

**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**

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

Projeto de Pesquisa apresentado como exigência parcial para a obtenção do Diploma de Graduação em Engenharia da Computação da Universidade de Sorocaba.

Orientador: Prof. Dr. Vidal Dias da Mota Junior

**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 à 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 À
GAMIFICAÇÃO**

Projeto de Pesquisa 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

Dedico...

AGRADECIMENTOS

Aos acadêmicos (corpo docente de Fisioterapia e Computação) que contribuíram em peso para que este trabalho tivesse à base teórica necessária ao seu desenvolvimento; aos familiares que estenderam seu apoio incondicional ao longo desta etapa; e a todos os integrantes de nosso grupo.

“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

3D	Três Dimensões
ADM	Amplitude de Movimento
AVC	Acidente Vascular Cerebral
FPCB	Flexible Printed Circuit Board
IMU	Inertial Measurement Unit
MCM	Motion Capture Mainboard
RS-232	Recommend Standard 232
TUB	Technical University of Berlim
USB	Universal Serial Bus

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	ESTADO DA ARTE	14
3	PROJETO.....	31
3.1	REQUISITOS.....	35
3.2	PROTÓTIPO DO HARDWARE	39
3.3	Materiais	42
3.3.1	Orçamento	52
3.4	Métodos	52
3.4.1	Testes Propostos	53
3.4.2	Diagramas	55
3.4.3	Desenvolvimento do Dispositivo	56
3.4.4	Programação Arduino	56
3.5	Metodologia.....	57
3.6	Cronograma.....	58
3.7	DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE	60
3.8	Aplicativo.....	60
3.8.1	Prototipagem do App	60
3.8.2	Banco de Dados	67
3.8.3	Dicionário de Dados	69
3.8.4	Ambiente de Desenvolvimento	70
3.8.5	Funcionalidade e Contextualização	76
3.8.6	Interface e Experiência do Usuário	80
4	TESTES E RESULTADOS	81
4.1	Testes do Protótipo da Luva Inteligente.....	81
4.1.1	Resultados do Protótipo da Luva Inteligente	81
4.2	Teste de Execução do App Mobile	81
4.2.1	Resultados do App Mobile	81
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
	REFERÊNCIAS.....	83
	ANEXO I – PROTÓTIPO	89
	ANEXO II – TABELAS	90
	ANEXO III – CÓDIGOS	110

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).

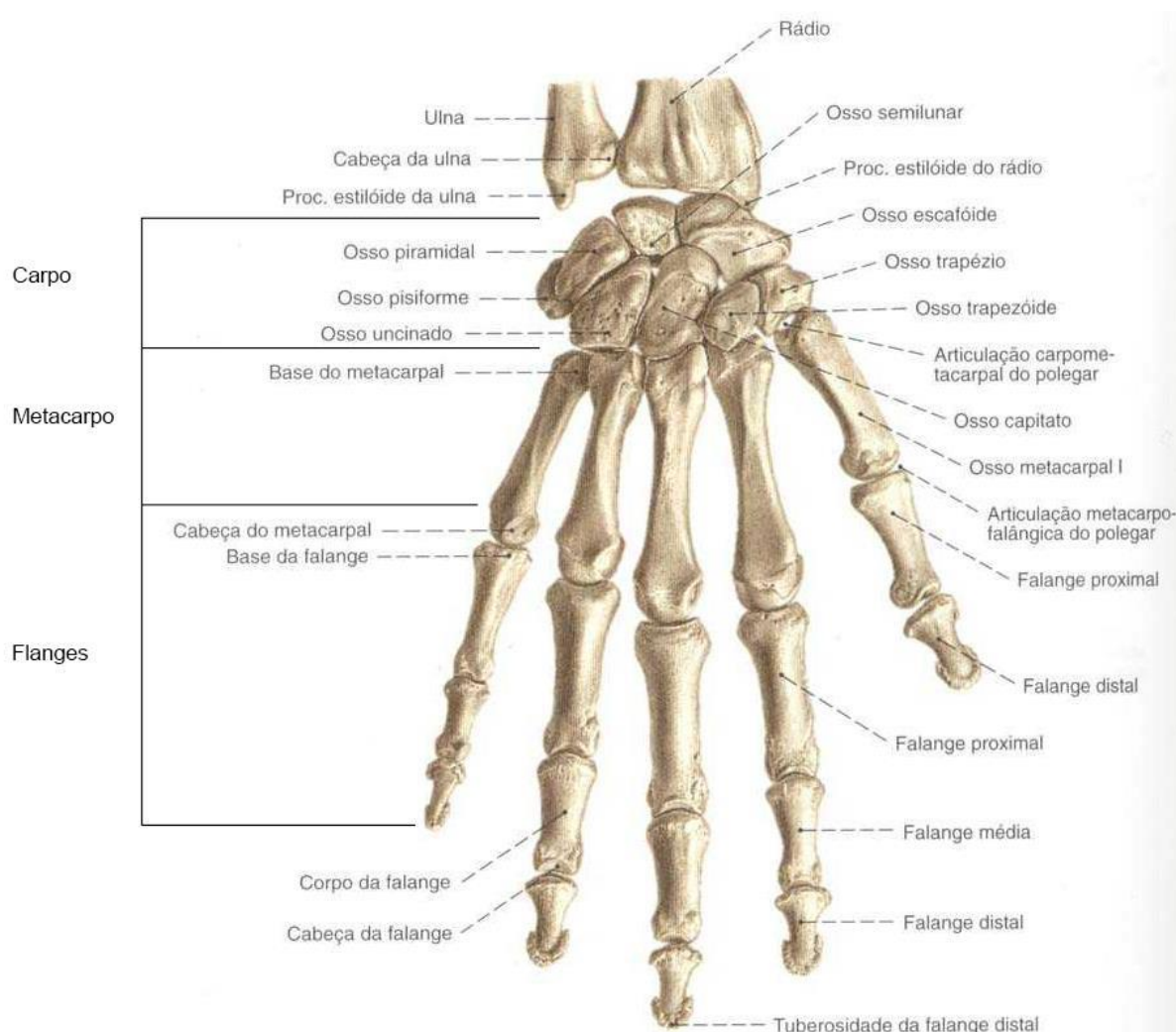
A função complexa da mão ocorre como resultado de um equilíbrio e controle de forças abrangentes entre os músculos extrínsecos e intrínsecos do punho e da mão. Com isso procura-se a otimização na evolução do tratamento do paciente com maior incentivo por meio da gamificação. Também a melhor parametrização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

FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

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.

Figura 1 – Representação óssea da mão direita humana (adaptado)

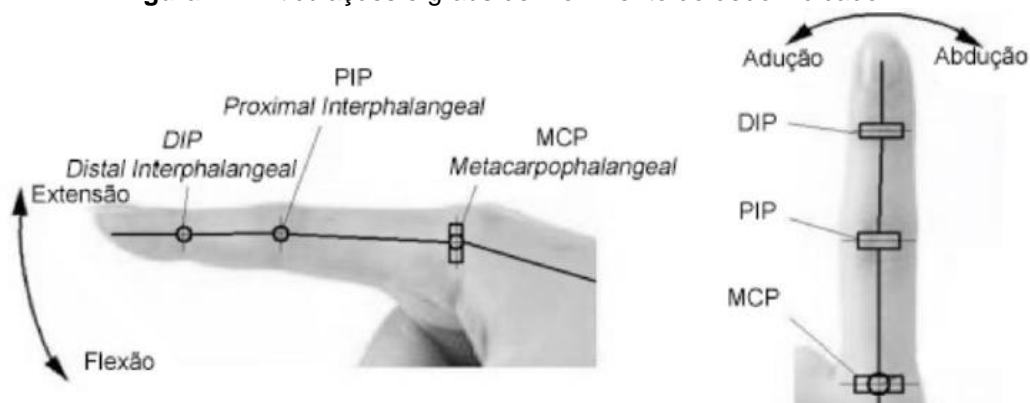


Fonte: ABREU, Marco André Magalhães. **Conceção de uma luva sensorial para avaliação da capacidade de aposição do polegar.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal, p. 5, 30 set. 2015. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/80857>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

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

Figura 2 – Articulações e graus de movimento do dedo indicador



Fonte: ABREU, Marco André Magalhães. **Conceção de uma luva sensorial para avaliação da capacidade de aposição do polegar.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal, p. 6, 30 set. 2015. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/80857>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

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 alguns 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 (ABREU, 2015).

Os padrões sensitivos que o paciente interpreta como dor ou distúrbio sensitivo na mão pode ser decorrente da lesão do nervo em qualquer lugar no seu trajeto, ou a dor pode derivar da irritação do tecido de origem segmentar comum, como articulações zigoapofisárias da coluna. Para manter a mobilidade articular e tendínea e a integridade muscular é necessário a análise de ADM (amplitude de movimento) passiva, assistida ou ativa. É importante mover as articulações conforme a tolerância porque a imobilidade da mão leva rapidamente a desequilíbrios musculares e formação de contraturas ou deterioração articular adicional. Neste caso é indicado

exercícios de deslizamento de tendão, onde o paciente realiza movimentos complexos nas articulações não envolvidas e o máximo de movimento possível nas articulações envolvidas para prevenir aderências entre os tendões longos ou entre os tendões e suas bainhas sinoviais. Como as aderências entre as várias estruturas podem causar restrições ou incapacidade, são usados, sempre que possível, exercícios de deslizamento de tendão e de bloqueio de tendão para desenvolver ou manter a mobilidade. Isso é de particular importância quando houve imobilização após trauma, cirurgia ou fratura e desenvolveram-se aderências de tecido cicatricial. As técnicas para mobilidade musculotendínea envolvem os exercícios de deslizamento de bloqueio de tendão que também podem ser usados para desenvolver controle neuromuscular e movimento coordenado. Dentre os exercícios de deslizamento e bloqueio de tendão temos: de posicionar e manter, de deslizamento dos tendões flexores, de bloqueio do tendão flexor, para reduzir a folga extensora e exercícios de deslizamento de tendão extensor.

Técnicas de exercício para aumentar a flexibilidade e amplitude de movimento se baseiam no alongamento dos músculos e estruturas de tecido conjuntivo do punho e da mão requer o conhecimento das relações anatômicas únicas das unidades musculotendíneas multiarticulares e do mecanismo extensor dos dedos. Das técnicas de alongamento geral, existem: para aumentar a extensão do punho; para aumentar a flexão do punho; e para aumentar a flexão ou extensão de articulações individuais dos dedos ou do polegar. Entre as técnicas de alongamento para músculos intrínsecos e multiarticulares da mão, contamos com: auto alongamento dos músculos lumbricais e interósseos; auto alongamento dos músculos interósseos; auto alongamento do adutor do polegar; alongamento manual dos músculos extrínsecos; auto alongamento do flexor profundo e superficial dos dedos; e auto alongamento do extensor dos dedos.

Os exercícios para desenvolver e melhorar o desempenho muscular, o controle neuromuscular e o movimento coordenado, precisam levar em conta as condições que podem ocorrer devido a desequilíbrios no comprimento e força dos músculos do punho e da mão como resultado de uma variedade de causas, como lesão nervosa, trauma, doença ou imobilização. Devido a este fato adotamos as técnicas para fortalecer os músculos do punho e da mão, temos técnicas: para fortalecer a musculatura do punho; para fortalecer uma musculatura intrínseca fraca; para fortalecer uma musculatura extrínseca fraca dos dedos; e técnicas de resistência

mecânica para função muscular intrínseca e extrínseca combinada (KISNER; COLBY, 2009).

Figura 3 – As cinco posições dos dedos usadas para exercícios de deslizamento de tendão flexor

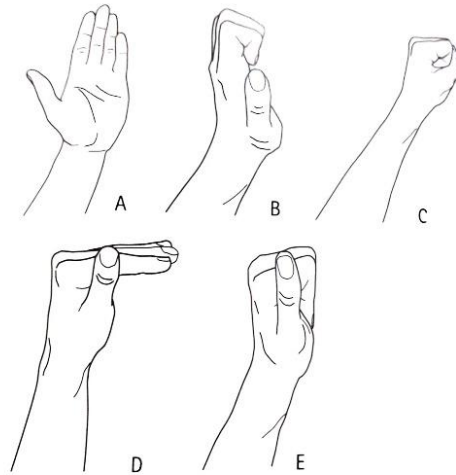


FIGURA 19.17 As cinco posições dos dedos usadas para exercícios de deslizamento de tendão flexor: (A) mão reta, (B) gancho (garra), (C) punho cerrado, (D) ângulo reto (intrínseca positiva) e (E) punho reto.

Fonte: KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. p. 660. São Paulo: Manole, 2009.

Figura 4 – Exercícios de bloqueio de tendão flexor

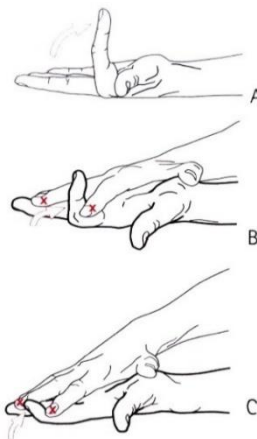


FIGURA 19.18 Exercícios de bloqueio de tendão flexor: (A) flexão MCF isolada de um dedo, (B) flexão IFP isolada (flexor superficial dos dedos) de um dedo e (C) flexão IFD isolada (flexor profundo dos dedos) de um dedo.

Fonte: KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. p. 661. São Paulo: Manole, 2009.

