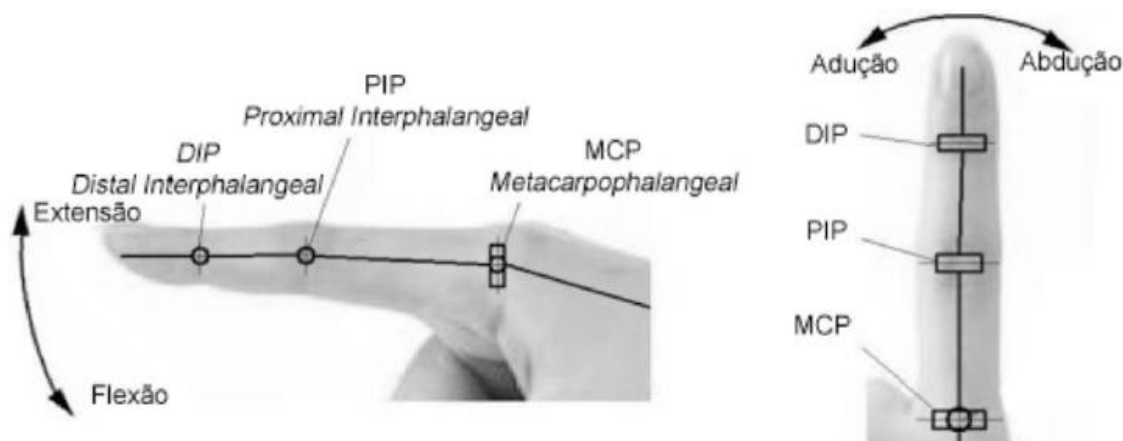
2.1 ESTADO DA ARTE

No século XX, a área da reabilitação teve seu auge de desenvolvimento influenciada pelas catástrofes mundiais que marcaram o século. Traumas como fraturas ósseas, lesões a nível dos ligamentos ou degradação natural do aparelho musculoesquelético, ou em patologias associadas ao sistema nervoso, como é o caso dos acidentes vasculares cerebrais (AVC), a doença de Parkinson, a esclerose múltipla, a paralisia cerebral, entre outras caracterizam disfunções motoras. A reabilitação motora consiste na manipulação do membro paralisado, por meio de estímulos e exercícios estrategicamente conduzidos e estipulados pelo terapeuta especializado. A frequência dos exercícios ou a necessidade está ligada ao grau da disfunção motora, em determinados casos de mobilidade reduzida ou inexistente o emprego de um sistema ativo constitui uma solução de apoio ao paciente, no entanto certos casos o paciente tem alguma mobilidade sendo apropriado o apoio através de um dispositivo passivo na reabilitação do membro. Enquanto dispositivo passivo, as luvas para reabilitação da mão se enquadram como meio complementar às sessões de fisioterapia, desempenhando fatores como motivação e/ou interesse com relação ao paciente. A mão humana é um membro superior complexo do ser humano responsável por executar ou coordenar vários movimentos ao mesmo tempo de acordo com suas subpartes desde o pulso até a extremidades dos dedos. A mão é composta pelo carpo, metacarpo e falanges, integrando um total de 27 ossos. O carpo, ou vulgarmente designado por pulso, é composto por 8 ossos. O metacarpo, zona da palma, é constituído por 5 ossos. Os 14 flanges existentes na mão constituem os ossos dos dedos.



Tirando o polegar, que pode realizar diferentes rotações e ainda ocupar uma posição perpendicular à palma da mão, os restantes dedos apresentam movimentos de extensão/flexão e adução/abdução.

Na reabilitação da mão, os dispositivos dedicados do tipo ativos e passivos desempenham um papel importante. Os primeiros possuem a capacidade de impor movimentos à mão/dedos, estando vocacionados para exercícios de reabilitação em que a mobilidade da mão é muito reduzida. Os dispositivos passivos são utilizados em doentes que apresentam capacidade de movimentação da mão e dedos, mas requerem a realização de múltiplas sessões de exercícios de reabilitação motora. Estes equipamentos passivos apresentam, normalmente, capacidade sensorial que permite monitorizar quer a posição relativa da mão/dedos quer nalguns casos, a força exercida por cada dedo, constituindo assim um dispositivo que permite avaliar o progresso dos programas de reabilitação. Se estas capacidades forem conjugadas com aplicações de software cuidadosamente desenvolvidas, o dispositivo pode ser utilizado e, na ausência de um terapeuta, permitir conduzir e monitorizar o paciente



nos exercícios de reabilitação motora. Assim, a natureza repetitiva dos exercícios de reabilitação da mão pode ser configurada para ser motivadora, interessante, podendo até constituir um desafio. Atualmente contamos com diversos modelos de luvas dotados de vários tipos de sensores e eletrônica para aquisição e processamento de dados, bem como em alguns casos aplicações de software vocacionadas para a área da reabilitação.

A Realidade Virtual pode ser utilizada como um método de tratamento de reabilitação para fornecer aos pacientes que tiveram acidente vascular cerebral interação com ambientais semelhantes ao mundo real. O uso desse recurso motiva os usuários por permitir que interajam com o ambiente virtual e enviar um feedback para o profissional da saúde durante o tratamento.

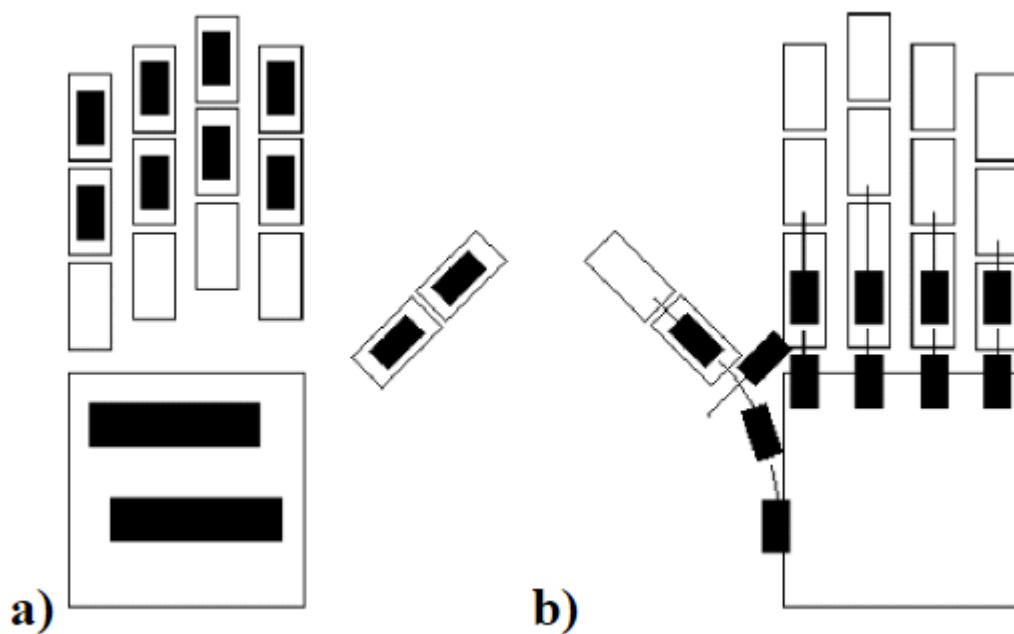
A tecnologia da Realidade Virtual utiliza os princípios de aprendizagem motora e neuroplasticidade para otimizar a recuperação da lesão cerebral do paciente. O estudo de Lee et al. (2015), evidencia que a utilização desse recurso, pode ser uma abordagem válida para a utilização em tratamentos de reabilitação.