Figura 5 – Extensão terminal da articulação IFP

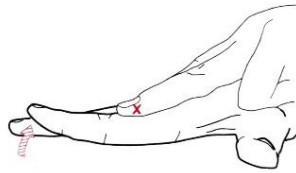


FIGURA 19.19 Extensão terminal da articulação IFP. A articulação MCF é estabilizada em extensão, e o paciente levanta as falanges média e distal para fora da maca.

Fonte: KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. p. 662. São Paulo: Manole, 2009.

Figura 6 – Deslizamento diferencial dos tendões extensores dos dedos.



FIGURA 19.20 Deslizamento diferencial dos tendões extensores dos dedos. Cada dedo é movido em flexão enquanto os outros são estabilizados em extensão.

Fonte: KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. p. 662. São Paulo: Manole, 2009.

Figura 7 – Auto alongamento dos músculos lumbricais e interósseos

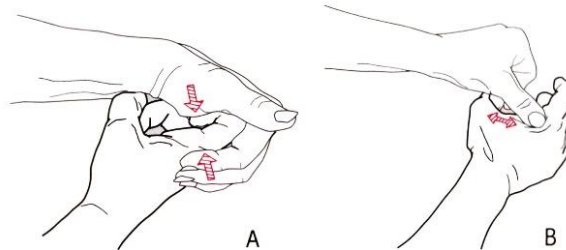


FIGURA 19.21 Auto alongamento (A) dos músculos lumbricais com extensão MCF e flexão IF; e (B) do músculo adutor do polegar com abdução CMC do polegar. Para aumentar a abdução do polegar, é essencial que a força de alongamento seja aplicada contra a cabeça do metacarpo e não na falange proximal ou distal.

Fonte: KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. p. 664. São Paulo: Manole, 2009.

Figura 8 – Auto alongamento dos músculos flexores extrínsecos dos dedos, mostrando a estabilização das pequenas articulações distais.



Fonte: KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. p. 664. São Paulo: Manole, 2009.

Figura 9 – Resistência mecânica para fortalecer a extensão do punho.



Fonte: KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. p. 665. São Paulo: Manole, 2009.

Figura 10 – Resistência mecânica para fortalecer a musculatura do punho

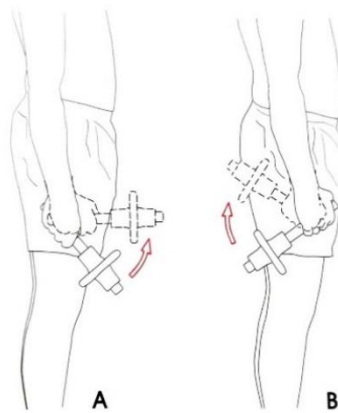


FIGURA 19.24 Resistência mecânica para fortalecer (A) desvio radial e (B) desvio ulnar do punho usando uma barra com peso.

Fonte: KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. p. 665. São Paulo: Manole, 2009.

Figura 11 – Flexão da articulação MCF e extensão da articulação IF (lumbricais)

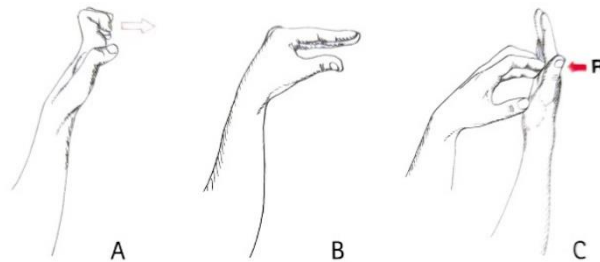


FIGURA 19.25 Para fortalecer a função muscular intrínseca para flexão MCF e extensão IF combinada, o paciente começa com (A) extensão MCF e flexão IF e (B) força as pontas dos dedos para a frente. O mesmo movimento é resistido (C) forçando as pontas dos dedos contra a palma da outra mão.

Fonte: KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. p. 666. São Paulo: Manole, 2009.

Figura 12 – Auto resistência para fortalecer os músculos flexores extrínsecos dos dedos

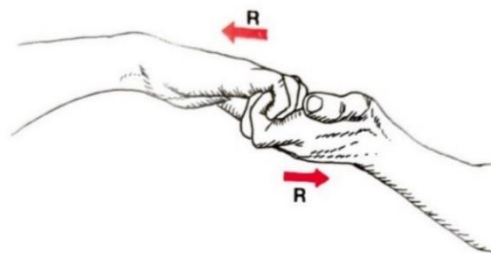


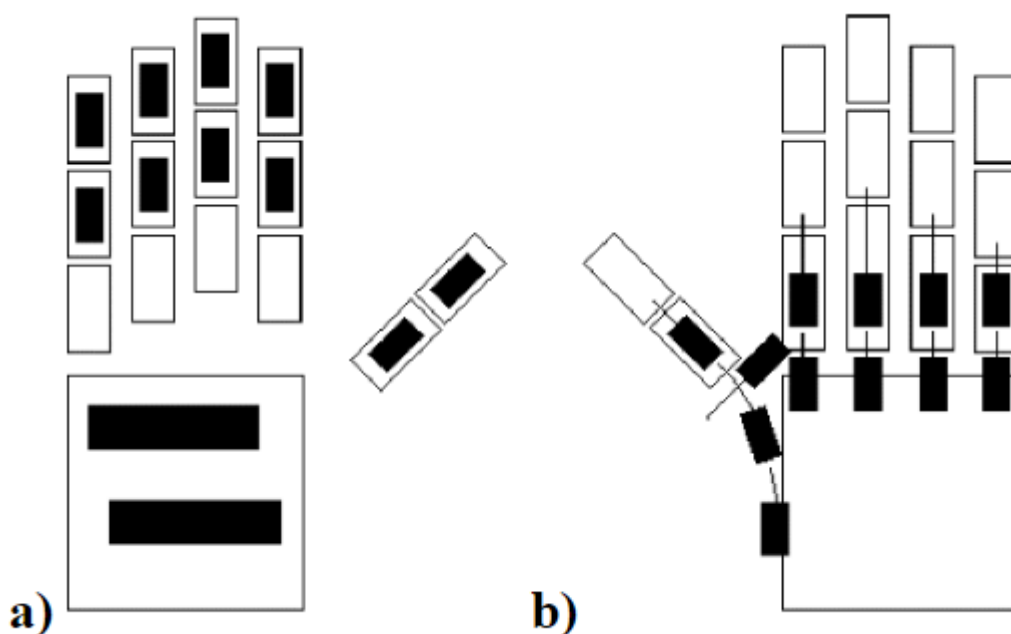
FIGURA 19.26 Auto-resistência para fortalecer os músculos flexores extrínsecos dos dedos.

Fonte: KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas**. 5. ed. p. 667. São Paulo: Manole, 2009.

Conforme Marco André Magalhães Abreu, 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.

Figura 13 – Disposição dos sensores na TUB-Glove

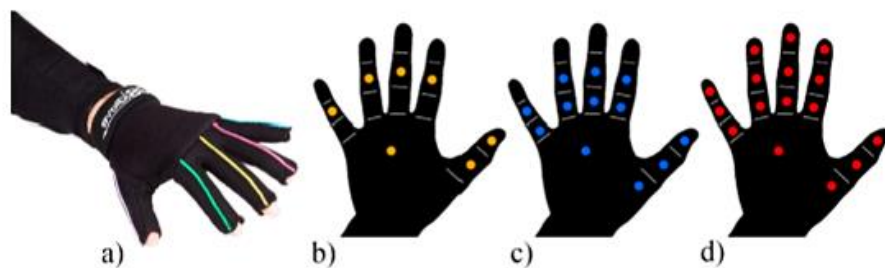


Fonte: ABREU, Marco André Magalhães. **Conceção de uma luva sensorial para avaliação da capacidade de aposição do polegar.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal, p. 10, 30 set. 2015. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/80857>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

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

Figura 14 – Disposição dos sensores na IGS Glove



Fonte: ABREU, Marco André Magalhães. **Conceção de uma luva sensorial para avaliação da capacidade de aposição do polegar.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal, p. 12, 30 set. 2015. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/80857>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

- 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

Figura 15 – Aplicação dos sensores Stretch Sense para monitorização dos movimentos dos dedos



Fonte: ABREU, Marco André Magalhães. **Conceção de uma luva sensorial para avaliação da capacidade de aposição do polegar.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal, p. 11, 30 set. 2015. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/80857>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

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 sensores Flex ao Arduino, foi capturado o ângulo de cada sensor, conforme figura abaixo:

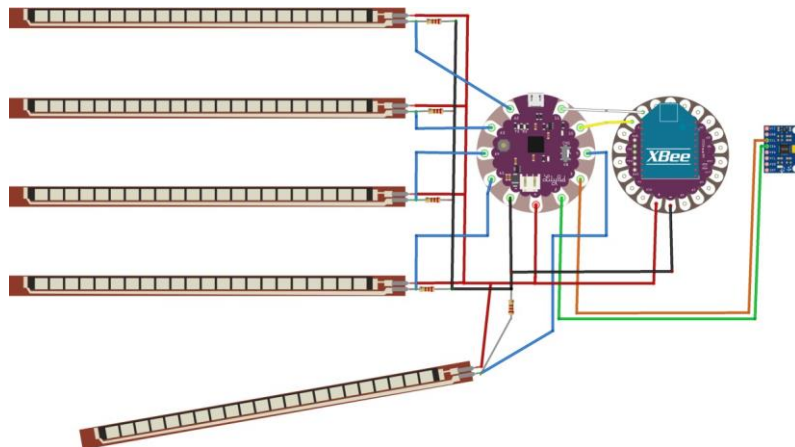
Figura 16 – Ângulos dos sensores capturados



Fonte: ZEINEDDINE, Rabah, SILVA, Luciano. **Projeto e Desenvolvimento de uma Dataglove de Baixo Custo para Aplicações em Realidade Virtual.** MACKENZIE. São Paulo, 2019, p. 11, 2 set. 2019. Disponível em: <<https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/20082>>. Acesso em: 2 abr. 2022.

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:

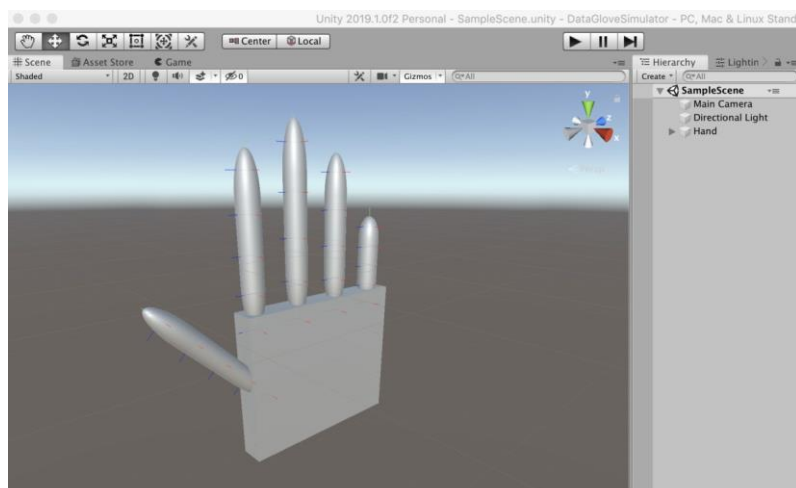
Figura 17 – Schema da luva de dados



Fonte: ZEINEDDINE, Rabah, SILVA, Luciano. **Projeto e Desenvolvimento de uma Dataglove de Baixo Custo para Aplicações em Realidade Virtual.** MACKENZIE. São Paulo, 2019, p. 12, 2 set. 2019. Disponível em: <<https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/20082>>. Acesso em: 2 abr. 2022.

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: desenvolvida

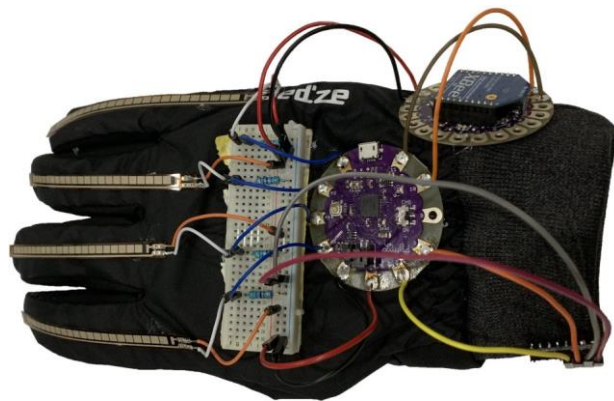
Figura 18 – Aplicação em Unity3D para simulação



Fonte: ZEINEDDINE, Rabah, SILVA, Luciano. **Projeto e Desenvolvimento de uma Dataglove de Baixo Custo para Aplicações em Realidade Virtual.** MACKENZIE. São Paulo, 2019, p. 13, 2 set. 2019. Disponível em: <<https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/20082>>. Acesso em: 2 abr. 2022.

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 19 – Luva de dados desenvolvida



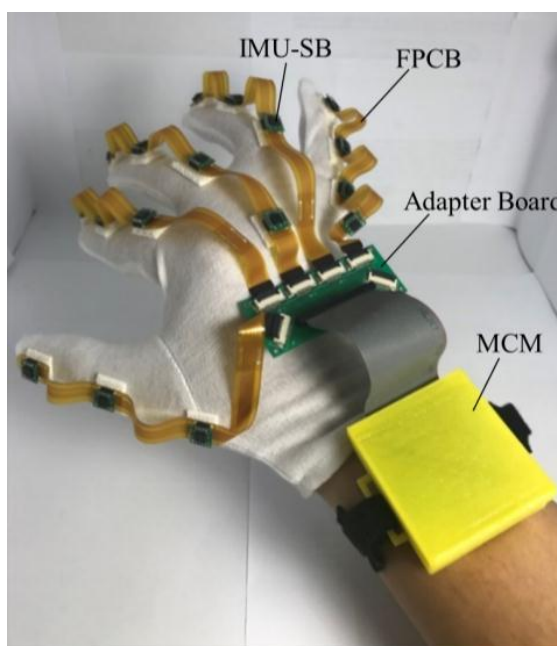
Fonte: ZEINEDDINE, Rabah, SILVA, Luciano. **Projeto e Desenvolvimento de uma Dataglove de Baixo Custo para Aplicações em Realidade Virtual.** MACKENZIE. São Paulo, 2019, p. 13, 2 set. 2019. Disponível em: <<https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/20082>>. Acesso em: 2 abr. 2022.