Nesse estudo foi selecionado 40 participantes, 20 deles realizaram treino de caminhada por 30 minutos por dia, durante 5 dias por 5 semanas em conjunto com um programa de simulação de caminhada real, e como resultado, esse grupo obteve uma maior evolução motora comparado ao grupo controle que somente realizou o tratamento de treino de esteira sem qualquer imersão em realidade virtual.

Conforme ABREU, Marco André Magalhães, 2015, em seu artigo Conceção de uma luva sensorial para avaliação da capacidade de aposição do polegar, existem diversos tipos de luvas dotadas de sensores como a TUB-Sensor Glove da Universidade Técnica de Berlim, IGS Glove da empresa Synertial e até sensores que

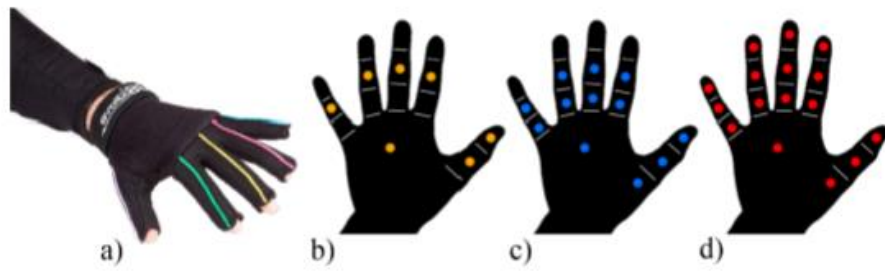
podem estar fixados a uma luva ou não, como por exemplo as tiras elásticas da Stretch Sense.

A TUB-Sensor Glove é um tipo de luvas desenvolvida pela Universidade Técnica de Berlin que mede o deslocamento angular das articulações dos dedos da mão e a distribuição de pressão na palma da mão e dedos ao agarrarem objeto. Dispõe de 12 sensores capacitivos de pressão e doze codificadores incrementais absolutos. Essa luva tem aplicações na área de reabilitação, o qual permite uma comunicação com o computador através da porta serial RS-232, e o diagnóstico e tratamento em pacientes com disfunção motoras através da monitorização e estudo de imagens simuladas em 3D.



- a) Posição dos sensores de pressão na palma da luva
- b) Posição dos sensores de posição na costela da luva

A empresa Synertial desenvolveu a luvas IGS Glove, que contém sensores inerciais (IMU) para aquisição dos movimentos da mão e dedos, com diversas aplicações no mercado, como por exemplo projetos de investigação, animação, ergonomia e simulação. Os modelos comercializados pelo fabricante podem chegar até quinze sensores inerciais. A comunicação da luva com o computador pode ser cabeada via USB ou Wireless com autonomia de 4h.



- a) Disposição dos sensores na luva
- b) Modelo com sete sensores
- c) Modelo com doze sensores
- d) Modelo com quinze sensores

Uma empresa neozelandesa chamada Stretch Sense, desenvolveu tiras elásticas de material capacitivo, constituído a partir de uma estrutura polimérica laminar. Estes sensores têm a capacidade de sensorização de deformações de estruturas flexíveis, como por exemplo o corpo humano. Podem ser fixos à uma peça de roupa ou ao corpo. Podem ser comunicados com um dispositivo através de aplicações dedicadas.

Em uma página na internet, a empresa demonstra a potencialidade do produto, com um vídeo de uma aplicação dos sensores para medição da flexão dos dedos de uma mão e um dispositivo móvel para o monitoramento dos movimentos em tempo real.

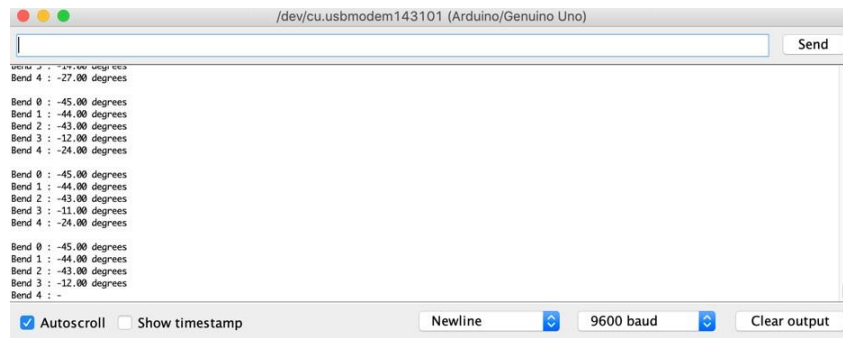


A medição do deslocamento angular é realizada por meio dos sensores tipo capacitivo. Um kit desse produto constituído de uma bateria, carregador, módulo de comunicação Bluetooth e dois sensores capacitivos Stretch Sense pode ser adquirido por um preço elevado de 800€.

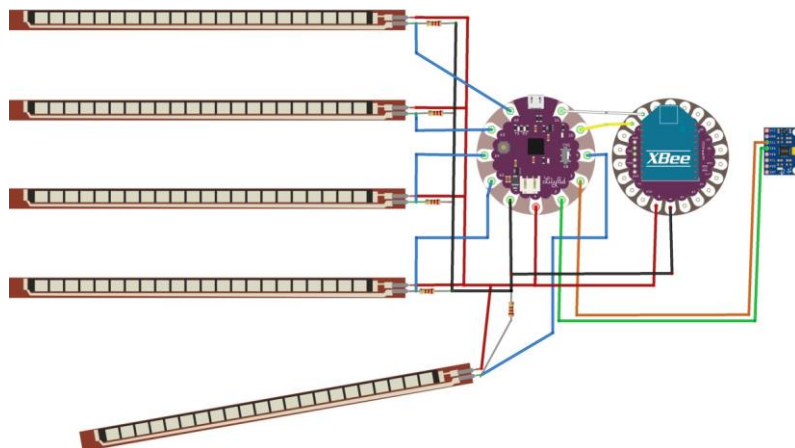
ZEINEDDINE, Rabah et al, 2019, apresentam uma luva de dados de baixo custo utilizando a placa Arduino LilyPad, e sensores flex. Esses sensores permitem calcular o ângulo de inclinação de cada dedo, utilizando um algoritmo

que transforma a resistência de cada sensor em um ângulo. Outros componentes utilizados foram o acelerômetro e giroscópio, o que permite calcular a rotação e o movimento da luva em tempo real.