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 incorporado 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 20 – Modelo Taiwanês



Fonte: LIN, Bor-Sing; LEE, I-Jung; YANG, Shy-Yu; LO, Yi-Chiang; LEE, Junghsi; CHEN, Jean-Lon. **Design of na Intertial-Sensor based DataGlove for hand function evaluation.** MDPI – Publisher of open access journals, p. 5, 13 mai. 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/18/5/1545/htm>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

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).

Em 1989 foi lançado a Power Glove pela AGE e VPL Research em parceria com Mattel e a Nintendo contendo as trilhas de PET revestidas com tinta semicondutiva e um sistema de rastreamento ultrassônico. O sistema consistia em dois alto-falantes ultrassônicos anexados a luva, e três microfones ultrassônicos posicionados ao redor da TV, como receptores. Os alto-falantes se revezam emitindo um bip de 40 kHz; o sistema mede o tempo que o som leva para alcançar os receptores. Um cálculo de triangulação usa as coordenadas X, Y e Z de cada alto-falante para determinar a posição, ângulo e giro da luva. A luva foi adaptada para os jogos do NES.

Figura 21 – Power Glove



Fonte: LEMES, Daniel. A história da Power Glove, a luva do poder da Nintendo... ou quase. **Memória BIT.** 16 jul. 2019. Disponível em: <<https://www.memoriabit.com.br/historia-da-power-glove-luva-nintendo/>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

O dispositivo fracassou e foi descontinuado um ano após o lançamento, a estrutura do sistema se consolidou de forma errada tendo como ponto principal o software, pois parte dos problemas estava voltado a questão de calibração; outra falha residia no fato da utilização do código errado ao instalar e adequar o dispositivo

resultando em controles absurdos, para evitar este problema seria necessário a autoprogramação em cada jogo; a imposição de manter a luva apontada para o centro de triangulação ultrassônica resultava em cansaço e de forma inconsciente os usuários abaixavam o braço perdendo a precisão, visto que o conceito inicial era se utilizar de movimentos imersivos. Na época nenhuma das empresas envolvidas seja Mattel ou a Nintendo se preocuparam em fazer jogos fundamentais, específicos e otimizados para consolidar a popularidade do hardware (LEMES, 2019).

Frente ao presente, evidenciamos a gamificação que são elementos ou as mecânicas que compõe os jogos, e não se trata do jogo propriamente dito. Os jogos são caracterizados por regras, competição entre indivíduos em busca de resultados e objetivos. Dessa forma, um sistema gamificado utilizará os componentes dos jogos em uma determinada situação. Dessa forma, a gamificação se diferencia de jogos sérios, brinquedos e design lúdico em virtude de duas dimensões: jogo/brincadeira e todo/elementos. A gamificação ocorre por um sistema que utiliza apenas elementos dos jogos, não todo o jogo, e também não é aplicada como brincadeira. As características da gamificação compreendem: um sistema que apresenta tarefas com as quais se colecionam pontos ou recompensas; recompensas intrínseca pode ser uma opção e acontece com menos frequência, especialmente no campo da instrução; em geral, é mais simples e menos custoso para desenvolver; perder pode ou não ser possível, dependendo do que se quer alcançar, uma vez que estamos em busca de motivar alguém para fazer algo específico ligado a um objetivo; características e estética de games são adicionadas sem alterações sensíveis de conteúdo; quando utilizado como estratégia instrucional, jogar não é uma opção; é preciso pensar na atratividade para conseguir o engajamento, mesmo sem ser voluntário (GAIO, 2021, p. 12 - 13).

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. Apesar da grande importância desta tecnologia voltado ao avanço e desenvolvimento que auxilia nos tratamentos de reabilitação, este recurso não será aplicado diretamente neste projeto. A tecnologia VR 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 foram selecionados quarenta participantes, vinte deles realizaram treino de caminhada por trinta minutos por dia, durante cinco dias por cinco semanas em conjunto com um programa de simulação de caminhada real, e como resultado, esse grupo obteve uma maior evolução motora comparado ao grupo de controle que somente realizou o tratamento de treino de esteira sem qualquer imersão em realidade virtual.

PROJETO

Em vista do objetivo de desenvolver um dispositivo para auxílio na reabilitação motora e funcional das mãos, nos limitamos a reconhecer e trabalhar com os seguintes movimentos funcionais voltados ao membro de estudo. Sendo:

Movimentos da mão

Figura 22 – Movimentos de adução e abdução da mão



Fonte: WIKIPEDIA. Ficheiro: ADUÇÃO E ABDUÇÃO.jpg. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:ADU%C3%87%C3%83O_E_ABDU%C3%87%C3%83O.jpg>. Acesso em: 11 mai. 2022.

- Adução: deslocamento de aproximação dos dedos ao dedo médio.
- Abdução: deslocamento de afastamento dos dedos em relação ao dedo médio.

Figura 23 – Movimentos de flexão e extensão da mão



Fonte: WIKIPEDIA. Ficheiro: FLEXÃO E EXTENSÃO DA MÃO.jpg. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:FLEX%C3%83O_E_EXTENS%C3%83O_DA_M%C3%83O.jpg>. Acesso em: 11 mai. 2022.

– Flexão: deslocamento angular no sentido de fechamento da mão. Pode ser aplicado para os dedos, inclusive para o polegar.

– Extensão: deslocamento angular no sentido de abertura da mão. Pode ser aplicado para os dedos, inclusive para o polegar.

Figura 24 – Movimento de oposição entre dedos da mão



Fonte: ASIAJET. Les 10 gestes innocents à ne pas faire à l'étranger. Disponível em: <<http://asiajet.over-blog.com/2014/04/les-10-gestes-innocents-a-ne-pas-faire-a-l-etranger.html>>. Acesso em: 11 mai 2022.

– Oposição: deslocamento onde a ponta do polegar é aproximada na ponta de outro dedo da mão.

– Reposição: deslocamento de retorno para a posição inicial do movimento de oposição.

PADRÕES

Figura 25 – Telas: Padrão de estilo



Fonte: Elaboração própria.

O design do aplicativo adota o seguinte padrão sendo branco o background e azul claro em tom específico os botões e demais textos principais proporcionando um estilo mais limpo e minimalista que transmite tranquilidade e sinônimo de usabilidade pelo meio da saúde. Os ícones interativos estão posicionados de forma estratégica e

cômoda para que tanto profissional e paciente tenham uma experiência mais intuitiva. A fonte empregada foi Arial em tamanhos variados. Os títulos devem estar localizados na parte superior, os campos de digitação devem possuir obrigatoriamente fundo branco e o botão de “Cancelar” estará em vermelho se opondo a cor azul claro em tom respectivamente igual. As caixas de digitação apresentaram uma breve descrição acima do item para devida instrução de preenchimento do campo.

Padrão do Dispositivo - Luva

A luva deverá conter sensores de força e sensores Flex em cada dedo, o sensor Flex acompanha o prolongamento do dedo. Também contém um sensor acelerômetro/giroscópio localizado nas costas da luva, responsável por detectar os movimentos relativos à rotação do punho e movimentos angulares. Haverá um espaço dedicado a locação do Arduino como também da placa do módulo Bluetooth. Velcros serão responsáveis por garantir a melhor fixação e organização dos fios que estarão conectados entre as placas e sensores. O material da luva pode ser em polímero emborrachado ou tecido sintético, como o elastano. Na opção de utilização portátil será necessário estar avaliando alternativas como: bateria alcalina 9V ou Power Bank com capacidade de cumprir com autonomia prevista.

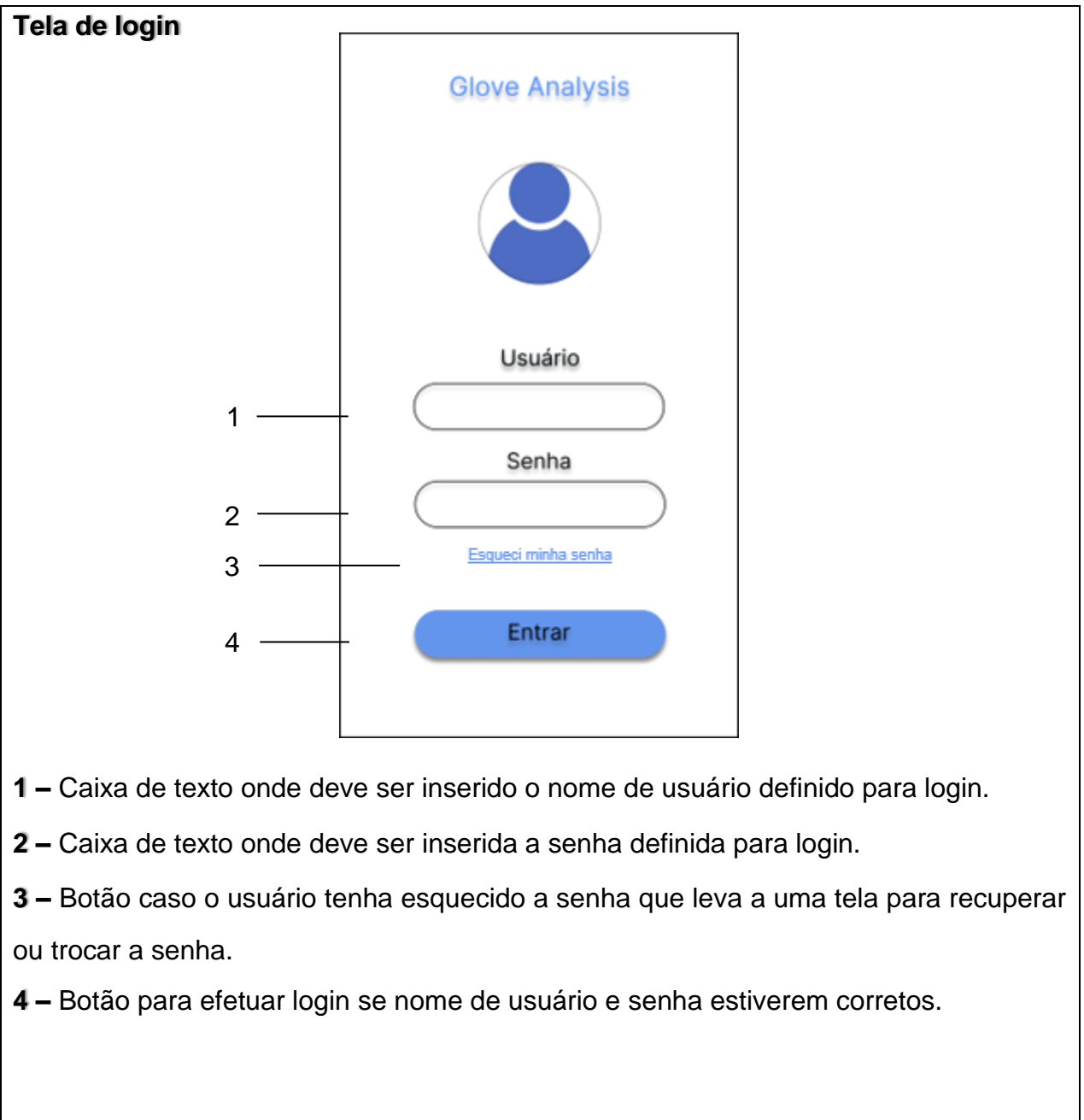
A imagem do protótipo se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO I – PROTÓTIPO.**

REQUISITOS

Treinamento

Será disponibilizado um manual digital para orientar o profissional quanto a utilização da luva e a navegação do aplicativo, com isso o profissional ensinará o paciente a como manusear a luva e executar os exercícios necessários.

Figura 26 – Manual digital



Fonte: Elaboração própria.

Ambientais

A luva:

- Não pode ser molhada;
- Não deve ser deixada em local húmido;
- Não deve ser exposta ao sol;
- Não deve ser submetida a interferência eletroestática;
- Devem ser respeitados os limites operacionais de movimento funcional da mão.

Software

- Sistema Operacional: Android 7.0 ou superior e iOS 11 ou superior;
- SQLite versão 3.16.0 ou superior;
- Bluetooth versão 4.0;
- Android Studio Versão: Chipmunk 2021.2.1;
- Unity versão 2021.3 LTS;
- Arduino IDE versão 1.8.19.

Segurança

- O Banco de Dados será criptografado e o acesso se dará por senha de usuário com privilégios administrativos;
- Será efetuado Backup e um repositório armazenado em Nuvem para restauração dos dados devido a circunstâncias específicas;
- Os repositórios tanto da aplicação como do banco de dados será escaneado por antivírus uma vez ao dia em período ocioso (ex.: a meia noite ou de madrugada).