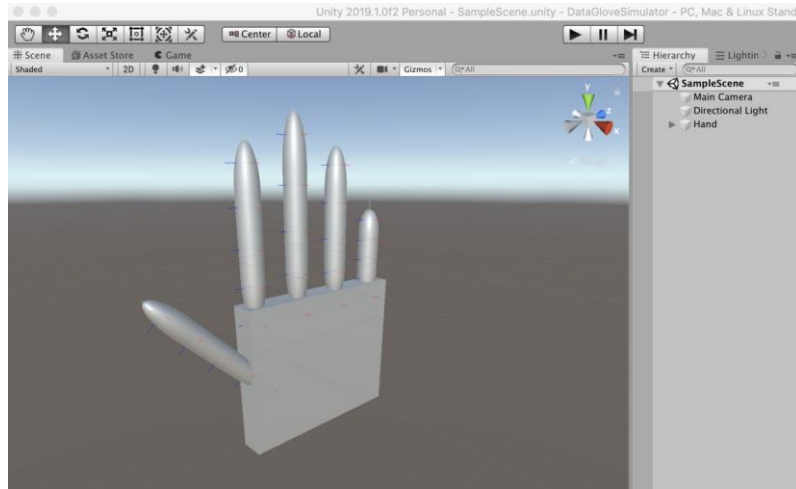
Com a ligação dos senores flex ao Arduino, foi capturado o ângulo de cada sensor, conforme figura abaixo:



Após estudos, foi implantado o dispositivo MPU-6050 para ter mais dados como a rotação e a aceleração da luva. Também foi utilizado o dispositivo XBEE que permite transmissão de dados sem fio. A figura a seguir mostra o diagrama da luva de dados:



Para simular os dados capturados, foi desenvolvido uma aplicação em 3D no ambiente Unity, o qual leu os dados recebidos e replicou no modelo, conforme figura a seguir:



Com os resultados obtidos, foi possível desenvolver uma luva com o preço de \$ 120, custo inferior do valor de mercado. Além que foi possível simular em um ambiente de desenvolvimento 3D e capaz de capturar os dados necessários com comunicação Wireless, para serem analisados e simular em diversas aplicações. A figura a seguir representa o modelo final:

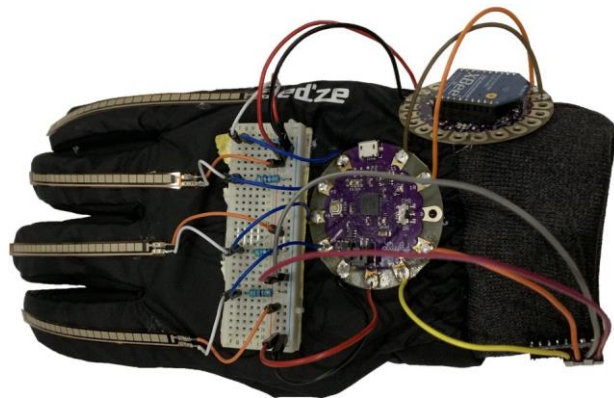


Figura 1 - Modelo Data Glove

Segundo LIN, Bor-Sing et al, 2018, Luvas de dados são os sistemas vestíveis mais famosos, e com o avanço tecnológico diferentes sensores, incluindo sensores mecânicos, resistivos, de fibra óptica e unidades de medida inercial (IMU), tem sido incorporados em luvas de dados para capturar os movimentos da mão. Com isso em mente, projetaram uma luva para ter baixo custo, ser fácil de vestir, e de alta confiabilidade para avaliação das funções da mão.

Esta luva conta com 18 sensores IMUs espalhados pelos dedos, costa da mão e pulso que captam e medem os movimentos dos dedos e do pulso e os enviam para um sistema por meio de um módulo Bluetooth. Os IMUs são soldados em um circuito impresso, formando uma placa de sensor do IMU (IMU-SB), que é soldado e conectado a um circuito impresso flexível (FPCB), aumentando a estabilidade e confiabilidade no sinal do IMU, os circuitos flexíveis são então conectados a uma placa adaptadora que serve como ponte para conectar à placa de captura de movimento (MCM) que é abastecida por uma bateria de lítio-íon polímero de 600 mAh. Segundo os autores esse método foi utilizado por conta da solda direta do IMU ao circuito impresso flexível aumentar o risco de vazamento da solda e instabilidade no sinal do IMU.

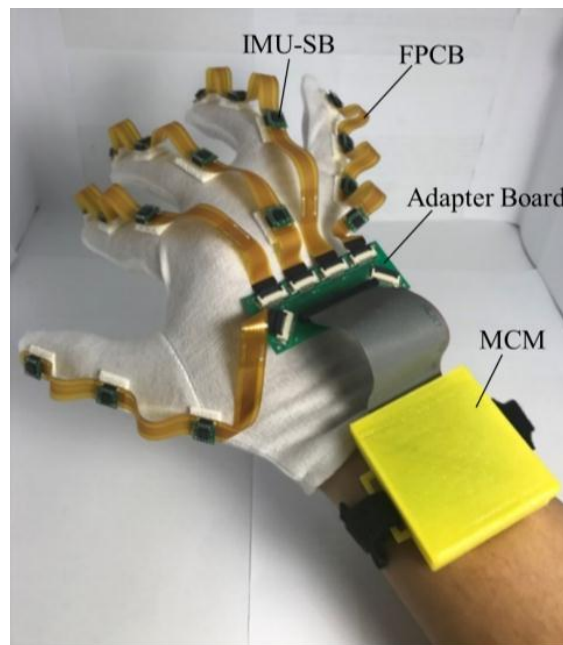


Figura 2 - Modelo Taiwanês

Segundo os autores, para verificar a confiabilidade e estabilidade da luva, foram feitos três experimentos. O primeiro verificou a confiabilidade dos dados brutos obtidos dos IMUs usados em comparação com um IMU confiável (LPMS-B) e como resultado foi obtida grande ligação entre os resultados, tornando os dados confiáveis. O segundo verificou o ângulo estático por meio de cálculos da raiz quadrada do erro-médio, que apontaram menos de 1 grau em qualquer ângulo estático, indicando alta precisão do algoritmo quanto ao alcance de movimento. O terceiro experimento

verificou a capacidade de registro dos movimentos contínuos dos dedos em situações ativas o que resultou em um erro médio de ± 3 graus no movimento. Segundo os autores esse erro pode ter sido da própria ferramenta de teste. Além do mais, os ângulos de referência só podem ser informados a cada 20 milissegundos quando em um certo ângulo estático, mas a transição de estado do servomotor não pode ser informada por conta do atraso de 500 milissegundos do programa desenvolvido para controlá-lo, na troca de ângulo. Um último experimento verifica a estabilidade da luva, os resultados mostraram que o algoritmo de fusão de dados se mantém estável por um longo período. De qualquer forma, em atividades de reabilitação ou na avaliação da função da mão, o erro médio menor que ± 3 graus é aceitável para os médicos enquanto os pacientes estão trabalhando em tarefas de reabilitação. Portanto a luva de dados permanece aplicável no âmbito médico (Tradução nossa).

2.2 PROTÓTIPO DO HARDWARE

Por meio de estudos da anatomia da mão humana e pesquisas, e dispositivos possíveis a serem implantados ao hardware principal Arduino, foi definido os seguintes materiais a serem implementados à luva inteligente.

2.3 Materiais

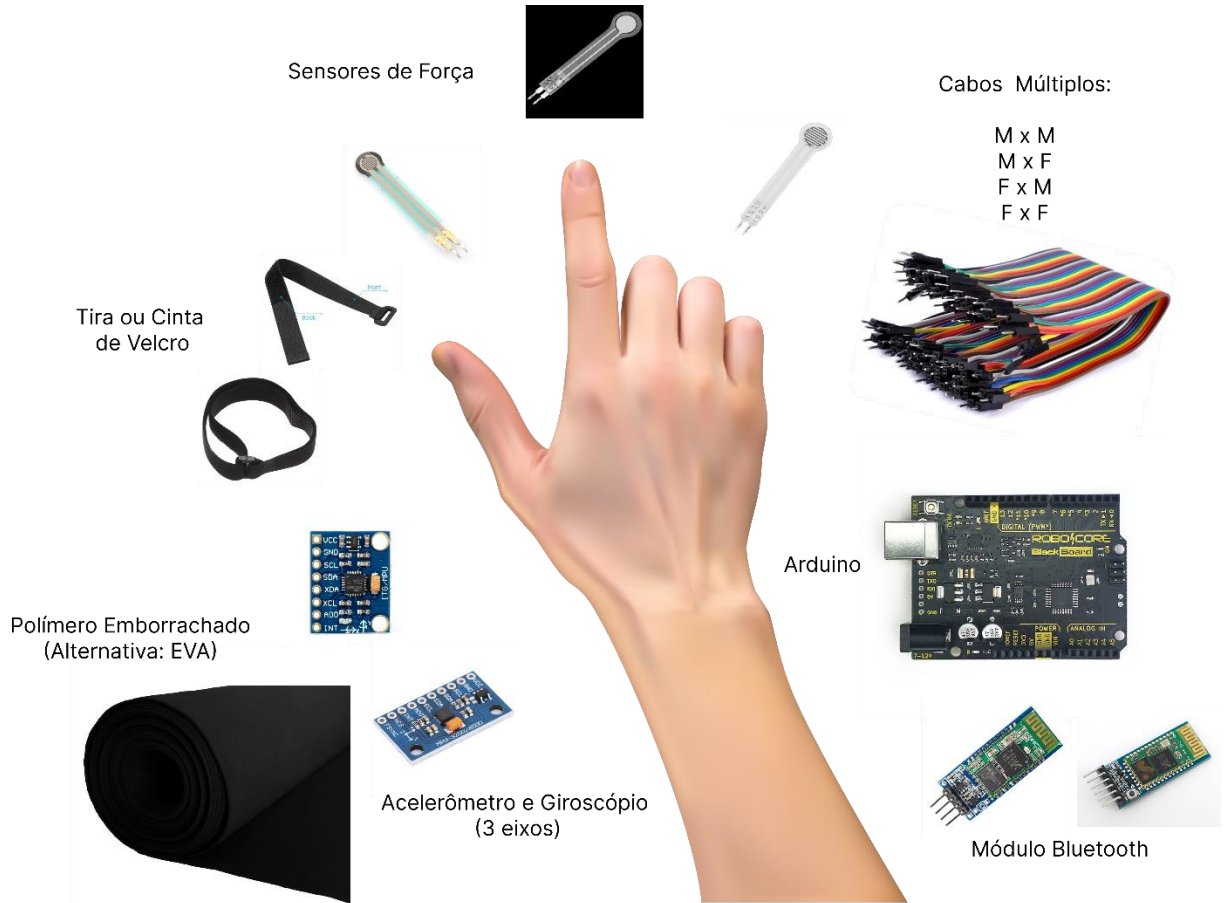


Figura 3

Tabela 1 – Possíveis Componentes

Componente	Modelo	Identificação Comercial
Placa	UNO R3	BlackBoard UNO R3
Módulo	Bluetooth HC-05 RS232	—
Módulo	Bluetooth HC-08 4.0 BLE	—
Módulo	SparkFun Bluetooth Mate Silver	WRL-12576 ROHS
Sensor	BNO080	BNO08X family
Sensor	MPU-6050	—
Sensor	Force Sensitive Resistor (0.1N - 10N)	—
Sensor	DF9-40	Aramox
Sensor	Flex Sensor 2.2"	—

Fonte: Elaboração própria.

Sensores de Força:

Responsável por capturar a força aplicada a esse dispositivo, seu funcionamento é similar a um potenciômetro que no caso, ao aplicar uma força a resistência do sensor diminui, e ao soltar o valor de resistência volta ao padrão.

Tira ou cinta de Velcro:

Será utilizado para fixar os dispositivos nas extremidades da mão e garantir melhor fixação da luva ao paciente.

Polímero Emborrachado:

Esse material será responsável por cobrir a mão e servirá de apoio para as cintas de velcro.

Cabos Múltiplos:

Os cabos múltiplos conectarão todos os dispositivos de hardware à placa principal (Arduino).

Módulo Bluetooth:

Esse módulo cria um sinal Bluetooth que pode ser conectado a outro que receba e identifique esse sinal.

Acelerômetro e Giroscópio:

Esse dispositivo permite a leitura espacial (x, y, z) da localização onde ele se encontra, por meio da relação à aceleração e força da gravidade.

Arduino:

É o hardware principal, onde todos os dispositivos são interligados e nele contém a programação responsável que obterá os valores necessários de leitura e monitoramento do movimento da mão do usuário.

Módulo Bluetooth

É um protocolo e hardware que possibilita a comunicação sem fio sendo usado em dois dispositivos como um transmissor e receptor de informação, utilizados em notebooks, dispositivos móveis e sistemas sem fio, mas principalmente em sistemas embarcados e dispositivos que não contam com outros tipos de comunicação sem fio seja por condições específicas ou limitações físicas.

Bluetooth é um protocolo de comunicação sem fio, por meio de ondas de curta distância e com baixo consumo de energia, possibilitando a comunicação entre dispositivos.

“O nome da tecnologia é uma referência a um rei que viveu há mais de mil anos atrás chamado Harald “Bluetooth” Gormsson, que ficou muito conhecido por unir a Dinamarca e a Noruega no ano de 958. Seu apelido “Bluetooth” se deve a um de seus dentes estar morto, que tinha aparência azul/verde escurecido.

O nome surgiu como uma proposta de nome temporário por Jim Kardach da Intel em 1996 em uma reunião dos líderes da Intel, Ericsson e Nokia, Segundo Jim, “King Harald Bluetooth ficou famoso por unir a Escandinávia assim como planejamos unir a indústria dos computadores e dos celulares com comunicação sem cabo a curta distância”¹.

<https://www.edgefxtech.com/blog/interfacing-hc-05-bluetooth-module-with-microcontroller/>

¹ Fonte: <https://www.bluetooth.com/about-us/bluetooth-origin/>
Acesso em: 19 mai 2022.

Bluetooth HC-05 RS232

O módulo HC-05 RS232 é muito utilizado devido sua simplicidade e facilidade de uso com microcontroladores como Arduino, Raspberry, PIC, entre outros, que possuem comunicação Bluetooth. Trabalhando com a versão 2.0, protocolo SPP do Bluetooth a uma frequência de 2.4Ghz, o HC-05 possui alcance de até 10 metros, adaptador para regulagem de tensão, barra de pinos, facilitando a conexão com placas microcontroladas, LED indicativo sobre o pareamento do módulo com algum dispositivo, botão para reset manual e em alguns casos possui capa protetiva contra agentes externos. Diferente do HC-06, o HC-05 RS232 também trabalha em modo mestre, possibilitando sua comunicação com outros dispositivos e não o deixando preso a uma conexão somente passiva².

² Fonte: <https://www.autocorerobotica.com.br/modulo-bluetooth-rs232-hc-05>
<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bluetooth-rs232-hc-05/>

Acesso em: 16 mai. 2022.