Desempenho

- **AT-09 4.0 BLE Arduino Similar HM-10**
 - Latência ou tempo de resposta: 6ms.
- **BNO080**
 - Latência ou tempo de resposta:

Figura 273 – Latência: Sensor acelerômetro e giroscópio (BNO080)

Sensor	Typical latency	
	100Hz	200Hz
Gyro rotation vector	6.6ms	3.7ms
Rotation vector	6.6ms	3.7ms
Game rotation vector	6.6ms	3.7ms

Fonte: BNO080 Data Sheet. Disponível em: <https://cdn.sparkfun.com/assets/1/3/4/5/9/BNO080_Datasheet_v1.3.pdf>. Acesso em: 17 maio 2022.

- **FSR400**

- Número de atuações (tempo de vida): 10 milhões;
- Tempo de subida, reconhecimento ou leitura do dispositivo: menor que 3 microssegundos.

- **Flex 4.5"**

- Ciclo de Vida: maior que 1 milhão;
- Resistência à curvatura: mínimo 2x vezes maior que a resistência plana em 180° de flexão de pinça.

Redes

- Bluetooth 4.0 BLE

- Alcance: 100m em área aberta;
- Frequência: Banda ISM 2.4GHz;
- Transmissão: -23dbm, -6dbm, 0dbm, 6dbm, pode ser modificado pelo comando AT;
- Taxa de transmissão: 9600bps;
- Protocolo de Comunicação: UART(TTL);
- Alimentação: 3,3V DC;
- Corrente: 50 mA;
- Rede: HMSoft;
- CI: CC2541;
- Temperatura de funcionamento: -40°C a +65°C;
- Senha padrão: 000000 ou 123456.

- Wi-fi
 - Frequência: 2.4GHz;
 - Velocidade: até 150Mbps;
 - Padrão: 802.11n;
 - Distância: 125m;
 - Canal: 14 canais;
 - Largura de Banda: 20/ 40MHz.

- Frequência: 5GHz;
- Velocidade: até 1Gbps;
- Padrão: 802.11ac;
- Distância: até 125 m;
- Canal: 24 canais;
- Largura de Banda: 20/ 40/ 80/ 160MHz.
- Rede móvel (3G em diante)
 - 3G
 - Banda: 2 mbps;
 - Latência: 100-500 ms;
 - Velocidade Média: 144 kbps;
 - Frequência: até 2.1 GHz;
 - Alcance: 200 Km.
 - 4G
 - Banda: 200 mbps;
 - Latência: 20-30 ms;
 - Velocidade Média: 25 mbps;
 - Frequência: até 2.4 GHz;
 - Alcance: 240 Km.
 - 5G

- Banda: maior que 1 gbps;
- Latência: menor 10 ms;
- Velocidade Média: 200-400 mbps;
- Frequência: até 95 GHz;
- Alcance: estimado 457,2m (1.500 pés).

Armazenamento

Deve ter uma rotina programada dentro do banco de dados que quando os valores de registro de treinos chegar próximo do limite, uma cópia dos dados dessa tabela será transferida para um armazenamento online, após isso os dados serão limpos, preservando os dados de cadastro do paciente e profissional. Caso o cadastro de paciente ou profissional chegue perto do limite, uma mensagem deverá aparecer quando abrir a tela de cadastro.

O armazenamento dependerá do volume disponível no dispositivo móvel do usuário, excluído o valor da própria aplicação que não ultrapassará 50MB.

PROTÓTIPO DO HARDWARE

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

Sensor

O sensor é um componente usado para detectar algum estímulo ou alterações em seu ambiente, podendo ter várias aplicações, em indústrias, residências ou até mesmo para desenvolvimento de projetos pessoais.

Existem vários tipos de sensores que respondem a estímulos diferentes, sendo eles: laser, calor, movimento, pressão, força, entre outros.

Com todo o progresso de crescimento da tecnologia muitos sensores em escalas menores estão sendo desenvolvidos para substituir ou até mesmo agregar em novas demandas e projetos¹¹.

- 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.

- Sensor Flex:

Este tipo de sensor é capaz de reconhecer torções e flexões mediante a alteração de sua resistência, sendo normalmente preso a uma superfície captando o movimento da mesma.

Arduino

O Arduino é plataforma eletrônica de hardware livre (Open hardware) tendo uma grande facilidade na sua programação e integração com software, destinado a qualquer pessoa interessada em criar um projeto, não sendo necessário um conhecimento avançado. Sua arquitetura é composta por um microcontrolador e

¹¹ **Fonte:** <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-e-quais-as-suas-aplicacoes/>
Acesso em: 20 abr. 2022.

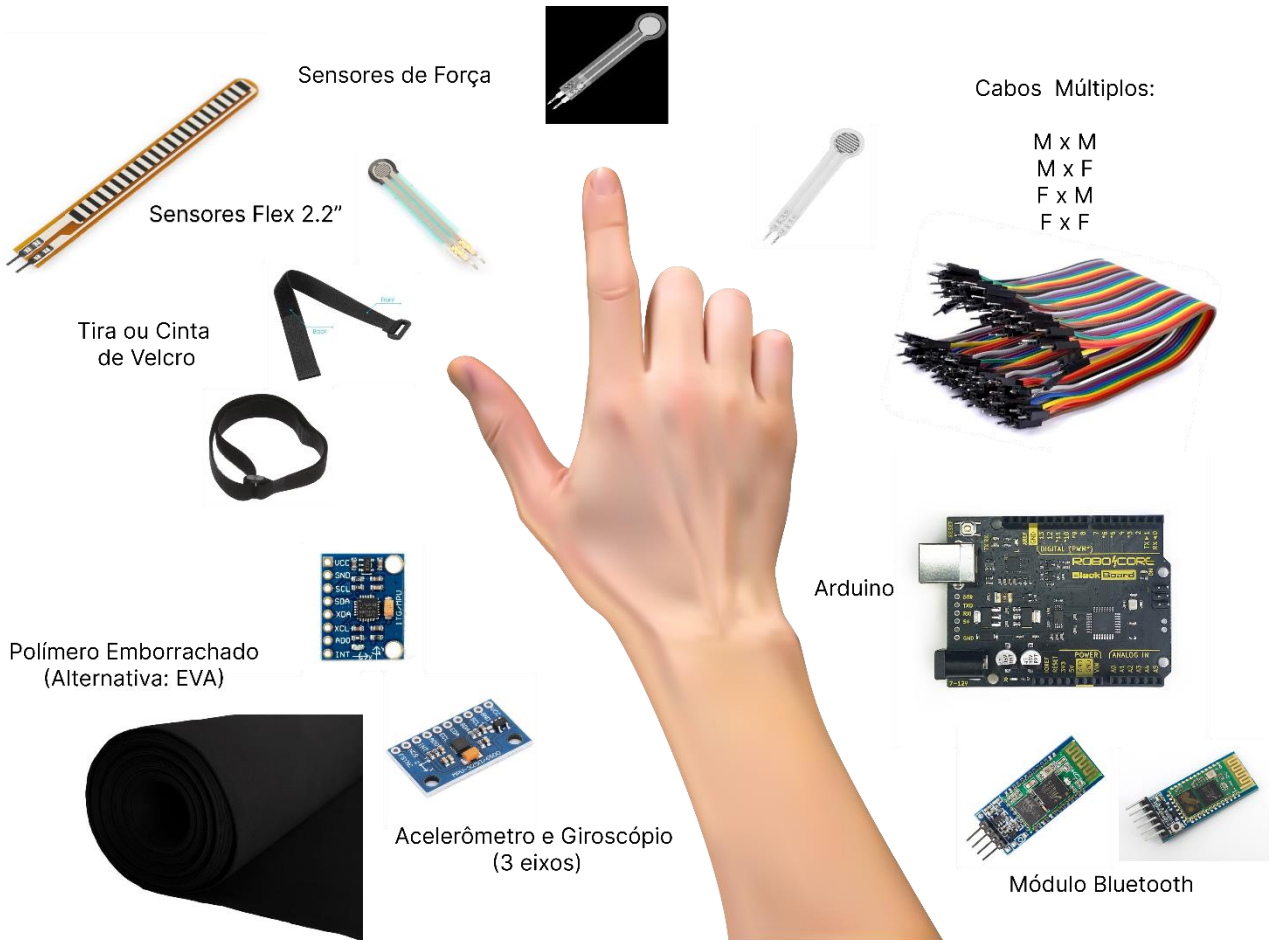
interfaces de entrada e saída, como também conexões comuns a usuário final (conector USB, pinos de entrada e saída, conector de alimentação, pinos de alimentação e entradas analógicas). O projeto Arduino com diferentes modelos de placas e sua própria IDE compõem o kit básico de prototipagem para usuários leigos ou iniciantes que desejam implementar soluções que envolvam eletrônica discreta por meio de conceitos básicos de programação. Não existe nenhuma limitação com relação ao Arduino funcionar em sistemas operacionais, podendo operar em Windows, Linux e MAC OS².

A imagem do protótipo se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO I – PROTÓTIPO**.

² **Fonte:** <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/> Acesso em: 20 abr. 2022.

Materiais

Figura 28 – Disposição dos materiais



Fonte: Elaboração própria.

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.

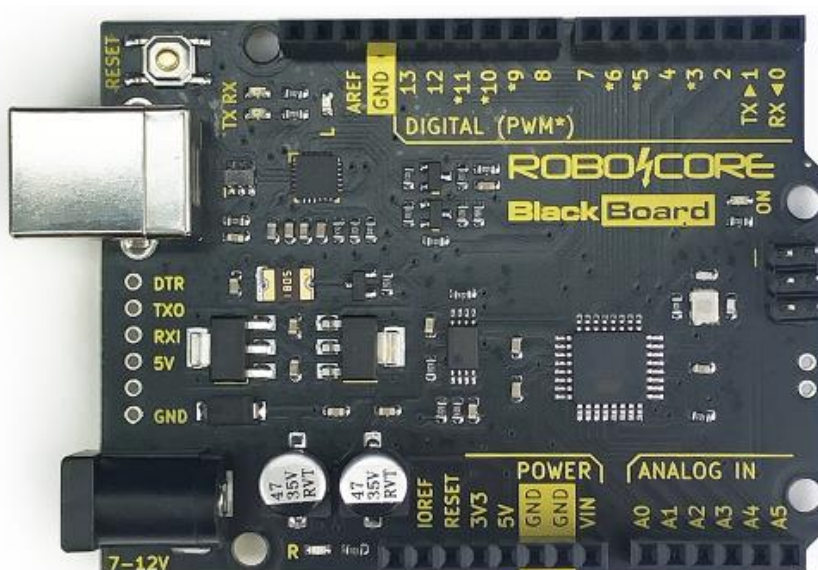
Black Board UNO R3 V2

Há vários modelos de placas de Arduino fabricadas até hoje, Arduino UNO, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Nano, Arduino Pro Mini e o Arduino LilyPad.

O Arduino Black Board Uno R3 V2 é ideal para quem está começando ou fazendo um primeiro projeto, ele tem uma ótima capacidade de processamento, fácil desenvolvimento da programação, e de total compatibilidade com Shields e Sensores³.

A figura 23 mostra uma placa de Arduino Black Board UNO R3 V2.

Figura 29 – Placa Black Board UNO R3 V2



Fonte: BlackBoard UNO R3 - Placas e módulos - Originais RoboCore – RoboCore, c2022. Disponível em: <<https://www.robocore.net/placa-robocore/arduino-blackboard>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

A tabela 2 mostra as especificações técnicas da placa Black Board UNO R3 V2 que se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO II - TABELAS**.

FSR4 - Sensor de Força Resistivo

O resistor FSR4 é um modelo de força resistivo, normalmente usados em cenário em que a resistência varia de acordo com a pressão exercida na área de detecção, este sensor tem uma variação de resistência quando alternamos a força aplicada.

³ **Fonte:** BlackBoard UNO R3 - Placas e módulos - Originais RoboCore – RoboCore, c2022. Disponível em: <<https://www.robocore.net/placa-robocore/arduino-blackboard>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

Quando não existe nenhuma força aplicada sua resistência tende a ser maior que 1MO, já na força máxima sua resistência será 2.5kO, usado para detecção de força, porém não tem muita precisão⁴.

A figura 24 mostra um sensor FSR4 - Sensor de Força Resistivo.

Figura 30 – FSR4 - Sensor de Força Resistivo



Fonte: Mixtronica - FSR4 - Sensor de Força Resistivo 4mm, c2022. Disponível em:< <https://mixtronica.com/forca-vibracao-pressao-sensores/9708-fsr4-sensor-de-forca-resistivo-4mm.html>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

A tabela 3 mostra as especificações técnicas do Sensor de Força Resistivo que se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO II – TABELAS**.

Sensor Flex 2.2”

O sensor Flex 2.2” consegue ser mais flexível que outros, ele pode ser dobrado e flexionado no dispositivo que se encontra, podendo acompanhar o movimento sem muita restrição.

Tem a capacidade de detectar curvas e consegue ajustar a resistência de acordo com movimento realizado, porém a base do sensor é muito sensível a dobras e pode ser danificada sem o devido cuidado.

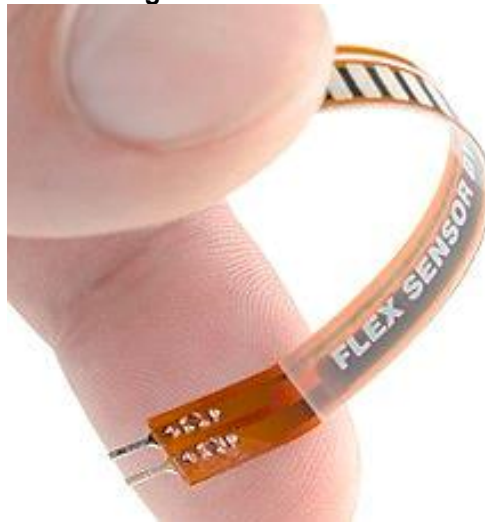
São bastante usados em áreas de pesquisas, a partir da interface de computador, reabilitação e sistema de segurança, normalmente aplicado em luvas de dados para registrar os movimentos articular da mão⁵.