Figura 4 – Modulo Bluetooth HC-05 RS232



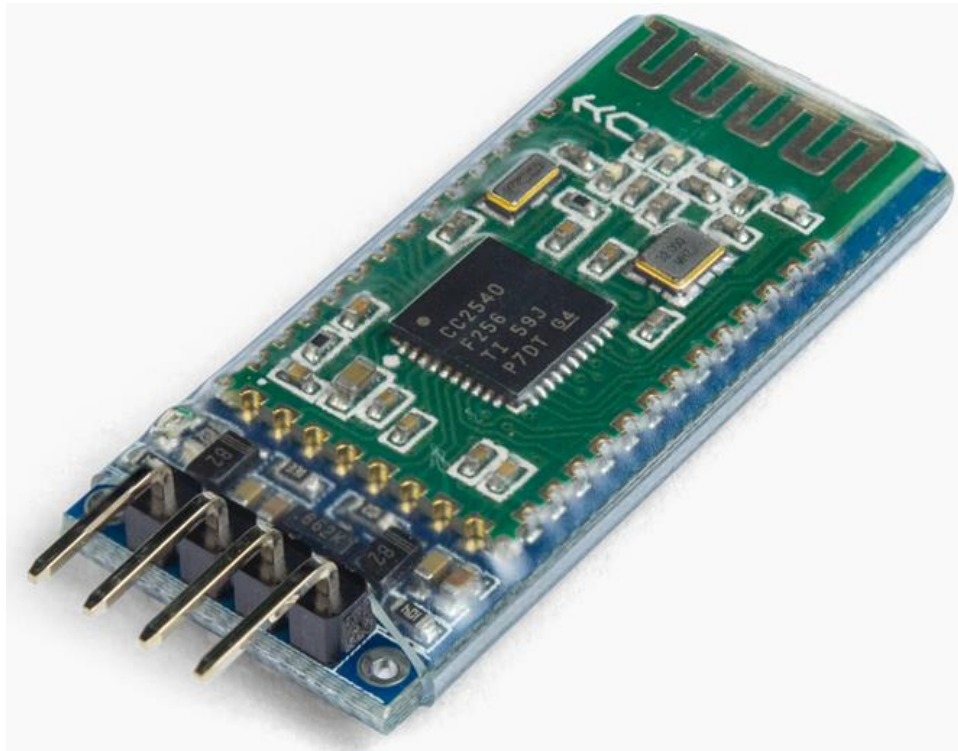
FONTE: Imagem retirada de: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bluetooth-rs232-hc-05/>

Bluetooth HC-08 4.0 BLE

O módulo HC-08 4.0 BLE (FIGURA X) é comumente utilizado na criação de redes sem fio, possibilitando comunicação entre um Iphone e um microcontrolador. Assim como o módulo HC-05, o HC-08 também trabalha a uma frequência de 2.4Ghz e no modo de mestre além do escravo possibilitando comunicação com outros dispositivos microcontroladores, além de possuir melhorias na velocidade de processamento, capacidade de programação como melhor suporte matemático, maior manipulação de dados e modos de endereçamento e trabalhando com uma versão mais avançada de Bluetooth, sendo a v4.0 somente protocolo BLE³.

³ Fonte: <https://www.nxp.com/docs/en/application-note/AN1218.pdf>
<https://www.usinainfo.com.br/modulo-bluetooth-arduino/modulo-bluetooth-hc-08-40-ble-arduino-para-iphone-e-ipad-masterslave--3673.html>.
Acesso em: 16 mai. 2022.

Figura 5 – Módulo Bluetooth HC-08 4.0 BLE



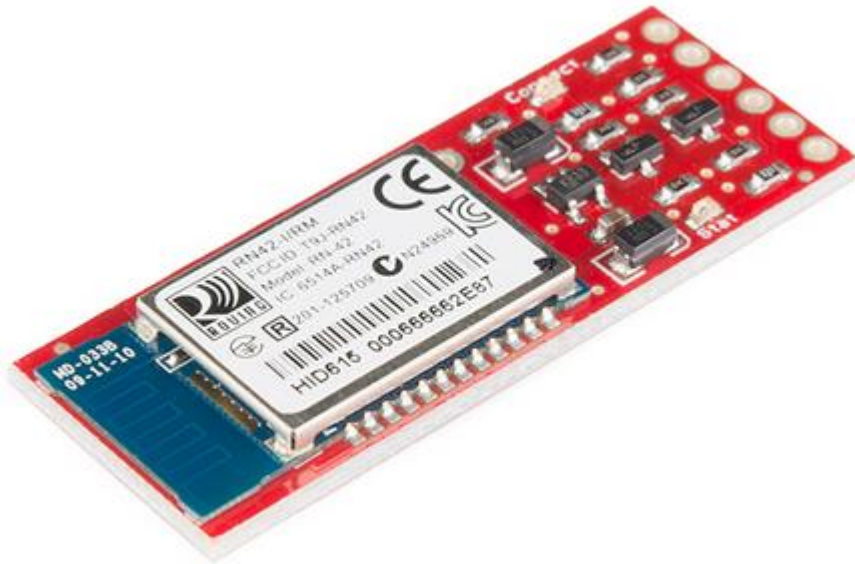
FONTE: <https://www.robocore.net/bluetooth/modulo-bluetooth-low-energy-hc-08>

SparkFun Bluetooth Mate Silver

O Bluetooth Mate Silver é especialmente projetado para trabalhar diretamente com Arduino Pro e Arduino LilyPad sendo possível sua conexão direta com o Arduino. Atuando como uma conexão serial, esse modulo pode substituir cabos seriais facilmente enviando informações de um computador para outro dispositivo em qualquer fluxo serial de 2400 a 115200bps. Apesar de sua possível conexão direta com o Arduino e trabalhar como uma Conexão serial, não é possível sua conexão direta à uma porta serial, necessitando de um conversor de circuito RS232 para TTL para conectá-lo à um computador.

O Mate Silver possui também conexão criptografada, transmissão em uma frequência de 2.4 a 2.524 Ghz e um baixo consumo de energia, consumindo em média 25mA⁴.

Figura 6 – Modulo Bluetooth Mate Silver



FONTE: <https://www.sparkfun.com/products/retired/12576>

2.3.1 Orçamento

.

2.4 Métodos

Com base na placa e IDE do Arduino será estabelecido as conexões com sensores e módulos voltados ao dispositivo final. Atendendo conexões como Bluetooth e detecção espacial através do giroscópio e acelerômetro. Exploraremos

⁴ Fonte: <https://www.ptrobotics.com/modulos-bluetooth/1444-bluetooth-mate-silver.html>

alternativas de alimentação para utilização portátil do dispositivo passivo. A disposição dos elementos físicos estará alinhada com o design da luva ou anatomia humana da mão procurando estabelecer o maior conforto e o melhor posicionamento estratégico dos mesmos. O material permissivo a movimentação do membro estará em avaliação seja um polímero emborrachado ou tecido sintético como o elastano para confecção da luva.

2.4.1 Testes Propostos

- Interação entre Banco de Dados e Aplicação;
- Integração de softwares ou ambientes de desenvolvimento:
 - Unity / Arduino IDE
 - MIT App Inventor / Arduino IDE
 - Android Studio / Arduino IDE
- Teste de conexão do Bluetooth;
- Alcance do módulo Bluetooth com relação ao dispositivo móvel (smartphone);
- Reconhecimento dos sensores pela placa Arduino;
- Teste de calibração de todos os sensores;
- Mapeamento de cada dedo de forma individual;
- Determinação do tipo de Alimentação DC por meio da autonomia;

2.4.2 Desenvolvimento do Dispositivo

2.4.3 Programação Arduino

3 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

O sistema de luvas inteligente contará com um software responsável por monitorar e registrar os dados do movimento da mão do paciente a fim de auxiliar o profissional da saúde. Também é possível cadastrar o profissional e o paciente no APP.

3.1 Aplicativo

O aplicativo será desenvolvido no ambiente de desenvolvimento Android Studio e receberá os dados por meio da comunicação do módulo Bluetooth que serão guardados em um banco de dados de linguagem SQL.

3.1.1 Prototipagem do App

A seguir segue as imagens de prototipagem das telas do aplicativo





Cadastrar Paciente

Foto	Código
	<input type="text"/>
	RG
	<input type="text"/>
Nome Completo	
<input type="text"/>	
Data de Nascimento	
<input type="text"/>	
Gênero	
<input type="radio"/> Masculino <input type="radio"/> Feminino	
Telefone	
<input type="text"/>	
Endereço	
<input type="text"/>	
E-mail	
<input type="text"/>	

Cadastrar Paciente

Observações

Cadastrar

Cadastrar Profissional

Foto	Código	<input type="text"/>
	RG	<input type="text"/>
	CREFITO	<input type="text"/>
		<input type="text"/>
Nome Completo		<input type="text"/>
Data de Nascimento		<input type="text"/>
Gênero		
		<input type="radio"/> Masculino <input type="radio"/> Feminino
Telefone		<input type="text"/>
Endereço		<input type="text"/>
E-mail		<input type="text"/>

Cadastrar Profissional

Nome de Usuário

Senha











Cadastrar

Monitorar

Pesquisar Paciente por

Digite abaixo

Escolha um movimento na tela


Extensão	Flexão	Reposição	Oposição
			
Adução	Abdução	Flexão	Extensão
			
	Abdução	Adução	
			

Começar

Flexão

Peça para o paciente fazer o movimento

Flexão



Valor em x

Valor em y

Valor em z

Concluir

Cancelar

Registro de Dados

Pesquisar Paciente por

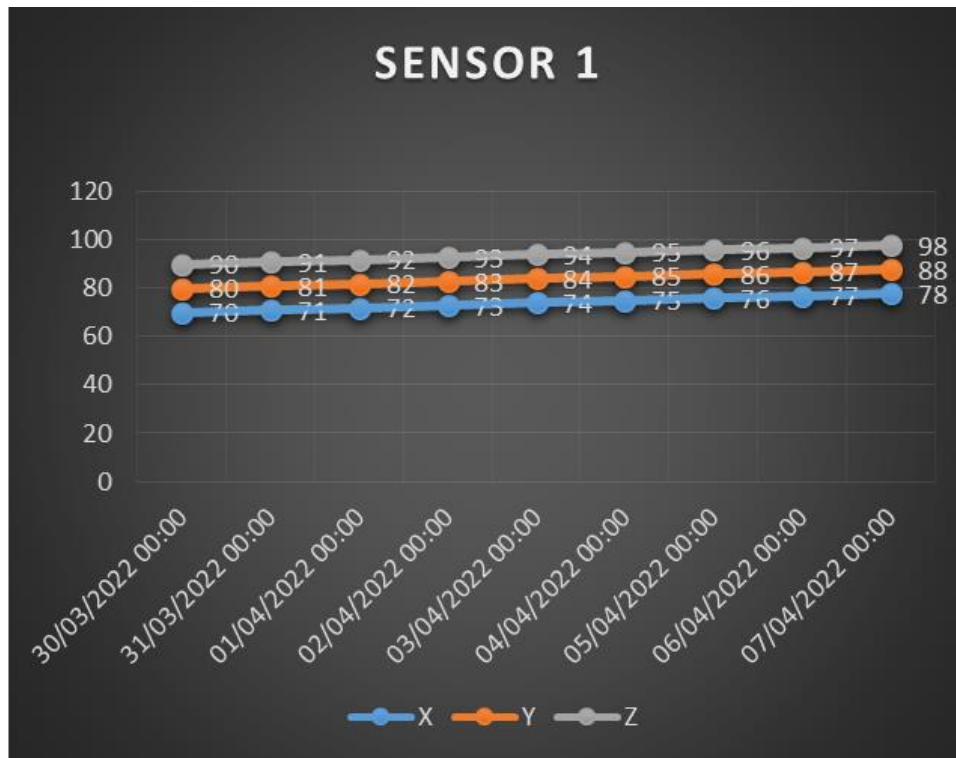
Digite abaixo

Data inicial Data Final

Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Data e Hora
70,80,77	50,40,33	60,90,66	40,80,90	70,66,44	44,33,22	30/03/2022 19:47
70,80,77	50,40,33	60,90,66	40,80,90	70,66,44	44,33,22	31/03/2022 19:47
70,80,77	50,40,33	60,90,66	40,80,90	70,66,44	44,33,22	01/04/2022 19:47
70,80,77	50,40,33	60,90,66	40,80,90	70,66,44	44,33,22	02/04/2022 19:47
70,80,77	50,40,33	60,90,66	40,80,90	70,66,44	44,33,22	03/04/2022 19:47
70,80,77	50,40,33	60,90,66	40,80,90	70,66,44	44,33,22	04/04/2022 19:47
70,80,77	50,40,33	60,90,66	40,80,90	70,66,44	44,33,22	05/04/2022 19:47
70,80,77	50,40,33	60,90,66	40,80,90	70,66,44	44,33,22	06/04/2022 19:47
70,80,77	50,40,33	60,90,66	40,80,90	70,66,44	44,33,22	07/04/2022 19:47

Enviar Relatório

Gerar Gráfico



3.1.2 Banco de Dados

O sistema do projeto contará com um banco de dados responsável por registrar os dados de movimento da mão de cada paciente, bem como os dados pessoais do profissional e o paciente. A linguagem utilizada é SQL.

Para o desenvolvimento, o banco de dados será modelado conforme as tabelas com os seus índices a seguir:

Tabela Registro de Dados					
Tipo Chave	Nome do Atributo	Tamanho	Máscara de Edição	Tipo de Dados	Descrição
PK	cod_reg_pac	5	99999 [>0]	Inteiro	Código Registro - Paciente
FK	cod_pac	5	99999 [>0]	Inteiro	Código do Paciente
FK	cod_pro	5	99999 [>0]	Inteiro	Código do Profissional
	sensor1	8	99,99,99	Texto	Dados do Sensor 1
	sensor2	8	99,99,99	Texto	Dados do Sensor 2
	sensor3	8	99,99,99	Texto	Dados do Sensor 3
	sensor4	8	99,99,99	Texto	Dados do Sensor 4
	sensor5	8	99,99,99	Texto	Dados do Sensor 5
	sensor6	8	99,99,99	Texto	Dados do Sensor 6
	dat_hor	12	99/99/9999 99:99	Data_Hora	Data e Hora do Registro

Tabela Paciente					
Tipo Chave	Nome do Atributo	Tamanho	Máscara de Edição	Tipo de Dados	Descrição
PK	cod_pac	5	99999 [>0]	Inteiro	Código do Paciente
	num_rg_pac	9	99.999.999-9 [>0]	Inteiro	Número do RG do Paciente
	nom_pac	40	[diferente de branco]	Texto	Nome do Paciente
	dat_nasc_pac	8	99/99/9999	Data	Data de Nascimento do Paciente
	gen_pac	1	0 ou 1	Binário	Gênero do Paciente
	tel_pac	11	(99) 99999-9999 [>0]	Inteiro	Telefone do Paciente
	end_pac	250	[diferente de branco]	Texto	Endereço do Paciente
	email_pac	50	[diferente de branco]	Texto	E-mail do Paciente
	obs_pac	300	[pode ser branco]	Texto	Observações sobre o Paciente