⁴ **Fonte:** Mixtronica - FSR4 - Sensor de Força Resistivo 4mm, c2022. Disponível em:< <https://mixtronica.com/forca-vibracao-pressao-sensores/9708-fsr4-sensor-de-forca-resistivo-4mm.html>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

⁵ **Fonte:** <https://components101.com/sensors/flex-sensor-working-circuit-datasheet>
Acesso em: 20 abr. 2022.

A figura 25 mostra uma tira de Sensor Flex 2.2”

Figura 31 – Sensor Flex



Fonte: Flex sensor - Wikipedia. Disponível em:<https://en.wikipedia.org/wiki/Flex_sensor>. Acesso em: 23 abr. 2022.

A tabela 4 mostra as especificações técnicas do Sensor Flex 2.2” que se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO II – TABELAS**.

Sensor MPU-6050

O Sensor MPU 6050 é um dispositivo que consegue rastrear os movimentos em 6 eixos, fornecendo 6 valores de saída, sendo 3 acelerômetros e 3 do giroscópio. Os cálculos são realizados através do DMP (Digital Motion Processor), um hardware que cuida de todo esse processo.

Normalmente por ter baixo custo é muito usado em projetos que envolvem simuladores e robôs, com característica de baixo consumo de energia e com precisão⁶.

⁶ **Fonte:** <https://create.arduino.cc/projecthub/CiferTech/what-is-mpu6050-b3b178>
Acesso em: 20 abr. 2022.

A figura 26 mostra uma placa de MPU-6050

Figura 32 – Placa MPU-6050



Fonte: Acelerômetro e Giroscópio MPU-6050 - Sensores para Robótica – RoboCore, c2022. Disponível em: <<https://www.robocore.net/sensor-robo/acelerometro-e-giroscopio-mpu6050>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

A tabela 5 mostra as especificações técnicas do Sensor MPU-6050 que se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO II – TABELAS**.

Sensor BN080

O sensor BN080 tem um sistema de 9 eixos que permite a criação de projetos voltados a realidade aumentada em que se faz necessário detectar orientações e movimentos, tem um acelerômetro de alto desempenho, magnetômetros e giroscópios.

Tem a Unidade de Medição Inercial que produz rumos vetoriais de rotações precisas, adequados para VR e outras aplicações de rumo, com um erro de rotação estática de dois graus ou menos. Todos os dados do sensor são combinados e corrigidos de desvio em informações IMU precisas e significativas.

Toda comunicação do dispositivo é feita através de suas interfaces, sendo possível fazer a escolha através do direcionamento do jumper⁷.

A figura 27 mostra um Sensor BN080

Figura 33 – Sensor BN080



⁷ **Fonte:** https://www.sparkfun.com/products/14686?_ga=2.246991876.1625374925.1650494291-809937709.1650494291 Acesso em: 20 abr. 2022.

Fonte: 1 pces bno080 ar vr imu nove axis 9dof ahrs sensor módulo 9-axis alta precisão acelerômetro giroscópio magnetometer realidade virtual 3d - AliExpress Eletrônicos, c2022. Disponível em: <<https://pt.aliexpress.com/i/32959896007.html?gatewayAdapt=glo2bra#overview>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

A tabela 6 mostra as especificações técnicas do Sensor BN080 que se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO II – TABELAS**.

Sensor DF9-40

O Sensor DF9-40 é baseado nos nanômetros de materiais sensíveis a pressão e complementados por um substrato de filme ultrafino.

Através da sensibilidade pode detectar facilmente uma pressão recebida, assim quando sofre uma pressão externa a sua resistência muda e adaptada conforme a força⁸.

A figura 28 mostra um Sensor DF9-40

Figura 34 – Sensor DF9-40



Fonte: Resistor de plástico sensível à prova d'água e pressão sensível à força DF9-40 Sensor de pressão de filme fino para eletrônicos de consumo doméstico inteligente – Amazon, c2022. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Resistor-pl%C3%A1stico-eletr%C3%B4nicos-dom%C3%A9stico-inteligente/dp/B08BBY11ZJ/ref=sr_1_1?__mk_pt_BR=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=1WRLJUI58HKSA&keywords=DF9-40&qid=1650501146&srefix=df9-40%2Caps%2C153&sr=8-1>. Acesso em: 23 abr. 2022.

A tabela 7 mostra as especificações técnicas do Sensor DF9-40 que se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO II – TABELAS**.

⁸ **Fonte:** https://www.amazon.com.br/Resistor-pl%C3%A1stico-eletr%C3%B4nicos-dom%C3%A9stico-inteligente/dp/B08BBY11ZJ/ref=sr_1_1?__mk_pt_BR=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=1WRLJUI58HKSA&keywords=DF9-40&qid=1650501146&srefix=df9-40%2Caps%2C153&sr=8-1 Acesso em: 20 abr. 2022.

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 parte da 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 em 1996 em uma reunião com os 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”⁹.

O Bluetooth trabalha por meio de ondas de rádio de baixa potência, com frequências que variam de 2.4Ghz a 2.5Ghz, na faixa de frequência aberta ISM (Industrial, científico, Médico). Devido à baixa potência, o alcance do sinal é limitado conforme sua potência, esses dois aspectos são utilizados para dividir a tecnologia em três classes:

- Classe 1: Potência máxima de 1 mW, alcança a distância de até 1m;
- Classe 2: Potência máxima de 2,5 mW, alcança a distância de até 10m;
- Classe 3: Potência máxima de 100 mW, alcança a distância de até 100m.

Devido a faixa de frequência ser aberta, ela pode ser usada por qualquer sistema de comunicação, o que torna o sinal mais suscetível a receber e causar interferências, para que isso não ocorra o Bluetooth utiliza o esquema de comunicação FH-CDMA (Acesso múltiplo por divisão de código com saltos em frequência) que

⁹ **Fonte:** <https://www.bluetooth.com/about-us/bluetooth-origin/> Acesso em: 19 abr. 2022.

espalha o sinal sobre uma grande faixa de frequência criando vários canais e os dispositivos conectados mudam de frequência entre esses canais.

Há dois tipos de Bluetooth, o Bluetooth clássico e o Bluetooth de baixa energia (BLE), ambos são essencialmente similares, se diferenciando em Custo, consumo de energia e capacidade de transmissão de dados, onde o Bluetooth de baixa energia é mais barato e consome menos energia, sendo utilizado para aplicações que não necessitam de grandes quantidades de transmissão de dados e o Bluetooth clássico é capaz de uma maior transmissão de dados sendo utilizado em aplicações que demandam uma maior quantidade de dados a serem transmitidos.

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 regulação 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 passiva¹⁰.

¹⁰ **Fonte:** <https://www.autocorerobotica.com.br/modulo-bluetooth-rs232-hc-05> Acesso em: 16 abr. 2022.

<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bluetooth-rs232-hc-05/> Acesso em: 16 abr. 2022.

Figura 35 – Módulo Bluetooth HC-05 RS232

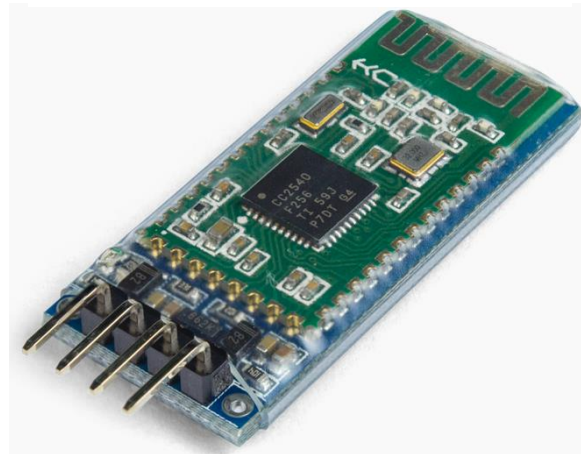


Fonte: Módulo Bluetooth RS232 HC-05 – FilipeFlop. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bluetooth-rs232-hc-05/>>. Acesso em: 23 abr. 2022

A tabela 8 mostra as especificações técnicas do módulo HC-05 RS232 que se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO II – TABELAS**.

Bluetooth HC-08 4.0 BLE

Figura 36 – Módulo Bluetooth HC-08 4.0 BLE



Fonte: Módulo Bluetooth Low Energy - HC-08 - Bluetooth – RoboCore, c2022. Disponível em: <<https://www.robocore.net/bluetooth/modulo-bluetooth-low-energy-hc-08>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

O módulo HC-08 4.0 BLE (Figura 36) 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 BLE¹¹.

A tabela 9 mostra as especificações técnicas do módulo Bluetooth HC-08 4.0 BLE que se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO II – TABELAS**.

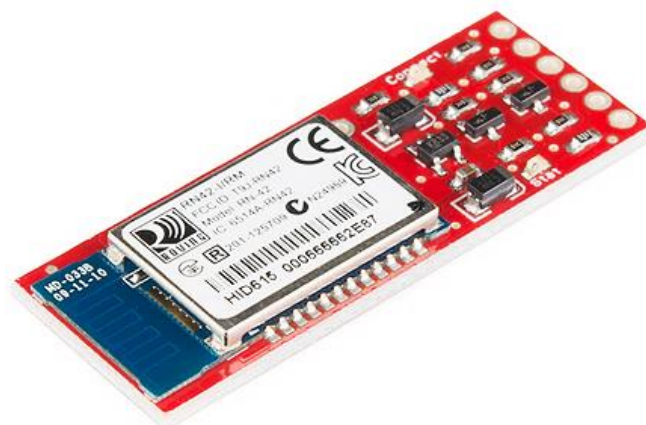
SparkFun Bluetooth Mate Silver

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 25mA¹².

¹¹ **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 abr. 2022.

¹² **Fonte:** <https://www.ptrobotics.com/modulos-bluetooth/1444-bluetooth-mate-silver.html>. Acesso em: 16 abr. 2022.

Figura 37 – Módulo Bluetooth Mate Silver

Fonte: SparkFun Bluetooth Mate Silver - WRL-12576 - SparkFun Electronics. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/products/retired/12576>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

A tabela 10 mostra as especificações técnicas do módulo Bluetooth SparkFun Mate Silver que se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO II – TABELAS**.

Orçamento

Quadro 1 – Orçamento dos componentes da luva

Componente	Modelo	Característica	Quantidade	Custo unitário	Custo Total
Módulo Bluetooth	AT-09 4.0 BLE Arduino Similar HM-10	Realiza comunicação Bluetooth	1	R\$ 22,00	R\$ 22,00
Acelerômetro e Giroscópio	BNO080	Capta a posição X,Y,Z da luva no espaço	1	R\$ 90,33	R\$ 90,33
Sensor de Força	FSR400	Mede a pressão exercida pelo usuário	5	R\$ 81,80	R\$ 409,00
Sensor de Curvatura	Flex 4.5"	Mede a curvatura do movimento da mão do usuário	5	R\$ 75,11	R\$ 375,55
Placa Principal	Blackboard UNO R3	Placa mãe	1	R\$ 129,00	R\$ 129,00
Velcro	Genérico	Fixa os cabos da luva	10	R\$ 1,80	R\$ 17,99
Luvas	DA12100GPT	Protege a mão do usuário	1	R\$ 4,99	R\$ 4,99
Cabos	Genérico	Interliga os componentes	40	R\$ 0,34	R\$ 13,60
					R\$ 1.062,46

Fonte: Elaboração própria.

Métodos

O modelo de pesquisa adotado está pautado no levantamento bibliográfico por meios de obras digitais ou físicas com apelo técnico e experimentação sustentada através da prototipagem por meio do qual buscamos nos orientar ou balizar o projeto

afim de atingir o objetivo principal que a concepção de um dispositivo e aplicação móvel (app mobile) funcionais.

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 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. Os sensores empregados possibilitaram através de valores numéricos repassar os dados de movimentação de abertura ou fechamento da mão, rotação do punho, oposição dos dedos, entre outros movimentos funcionais possíveis.

O aplicativo móvel terá os dados parametrizados que estarão vinculados a um banco de dados que subsidiará o aplicativo, a comunicação será estabelecida por meio da rede Bluetooth entre dispositivo passivo e o smartphone, ou gadget do usuário no qual se encontra o app que em tempo real estará recebendo os dados respectivos dos movimentos e atualizando os campos correspondentes na tela da interface gráfica disponibilizada. Permitindo assim o acompanhamento pelo profissional de Fisioterapia ou da área da Saúde correlata.

Testes Propostos

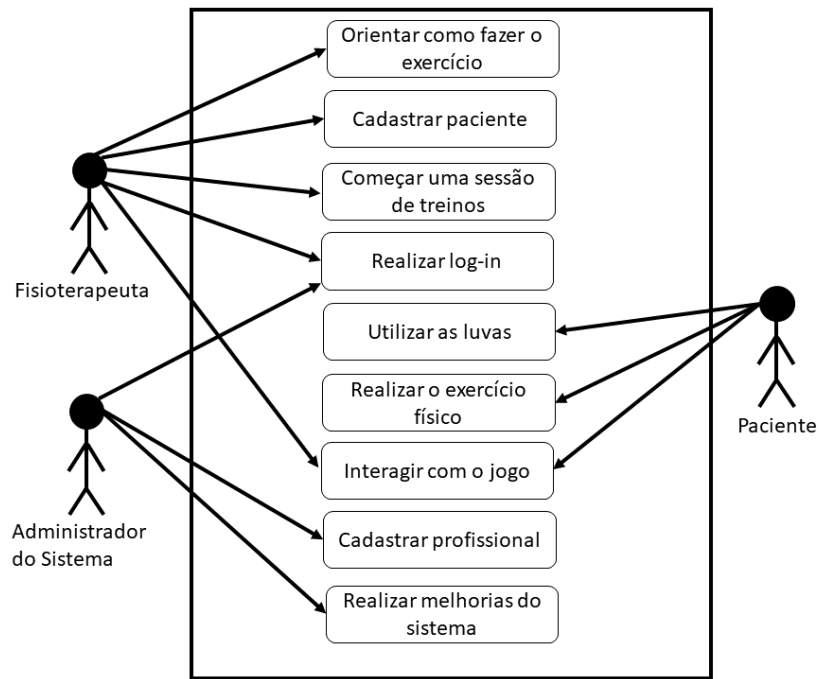
- Interação entre Banco de Dados e Aplicação;
- Integração de softwares ou ambientes de desenvolvimento:
 - Unity / Arduino IDE
 - MIT App Inventor / Arduino IDE
 - Android Studio / Arduino IDE
- Teste de conexão do Bluetooth;
- Alcance do módulo Bluetooth com relação ao dispositivo móvel (smartphone);
- 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.

Diagramas

UML

Diagrama 1 – UML



Fonte: Elaboração própria.

Diagrama de Entidade e Relacionamento

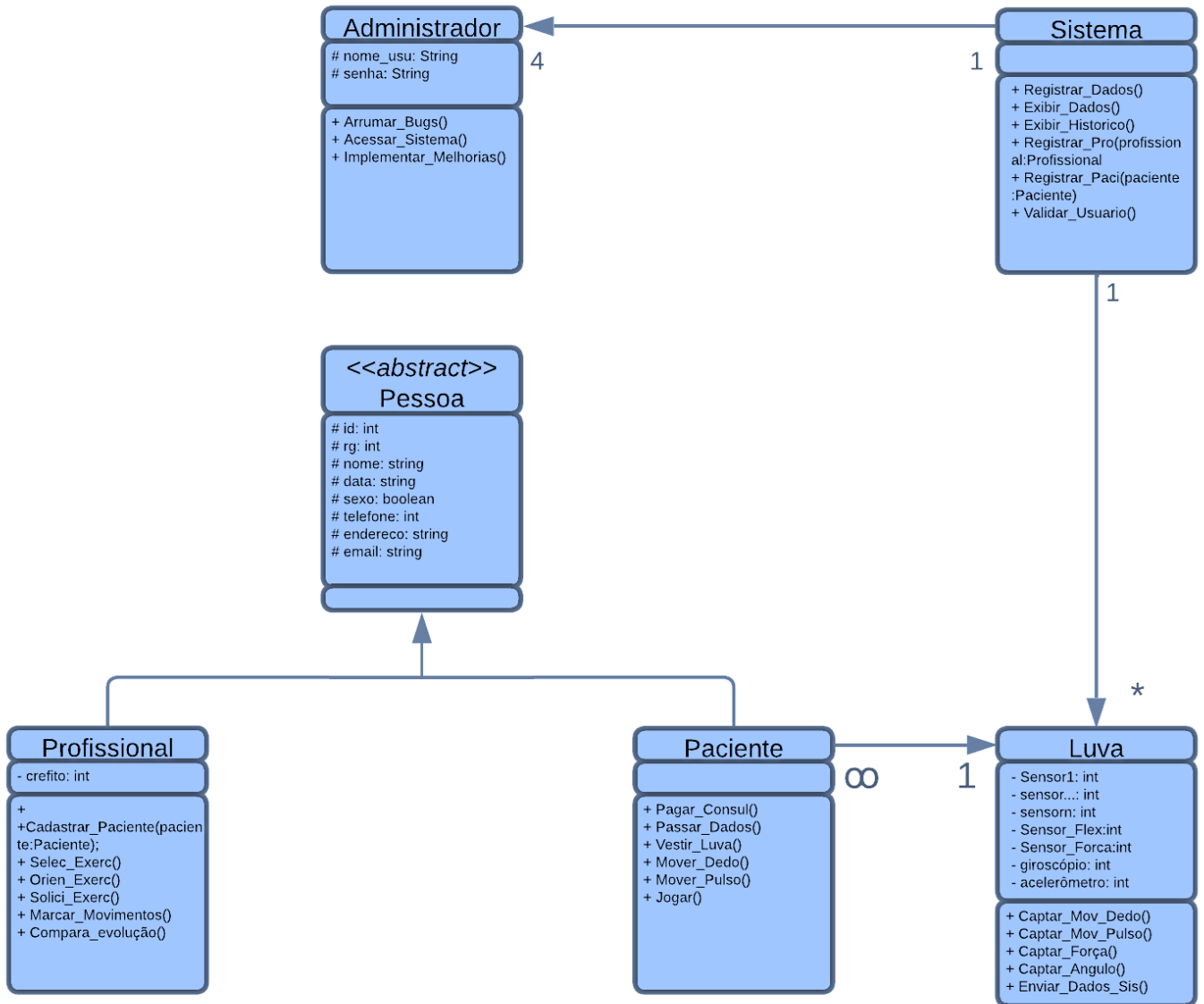
Diagrama 2 – Diagrama de Entidade e Relacionamento



Fonte: Elaboração própria.

Diagrama de Classes

Diagrama 3 – Diagrama de Classes



Fonte: Elaboração própria.

Desenvolvimento do Dispositivo

Programação Arduino

Metodologia

O presente projeto se baseia em pesquisa experimental traçando a análise dos dados levantados por meio do dispositivo passivo, a luva empregada no monitoramento do processo de recuperação do paciente. Por meio de pesquisas exploratórias voltadas a levantamento bibliográfico, elucidamos a base das informações resultantes do método de pesquisa apoiado em pesquisas bibliográficas de livros acadêmicos, artigos científicos, teses de mestrado, artigos de periódicos e anais de congressos que se comunicam diretamente e indiretamente com o tema explorado. A natureza das pesquisas é quantitativa visto que resultados são valores discretos numéricos que traçam comportamentos em uma visão mais macro dos dados coletados, é possível inferir sobre estes dados adotando sistemas analíticos ou parâmetros adequados. Portanto evidenciasse que se trata de um estudo de caso envolvendo o estudo profundo e exaustivo de um ou mais objetos, permitindo assim seu amplo, minucioso e detalhado conhecimento (AZEVEDO, 2020).

Cronograma

Figura 38 – Tabela de Cronograma

Atividade	Data	Duração
Definir temas, construir mapa conceitual, procurar artigos relacionados ao tema (Estado da Arte) e fichamento de cada obra escolhida, definir problema, hipóteses de solução, objetivos, benefícios e beneficiários (Introdução)	23/fev/22	14
Tema e Levantamento Bibliográfico	09/mar/22	17
Desenvolvimento da Introdução	26/mar/22	4
1ª Fase - Revisão dos padrões e do Protótipo, revisão das tabelas e índices, dicionário de dados	30/mar/22	21
Fundamentação Bibliográfica - Materiais e Métodos	20/abr/22	7
Justificativa - Referencial Teórico	27/abr/22	13
2ª Fase - UML, estratégias de testes e de conversão	27/abr/22	13
Metodologia	10/mai/22	15
O projeto - componentes, telas, relatórios, resumos	11/mai/22	7
3ª Fase - Estratégias de treinamento, refinar requisitos de HARDWARE, SOFTWARE e Redes; Segurança; Requisitos de desempenho, armazenamento e ambientais	18/mai/22	6
Cronograma	24/mai/22	7
Scripts de BD e tabelas; Elaboração de Banner	25/mai/22	6
Final do Projeto (Teórico)	31/mai/22	4
Apresentação do Banner	04/jun/22	11
Orçamento	15/jun/22	27
Compra dos componentes, sensores, módulo e demais itens	12/jul/22	7
Protótipo - Desenvolvimento (Momento Maker)	19/jul/22	22
Protótipo - Desenvolvimento (Momento Maker)	10/ago/22	5
Programação Arduino - IDE	15/ago/22	17
Desenvolvimento do aplicativo - Framework + BD	15/ago/22	17
Programação Arduino - IDE	01/set/22	36
Desenvolvimento do aplicativo - Framework + BD	01/set/22	36
Testes do protótipo da Luva Inteligente	07/out/22	7
Teste de execução e rotinas do App Mobile	14/out/22	20
Simulação no software e ambiente Unity	03/nov/22	29
Final do Projeto (Prático): consolidação protótipo ou artefato, aplicativo e simulação via software	02/dez/22	1
Apresentação do Projeto - Final	03/dez/22	1

Fonte: Elaboração própria.



Disciplina: Projeto Supervisionado 1



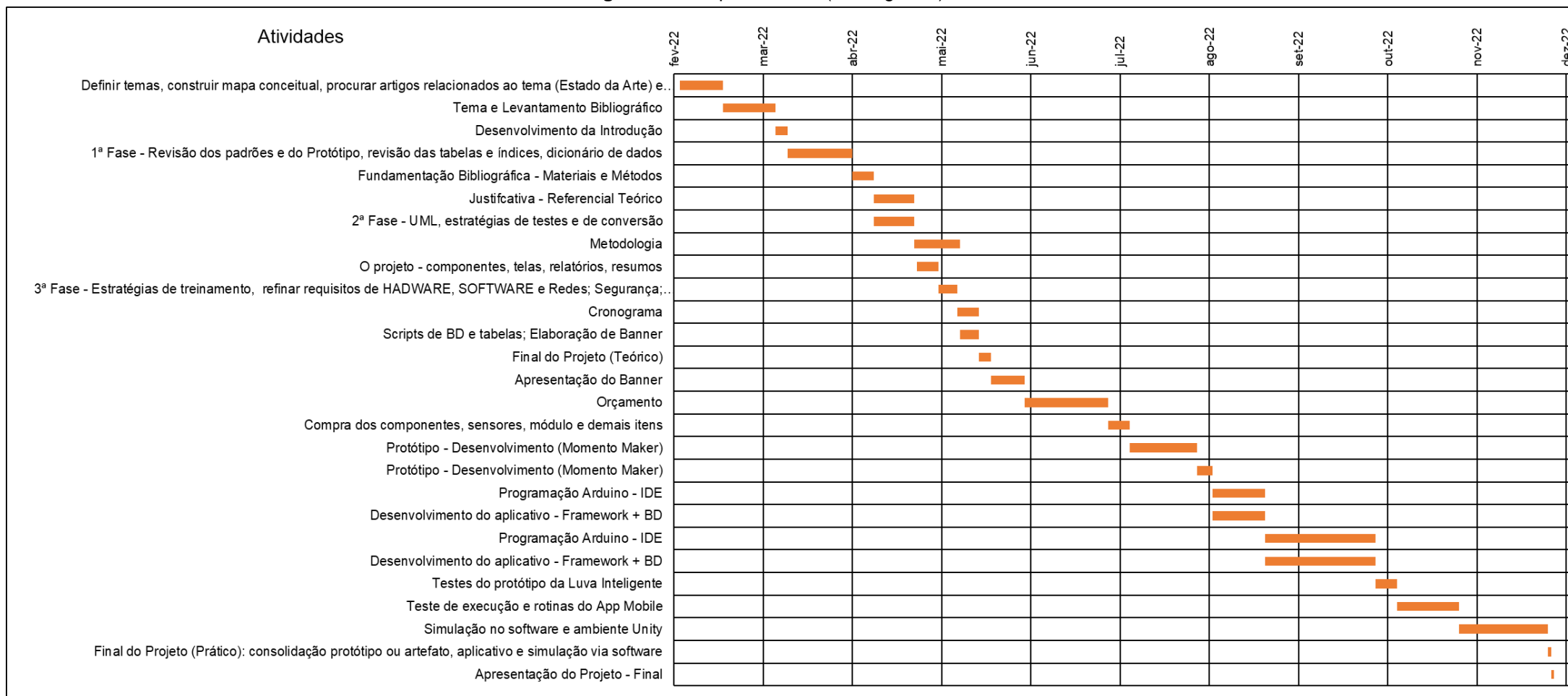
Disciplina: Prática de Pesquisa: Projeto



Disciplina: Projeto Supervisionado 2



Disciplina: Prática de Pesquisa - Trabalho de Conclusão de Curso

Figura 39 – Mapa de Gantt (Cronograma)

Fonte: Elaboração própria.

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.

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.

Prototipagem do App

A prototipagem das telas do aplicativo no dispositivo móvel foi elaborada de modo a ser intuitivo para o usuário, para isso as informações foram arranjadas na tela de forma clara e objetiva. Abaixo, segue as telas e as suas respectivas imagens:

Tela de Log-in

Figura 40 – Tela de Log-in



O protótipo da tela de login do aplicativo 'Glove Analysis' apresenta o seguinte layout: no topo, o título 'Glove Analysis' em um cabeçalho azul; abaixo, o rótulo 'Usuário' seguido por um campo de entrada ovalizado; em seguida, o rótulo 'Senha' seguido por outro campo de entrada ovalizado; abaixo dos campos, um botão azul retangular com o texto 'Entrar'; e na base, o texto 'Deseja cadastrar um profissional?' com um link azul 'Clique aqui'.

Fonte: Elaboração própria.

Nesta tela, o fisioterapeuta deve informar o nome de usuário e senha, caso não tenha cadastro, o administrador de sistema deverá ser notificado para criar o cadastro do profissional.

Tela Principal

Figura 41 – Tela Principal



Fonte: Elaboração própria.

Apresenta três opções para o profissional da saúde escolher, cada uma com função distinta, sendo: monitorar, registro de dados e cadastrar paciente.