Tabela do Profissional					
Tipo Chave	Nome do Atributo	Tamanho	Máscara de Edição	Tipo de Dados	Descrição
PK	cod_pro	5	99999 [>0]	Inteiro	Código do Profissional
	nom_usu	8	[diferente de branco]	Texto	Nome de Usuário
	sen_pro	10	[diferente de branco]	Texto	Senha do Usuário
	num_rg_pro	9	99.999.999-9 [>0]	Inteiro	Número do RG do Profissional
	num_cre	6	999999 [>0]	Inteiro	Código Crefito
	nom_pro	40	[diferente de branco]	Texto	Nome do Profissional
	dat_nasc_pro	8	99/99/9999	Data	Data de Nascimento do Profissional
	gen_pro	1	0 ou 1	Binário	Gênero do Profissional
	tel_pro	11	(99) 99999-9999 [>0]	Inteiro	Telefone do Profissional
	end_pro	250	[diferente de branco]	Texto	Endereço do Profissional
	email_pro	50	[diferente de branco]	Texto	E-mail do Profissional

3.1.3 Dicionário de Dados

Nome do Atributo	Tamanho	Máscara de Edição	Tipo de Dados	Descrição	Função
cod_pac	5	99999 [>0]	Inteiro	Código individual numérico de cada paciente	É utilizado na tela de cadastro do paciente e tela de registro
cod_pro	5	99999 [>0]	Inteiro	Código individual numérico de cada profissional	É utilizado na tela de cadastro do profissional e tela de registro
cod_reg_pac	5	99999 [>0]	Inteiro	Código individual numérico de cada registro de dados	Serve como código para cada registro
dat_hor	12	99/99/9999 99:99	Data_Hora	Data e hora de cada registro de dados	É utilizado na tela de registro
dat_nasc_pac	8	99/99/9999	Data	Data de nascimento do paciente	É utilizado na tela de cadastro do paciente
dat_nasc_pro	8	99/99/9999	Data	Data de nascimento do profissional	É utilizado na tela de cadastro do profissional
email_pac	50	[diferente de branco]	Texto	Email do paciente	É utilizado na tela de cadastro do paciente
email_pro	50	[diferente de branco]	Texto	Email do profissional	É utilizado na tela de cadastro do profissional
end_pac	250	[diferente de branco]	Texto	Endereço do paciente	É utilizado na tela de cadastro do paciente
end_pro	250	[diferente de branco]	Texto	Endereço do profissional	É utilizado na tela de cadastro do profissional
gen_pac	1	0 ou 1	Binário	Código binário correspondente do gênero do paciente	É utilizado na tela de cadastro do paciente
gen_pro	1	0 ou 1	Binário	Código binário correspondente do gênero do profissional	É utilizado na tela de cadastro do profissional
nom_pac	40	[diferente de branco]	Texto	Nome do Paciente	É utilizado na tela de cadastro do paciente
nom_pro	40	[diferente de branco]	Texto	Nome do Profissional	É utilizado na tela de cadastro do profissional
nom_usu	8	[diferente de branco]	Texto	Nome de Usuário	É utilizado na tela de cadastro do profissional e tela de login
num_cre	6	999999 [>0]	Inteiro	Número do registro CREFITO do profissional	É utilizado na tela de cadastro do profissional
num_rg_pac	9	99.999.999-9 [>0]	Inteiro	Número de RG do paciente	É utilizado na tela de cadastro do paciente
num_rg_pro	9	99.999.999-9 [>0]	Inteiro	Número de RG do profissional	É utilizado na tela de cadastro do profissional
obs_pac	300	[pode ser branco]	Texto	Observação do registro de dados	É utilizado na tela de cadastro do paciente
sen_pro	10	[diferente de branco]	Texto	Senha para acesso do sistema	É utilizado na tela de cadastro do profissional e de login
sensor1	8	99,99,99	Texto	Valor de x , y , z no espaço do sensor 1	É utilizado na tela de monitoramento e registro de dados
sensor2	8	99,99,99	Texto	Valor de x , y , z no espaço do sensor 2	É utilizado na tela de monitoramento e registro de dados
sensor3	8	99,99,99	Texto	Valor de x , y , z no espaço do sensor 3	É utilizado na tela de monitoramento e registro de dados
sensor4	8	99,99,99	Texto	Valor de x , y , z no espaço do sensor 4	É utilizado na tela de monitoramento e registro de dados
sensor5	8	99,99,99	Texto	Valor de x , y , z no espaço do sensor 5	É utilizado na tela de monitoramento e registro de dados
sensor6	8	99,99,99	Texto	Valor de x , y , z no espaço do sensor 6	É utilizado na tela de monitoramento e registro de dados
tel_pac	11	(99) 99999-9999 [>0]	Inteiro	Telefone do paciente	É utilizado na tela de cadastro do paciente
tel_pro	11	(99) 99999-9999 [>0]	Inteiro	Telefone do profissional	É utilizado na tela de cadastro do profissional

3.1.4 Ambiente de Desenvolvimento

Com relação aos softwares empregados no projeto será definido aqueles que se enquadram na proposta, estudando as vantagens e particularidades, avaliando assim a viabilidade de se empregar as seguintes IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado): Arduino, Android Studio, MIT App Inventor e Unity; além dos seguintes BD (Banco de Dados): SQLite e Realm.

IDE - Ambiente de Desenvolvimento Integrado

Arduino



O Software Arduino (IDE) possui código aberto facilita a gravação de código e o upload para a placa. Sua principal vantagem reside no firmware atrelado ao ambiente de programação para implementação em linguagem de alto nível da programação voltados aos diferentes modelos de placas e microcontroladores empregados. Este software pode ser usado com qualquer placa Arduino, além de contar com várias bibliotecas suportando diversos dispositivos eletrônicos ou periféricos.

<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

Android Studio



O Android Studio é o ambiente de desenvolvimento integrado oficial para o desenvolvimento de aplicativos Android e é baseado no IntelliJ IDEA. Além do editor de código e das ferramentas de desenvolvimento avançado do IntelliJ, o Android Studio oferece outros recursos para aumentar a produtividade na criação de aplicativos Android, como: um sistema de cálculo baseado em Gradle, um emulador rápido com recursos, um ambiente unificado que possibilita o desenvolvimento para todos os dispositivos Android, a aplicação de alterações para enviar alterações de código e aplicativo em execução sem o aplicativo, modelos de código e integração com GitHub para ajudar a criar recursos comuns de aplicativos e importar exemplos de código, estruturas e ferramentas de teste cheias de possibilidades; ferramentas de lint para detectar problemas de desempenho, usabilidade, compatibilidade com versões, entre outros; compatibilidade com C++ e NDK; e compatibilidade integrada com o Google Cloud Platform, com integração integrada do Google Cloud Meaging e do App Engine.

<https://developer.android.com/studio/intro?hl=pt>

MIT App Inventor



O MIT App Inventor é um ambiente de programação visual intuitivo que permite que todos, independentemente da idade ou nível de conhecimento criem aplicativos totalmente funcionais para telefones Android, iPhones e tablets Android/iOS. Aqueles que são novos no MIT App Inventor podem ter um primeiro aplicativo simples instalado e funcionando em menos de 30 minutos. Esta ferramenta baseada em blocos facilita a criação de aplicativos complexos e de alto impacto em um tempo significativamente menor do que os ambientes de programação tradicionais. O projeto MIT App Inventor busca democratizar o desenvolvimento de software, capacitando todas as pessoas, especialmente os jovens, a passar do consumo de tecnologia para a criação de tecnologia.

<https://appinventor.mit.edu/about-us>

Unity



A plataforma de desenvolvimento 3D em tempo real do Unity permite que artistas, designers e desenvolvedores colaborem para criar experiências imersivas e interativas incríveis. Multiplataforma possui suporte para Windows, Mac e Linux.

<https://unity.com/pt/products/unity-platform>

BD - Banco de Dados

SQLite



SQLite é uma biblioteca em processo que implementa um mecanismo de banco de dados SQL transacional independente , sem servidor e sem configuração . O código para SQLite é de domínio público e, portanto, é gratuito para uso para qualquer finalidade, comercial ou privada. SQLite é o banco de dados mais implantado no mundo com mais aplicativos do que podemos contar, incluindo vários projetos de alto perfil. SQLite é um mecanismo de banco de dados SQL incorporado. Ao contrário da maioria dos outros bancos de dados SQL, o SQLite não possui um processo de servidor separado. SQLite lê e grava diretamente em arquivos de disco comuns. Um banco de dados SQL completo com várias tabelas, índices, gatilhos e visualizações está contido em um único arquivo de disco. O formato do arquivo de banco de dados é multiplataforma você pode copiar livremente um banco de dados entre sistemas de 32 bits e 64 bits ou entre arquiteturas big-endian e little-endian . Esses recursos tornam o SQLite uma escolha popular como um formato de arquivo de aplicativo .

<https://www.sqlite.org/about.html>

Relam



O MongoDB Realm é uma plataforma de aplicativos sem servidor que cuida dos detalhes de implantação e dimensionamento para você. Você pode personalizar seu aplicativo Realm com funções e gatilhos, permissões personalizadas por meio de regras e autenticação. O Realm Database é um banco de dados de objetos móveis offline no qual você pode acessar e armazenar diretamente objetos ativos sem um ORM. Objetos ao vivo e Realm Sync oferecem benefícios significativos em relação às pilhas tradicionais de desenvolvimento móvel: objetos dinâmicos sempre refletem o estado mais recente dos dados no banco de dados, tornando mais fácil manter sua interface do usuário sincronizada com as alterações em seus dados; o Realm Sync sincroniza dados entre os realms do lado do cliente e o cluster do MongoDB Atlas do lado do servidor vinculado ao seu aplicativo Realm; o Realm Database sincroniza dados em um thread em segundo plano, abstraindo o uso da rede para que você não precise se preocupar com latência ou conexões perdidas.

<https://www.mongodb.com/docs/realm/get-started/introduction-mobile/#get-started-with-mongodb-realm>

3.1.5 Funcionalidade e Contextualização

Os sensores serão calibrados pelo Arduino e testados pela plataforma Unity. Android Studio & MIT & Unity & Libraries Arduino (possuí bibliotecas)

3.1.6 Interface e Experiência do Usuário

4 TESTES E RESULTADOS

4.1 Testes do Protótipo da Luva Inteligente

4.1.1 Resultados do Protótipo da Luva Inteligente

4.2 Teste de Execução do App Mobile

4.2.1 Resultados do App Mobile

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Donec id lectus lacus. Ut vitae mollis ipsum. Phasellus mollis eros dignissim nulla gravida, vel lobortis risus luctus. Morbi enim urna, suscipit a tincidunt vel, tincidunt vel lacus. Nulla dictum ex non nisi dictum, eu accumsan diam volutpat. Phasellus a vehicula ipsum. Suspendisse feugiat lacus felis, tristique elementum orci faucibus et. Pellentesque laoreet mauris fermentum sollicitudin molestie.

REFERÊNCIAS

ABREU, Marco André Magalhães. Conceção de uma luva sensorial para avaliação da capacidade de oposição do polegar. **Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal**. 30 set. 2015. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/80857>>. Acesso em: x xxx. 2022.

CASANOVA, José P. S. O. Sensorização espacial no contexto da reabilitação humana. **Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**. Porto – Portugal, 26 fev. 2020. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/126681>>. Acesso em: x xxx. 2022.

COZER, Carolina. Primeira cirurgia cardíaca à distância acontece com telemedicina. **Whow! -Tecnologia**. 7 out. 2019. Disponível em: <<https://www.whow.com.br/tecnologia/primeira-cirurgia-cardiaca-a-distancia-acontece-com-telemedicina/>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

EESC cria exoesqueleto robótico para reabilitar pessoas que sofreram AVC. **USP – Portal USP São Carlos**. São Carlos, 10 nov. 2020. Disponível em: <<http://www.saocarlos.usp.br/eesc-cria-exoesqueleto-robotico-para-reabilitar-pessoas-que-sofreram-avc/>>. Acesso em: 28 mar. 2022.

Eli G. Phillips Jr, PharmD, JD, Chadi Nabhan, MD, MBA, Bruce A. Feinberg, DO. The Gamification of Healthcare: Emergence of the Digital Practitioner?. **AJMC - Managed Care News, Research, and Expert Insights**. 16 jan. 2019. Disponível em: <<https://www.ajmc.com/view/the-gamification-of-healthcare-emergence-of-the-digital-practitioner>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

GAIO, Oriana. **Gamificação**. Curitiba: Contentus, 2021. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/193267/pdf/0?code=rnsYmDZR VrCORvJHEUYBh0sZGtoW0EseTnvZxGTsD5T/g1tS8uCxuqq0NGREL851YhxCV0G DCZcrm1XCxnLg0Q==>>. Acesso em: x xxx. 2022.

KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. São Paulo: Manole, 2009.

LEE, H. J. et al. The effects of treadmill training using real-walk simulation in stroke patients. **Physiotherapy**, v. 101, p. e846, 2015.

LIN, Bor-Sing; LEE, I-Jung; YANG, Shy-Yu; LO, Yi-Chiang; LEE, Junghsi; CHEN, Jean-Lon. Design of an Inertial-Sensor-based DataGlove for hand function evaluation. **MDPI – Publisher of open access journals**. 13 mai. 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/18/5/1545/htm>>. Acesso em: x xxx. 2022.

OLIVEIRA, A.S.D.; ANDRADE, F.S.D. **Sistemas Embarcados - Hardware e Firmware na Prática**. 2. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.

OLIVEIRA, C.L.V.; ZANETTI, H.A.P. **Arduino Descomplicado - Como Elaborar Projetos de Eletrônica**. São Paulo: Editora Saraiva, 2017. Disponível em:

<<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518114/>>. Acesso em: 02 abr. 2022.

SILVA, S.G. **Fisioterapia Neurofuncional**. 1. ed. Rio de Janeiro: SESES, 2017.

TAVARES, Rafael Pinto. Desenvolvimento de um dispositivo passivo para reabilitação motora de uma mão. **Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**. Porto – Portugal, 25 jul. 2014. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/90303>>. Acesso em: x xxx. 2022.

ZEINEDDINE, Rabah, SILVA, Luciano. Projeto e Desenvolvimento de uma Dataglove de Baixo Custo para Aplicações em Realidade Virtual. **MACKENZIE**. São Paulo, 2019, 2 set. 2019. Disponível em: <<https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/20082>>. Acesso em: x xxx. 2022.

ANEXO A – EXEMPLO