Cadastrar Paciente

Será atribuído automaticamente um código para o paciente pelo sistema, depois o paciente deverá informar ao profissional da saúde os dados pessoais que complementará os campos em branco, conforme figuras 34 e 35.

Figura 42 – Cadastrar Paciente (parte I)

The screen displays a form titled "Cadastrar Paciente". It includes a "Foto" placeholder, input fields for "Código" and "RG", a "Nome Completo" field, a "Data de Nascimento" field, a "Gênero" section with "Masculino" and "Feminino" radio buttons, and fields for "Telefone", "Endereço", and "E-mail". The Android navigation bar is visible at the bottom.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 43 – Cadastrar Paciente (parte II)

The screen displays the "Observações" section with a large text area for notes. Below it is a blue "Cadastrar" button. The Android navigation bar is visible at the bottom.

Fonte: Elaboração própria.

Cadastrar Profissional

Figura 44 – Cadastrar Profissional (parte I)

The image shows a mobile application screen titled "Cadastrar Profissional". It contains several input fields for user information. On the left, there is a placeholder box labeled "Foto". To its right, there are three stacked input fields labeled "Código", "RG", and "CREFITO". Below these, there is a single-line input field for "Nome Completo", followed by a date picker for "Data de Nascimento". Then, there are radio buttons for "Gênero" with options "Masculino" and "Feminino". Below that are input fields for "Telefone", "Endereço", and "E-mail". The screen has a blue header bar with the title and a blue footer bar with standard Android navigation icons.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 45 – Cadastrar Profissional (parte II)

The image shows the second part of the "Cadastrar Profissional" form. It features a blue header bar with the title. Below the header, there are two input fields: "Nome de Usuário" and "Senha". Below the "Senha" field is a blue button labeled "Cadastrar". The rest of the screen is a light gray area. The screen has a blue footer bar with standard Android navigation icons.

Fonte: Elaboração própria.

O sistema gerará automaticamente um código para o fisioterapeuta, e os campos restantes serão preenchidos pelo administrador de sistema com os dados informados do profissional.

Monitorar

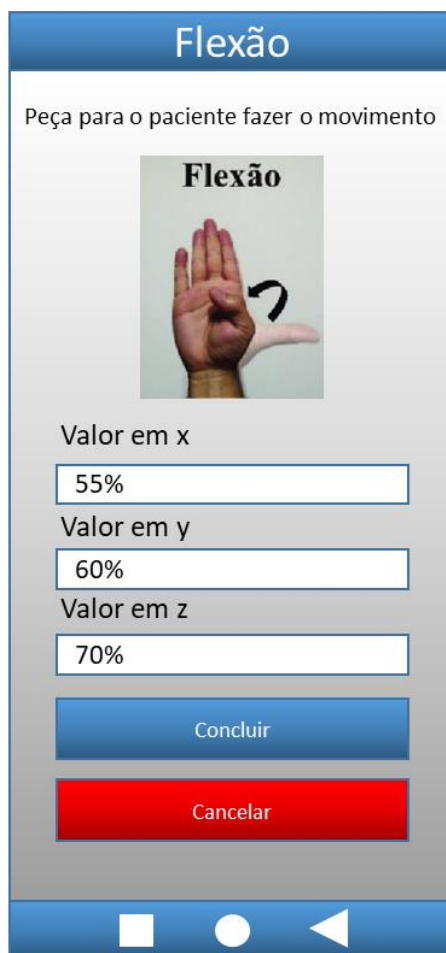
Figura 46 – Monitorar

Fonte: Elaboração própria.

Nesta tela, o fisioterapeuta terá a opção de pesquisar o paciente por: código, RG, nome completo, telefone e e-mail. No campo “Digite abaixo”, o fisioterapeuta informa o dado a ser pesquisado, o sistema irá sugerir pacientes com o dado preenchido para o profissional escolher, e abaixo deverá ser informado o exercício a ser realizado.

Tela do exercício escolhido

Figura 47 – Tela do exercício escolhido



Fonte: Elaboração própria.

O sistema irá preencher a barra superior da tela com o nome do exercício escolhido, e mostrará os dados analíticos gerados pelos sensores da luva. Após o fisioterapeuta clicar no botão concluir, será gravado no banco de dados os valores de posição (x, y, z). Caso o botão cancelar seja pressionado, irá voltar para a tela anterior.

Registro de Dados

Tem as mesmas opções de pesquisa da tela “Monitorar”, porém o profissional pode escolher a data inicial e final a qual deseja acompanhar a evolução do tratamento do paciente. Na tela há um botão para enviar o relatório, se clicado, abrirá uma tela do sistema Android para escolher o meio o qual será enviado o arquivo

do relatório. O botão gerar gráfico tem a mesma função do botão “Enviar Relatório”, porém os dados estarão em forma de gráfico.

Figura 48 – Tela registro de dados

Registro de Dados

Pesquisar Paciente por

Digite abaixo

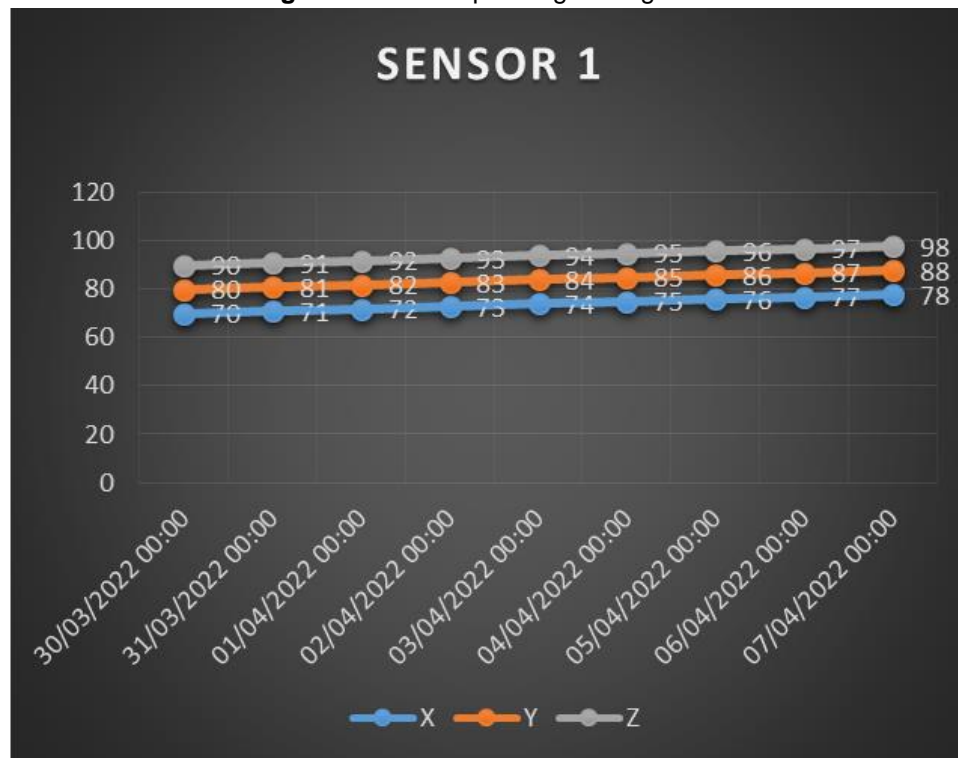
Data inicial Data Final

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

Fonte: Elaboração própria.

Figura 49 – Exemplo de gráfico gerado



Fonte: Elaboração própria.

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:

O script do banco de dados se encontra em anexo ao fim do arquivo: **ANEXO III - CÓDIGOS.**

Tabela 11 – 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

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 12 – 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

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13 – 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

Fonte: Elaboração própria

Dicionário de Dados

Tabela 14 – 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

Fonte: Elaboração própria.

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

Figura 50 – Logo Arduino



Fonte: ARDUINO. 5 fev. 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

O Software Arduino (IDE) possui código aberto que é baseado em C++ 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 periféricos¹³.

¹³ **Fonte:** <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> Acesso em: 20 abr. 2022.

Android Studio

Figura 51 – Logo Android Studio



Fonte: ANDROID Studio. 17 mai. 2021. Disponível em:
<<https://developer.android.com/studio/intro?hl=pt>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

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. Este ambiente de desenvolvimento Android trabalha com Java¹⁴.

¹⁴ **Fonte:** <https://developer.android.com/studio/intro?hl=pt> Acesso em: 20 abr. 2022.

MIT App Inventor

Figura 52 – Logo MIT App Inventor



Fonte: MIT App Inventor. Disponível em: <<https://appinventor.mit.edu/about-us>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

O MIT App Inventor é um ambiente de programação visual intuitivo baseado em Java 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 tecnologia¹⁵.

Unity

Figura 53 – Logo Unity



Fonte: UNITY. Disponível em: <<https://unity.com/pt/products/unity-platform>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

¹⁵ **Fonte:** <https://appinventor.mit.edu/about-us> Acesso em: 20 abr. 2022.

A plataforma de desenvolvimento 3D em tempo real do Unity permite que artistas, designers e desenvolvedores colaborem para criar experiências imersivas e interativas incríveis se utilizando do ambiente gráfico avançado aliado a demais softwares de modelagem 3D ou modelos 3D concluídos. Multiplataforma possui suporte para Windows, Mac e Linux. A linguagem na qual se baseia o desenvolvimento de jogos deste ambiente gráfico é o C#¹⁶.

BD - Banco de Dados

SQLite

Figura 54 – Logo SQLite



Fonte: SQLITE. Disponível em: <<https://www.sqlite.org/about.html>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

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 aplicativo¹⁷.

¹⁶ **Fonte:** <https://unity.com/pt/products/unity-platform> Acesso em: 20 abr. 2022.

¹⁷ **Fonte:** <https://www.sqlite.org/about.html> Acesso em: 20 abr. 2022.

Realm

Figura 55 – Logo Realm



Fonte: MONGODB. Disponível em: <<https://www.mongodb.com/docs/realm/get-started/introduction-mobile/#get-started-with-mongodb-realm>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

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 perdidas¹⁸.

Linguagens de Programação

C++

É uma linguagem de programação open source orientada a objetos, utilizada tanto como linguagem de máquina quanto para softwares considerada uma linguagem tanto de alto quanto de baixo nível, isso sendo possível pelas bibliotecas e funções que ela possui, o que permite que sistemas desenvolvidos nessa linguagem sejam de

¹⁸**Fonte:** <https://www.mongodb.com/docs/realm/get-started/introduction-mobile/#get-started-with-mongodb-realm> Acesso em: 20 abr. 2022.

alto desempenho, estáveis e seguros. O símbolo “++” significa um acréscimo à linguagem C, utilizada como base para o desenvolvimento da linguagem C++. Esse símbolo foi utilizado na linguagem para demonstrar que determinados recursos da linguagem C estariam presentes nela, e novos recursos foram implementados, fazendo da nova linguagem uma das mais utilizadas ao longo do tempo. É utilizada para o desenvolvimento de sistemas embarcados, bibliotecas gráficas, jogos, sistemas operacionais, entre outras aplicações¹⁹.

C#

Foi criada juntamente com a arquitetura da plataforma .NET da Microsoft. Construída do zero, sem se preocupar com compatibilidade de código legado, e a maioria das classes do framework .NET foram escritas com essa linguagem. Vários desenvolvedores participaram do projeto de criação da linguagem, mas o principal envolvido no projeto foi o engenheiro Anders Hejlsberg, que além do C# foi criador do Turbo Pascal e do Delphi. O símbolo # se refere ao sinal musical de sustenido (#), que indica meio tom acima de uma determinada nota musical. Possui uma sintaxe expressiva, elegante e é totalmente orientada a objetos. Sua sintaxe é simples e de fácil aprendizagem, muito familiar com a sintaxe de JAVA e C. Ela é usada na maioria das classes do .NET framework. Foi a primeira linguagem orientada a componentes da família C/C++, segue os padrões POO, onde tudo deriva de um ancestral comum, no caso de C# é System.Object²⁰.

Java

Java é um tipo de linguagem de programação criada e comercializada pela Sun Microsystems desde 1995. É definida como uma linguagem orientada a objetos. Sua intenção é permitir que os desenvolvedores escrevam o programa apenas uma vez e o executem por meio de qualquer dispositivo. O Java oferece a funcionalidade de uma linguagem bastante potente, derivada de C e C ++, porém, sem os recursos confusos e pouco utilizados desses. O modelo orientado a objetos (POO) é um dos estilos de programação mais populares. Ele permite desenhar o software para que os diferentes

¹⁹ **Fonte:** <https://blog.betrybe.com/linguagem-de-programacao/cpp/> Acesso em: 20 abr. 2022.

²⁰ **Fonte:** <https://www.devmedia.com.br/introducao-a-linguagem-csharp/27711> Acesso em: 20 abr. 2022.

tipos de dados utilizados sejam vinculados às suas operações. Proporciona uma plataforma segura para desenvolver e executar aplicativos que gerenciam automaticamente a memória, fornece canais de comunicação seguros, protegendo a privacidade dos dados e, por ter uma sintaxe rigorosa, evita a quebra de código, ou seja, não permite sua corrupção. O Java é multi-thread consegue executar várias tarefas simultaneamente dentro do mesmo programa. Isso permite melhorar o desempenho e a velocidade de execução. Sua principal característica reside em ser independente de plataforma por conta da JVM (Java Virtual Machine), isso significa que os programas escritos na linguagem Java podem ser executados em qualquer tipo de hardware, o que o torna portátil²¹.

Funcionalidade e Contextualização

Os sensores serão identificados e calibrados por meio da interface do Arduino e testados pela plataforma Unity através da simulação 3D com um objeto previamente modelado que correspondera a mão humana efetuando a movimentação virtual correspondente ao realizado no mundo real. O Arduino estabeleceu uma comunicação por meio da rede Bluetooth com o dispositivo móvel que através de um aplicativo utilizando a integração do Arduino Studio ou MIT App Inventor coletará os dados necessários ao banco de dados para exibir os valores monitorados nos campos correspondentes da aplicação. O Arduino conta com uma vasta biblioteca para os periféricos ou módulos (Shields) possibilitando por intermédio da programação o maior aproveitamento dos recursos de hardware de acordo com a realidade.

Bibliotecas Oficiais Arduino: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/>

O ambiente Arduino pode ser estendido através do uso de bibliotecas, assim como a maioria das plataformas de programação. As bibliotecas fornecem funcionalidade extra para uso em esboços, por exemplo, trabalhando com hardware ou manipulando dados. Suas principais bibliotecas são de: Robótica, Comunicação,

²¹ **Fonte:** <https://rockcontent.com/br/blog/o-que-e-java/> Acesso em: 20 abr. 2022.

Conectividade, Bibliotecas de Famílias Específicas do Arduino, Memória, Exposição, Áudio, USB, além de bibliotecas aposentadas²².

Android Studio & Arduino

Figura 56 – Logos Android, Bluetooth e Arduino



Fonte: Comunicação Bluetooth entre Arduino e Android - Dragão sem Chama. Disponível em: <<https://dragaosemchama.com/2016/04/comunicacao-bluetooth-entre-arduino-e-android/>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

Ao conectar o Android a um módulo Bluetooth contendo seu endereço, não haverá a busca por dispositivos. O que faremos na Activity principal do Android Studio é ativar o hardware Bluetooth, iniciar uma conexão com um dispositivo pré-definido e atualizar os parâmetros relativos ao contador e ao status da conexão. A maioria das Activities estão associadas a interfaces visuais, sendo uma Activity (arquivo .java) definida para tratar uma interface gráfica (arquivo .xml). Nessa situação, é tarefa da Activity apresentar a tela definida no XML para o usuário, bem como tratar eventos e interações gerados na tela com relação a aplicação²³.

<https://dragaosemchama.com/2016/04/comunicacao-bluetooth-entre-arduino-e-android/>

<https://www.devmedia.com.br/introducao-a-comunicacao-bluetooth-no-android/27636>

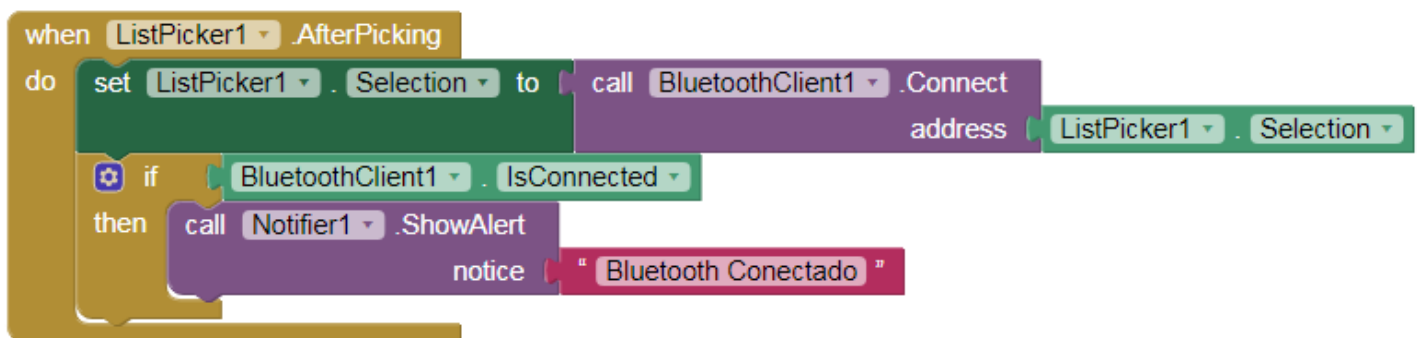
MIT App Inventor & Arduino

²² **Fonte:** <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/> Acesso em: 20 abr. 2022.

²³ **Fonte:** <https://dragaosemchama.com/2016/04/comunicacao-bluetooth-entre-arduino-e-android/> Acesso em: 24 abr. 2022.

Para tornar o projeto realmente funcional, será necessário adicionar a ferramenta BluetoothCliente, disponível em Connectivity no menu Palette (todas as ferramentas para constituir o design do app) da interface intuitiva do MIT App Inventor, cuja função será fornecer uma interface de comunicação Bluetooth ao aplicativo. A comunicação Bluetooth utilizará duas lógicas, uma para listar os dispositivos disponíveis, e a outra permitirá que a interface se conecte a um módulo específico, indicando quando estiver conectado ou houver algum erro. No BluetoothClient serão coletadas duas variáveis "Call BluetoothClient1.Connect address", cuja função será

Figura 57 – Função para comunicação Bluetooth



Fonte: Desenvolvendo um aplicativo Mobile para Arduino e Bluetooth com APP Inventor | Componentes Eletrônicos e Arduino – Curto Circuito, c2021. Disponível em: <<https://www.curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20Arduino/hc-05-e-arduino-app-inventor-controle-mobile>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

se conectar ao endereço armazenado em ListPicker, e "BluetoothCliente1.IsConnected", que será aplicado para avaliar a conexão entre o módulo e aplicativo, através da variável "if" localizada em Control, nos conjuntos Built-in (primeiro grupo da lista Blocks). O Blocks é a área no qual se encontra todas as funções relacionadas a programação do app.

<https://www.curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20Arduino/hc-05-e-arduino-app-inventor-controle-mobile>

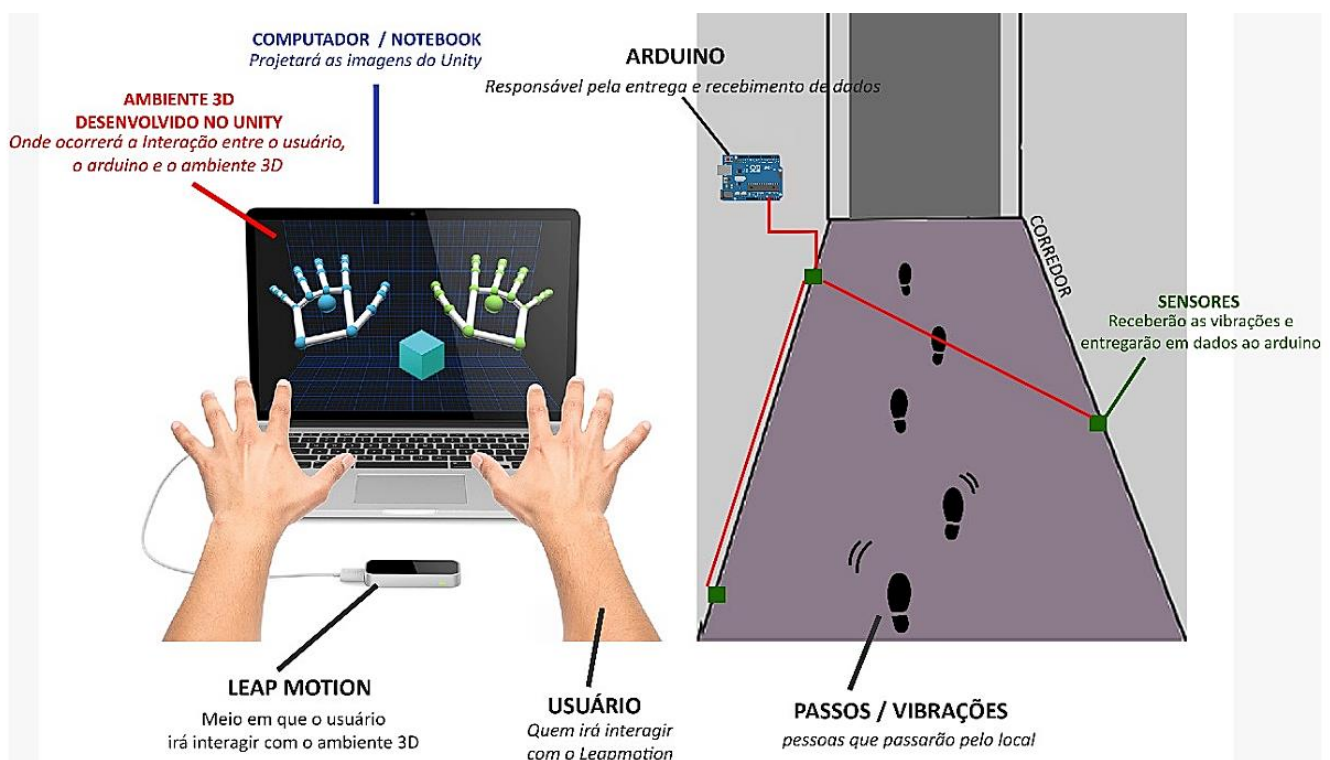
<https://www.makerzine.com.br/educacao/primeiros-passos-com-mit-app-inventor-exemplo/>

Unity & Arduino

A ligação de um microcontrolador Arduino a Game Engine Unity proporciona uma interface entre o Arduino e um computador muitas vezes é importante durante o desenvolvimento de projeto ou para controle de dispositivos através de uma interface

gráfica. Sendo útil para uma aplicação no computador para aquisição e exibição de dados em forma gráfica durante algum experimento em laboratório, simulação ou estudo específico. A comunicação Serial com Arduino entre a placa e o computador é estabelecida através de uma porta serial emulada por meio do driver da USB responsável pelos dados fornecidos a interface ou ambiente gráfico. O desenvolvimento voltado a interface gráfica e outros elementos visuais se utilizam de ambiente gráfico baseado em linguagens como C#, a exemplo do Unity²⁴²⁵.

Figura 58 – Integração Arduino e Unity



Fonte: #17.ART • 17º Encontro Internacional de Arte e Tecnologia • 2018
https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/779/o/48-Teofilo_Augusto.pdf

²⁴ **Fonte:** <https://www.revista-programar.info/artigos/conexao-de-arduino-ao-unity/> Acesso em: 20 abr. 2022.

²⁵ **Fonte:** <https://www.embarcados.com.br/comunicacao-serial-c-arduino-parte-1/> Acesso em: 20 abr. 2022.

Interface e Experiência do Usuário

TESTES E RESULTADOS

Testes do Protótipo da Luva Inteligente

Resultados do Protótipo da Luva Inteligente

Teste de Execução do App Mobile

Resultados do App Mobile

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 aposição do polegar**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto – Portugal. 30 set. 2015. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10216/80857>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

ALECRIM, Emerson. Bluetooth: o que é, como funciona e versões. **InfoWester**. 30 jan. 2008. Disponível em: <<https://www.infowester.com/bluetooth.php>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ALIEXPRESS, **Sensor bno080**. Disponível em: <<https://pt.aliexpress.com/item/32959896007.html?spm=a2g0o.seodetail.topbuy.1.106657d1xDYKVc>>. Acesso em: 21 mai. 2022.

ALIEXPRESS, **Sensor de pressão fsr400 3"**. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/32859017846.html?UTABTest=aliabtest266652_356678&_randl_currency=BRL&_randl_shipto=BR&src=google&src=google&albch=shopping&acnt=768-202->. Acesso em: 21 mai. 2022.

ALIEXPRESS, **Sensor flexível 2.2"**. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/4000142398040.html?UTABTest=aliabtest266652_356678&_randl_currency=BRL&_randl_shipto=BR&src=google&memo1=freelisting&src=google&albch=shopping&acnt=768-202->. Acesso em: 21 mai. 2022.

AMAZON, **Luva de segurança flextáctil DANNY-DA12100GPT**. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Seguran%C3%A7a-Flext%C3%A1ctil-Preta-Tamanho-G-DANNY-DA12100GPT/dp/B077V23XZR/ref=asc_df_B077V23XZR/?tag=googleshopp00->. Acesso em: 21 mai. 2022.

AMAZON, **Sensor de pressão DF9-40**. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Resistor-pl%C3%A1stico-eletr%C3%B4nicos-dom%C3%A9stico-inteligente/dp/B08BBY11ZJ/ref=sr_1_1?__mk_pt_BR=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=1WRLJUI58HKSA&keywords=DF9-40&qid=1650501146&srefix=df9-40%2Caps%2C153&sr=8-1>. Acesso em 20 abr. 2022.

ANDROID Studio. 17 mai. 2021. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/intro?hl=pt>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ARDUINO. 5 fev. 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ARDUINO. Disponível em: <<https://create.arduino.cc/projecthub/CiferTech/what-is-mpu6050-b3b178>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ARDUINO. Libraries. Arduino. Disponível em:
<<https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ASIAJET. Les 10 gestes innocents à ne pas faire à l'étranger. Disponível em:
<<http://asiajet.over-blog.com/2014/04/les-10-gestes-innocents-a-ne-pas-faire-a-l-etranger.html>>. Acesso em: 11 maio 2022.

AUTOCORE Robótica. Disponível em:
<<https://www.autocorerobotica.com.br/modulo-bluetooth-rs232-hc-05>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

AZEVEDO, Rogério Cabral. A994m Metodologia da pesquisa para engenharias / Rogério Cabral Azevedo, Leonardo Ensslin. Belo Horizonte: PPGEC/CEFET-MG - 2020. 196 p.

BLOG DA CURTO. Desenvolvendo um aplicativo Mobile para Arduino e Bluetooth com APP Inventor. **Curto Circuito**. 10 mar. 2019. Disponível em:
<<https://www.curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20Arduino/hc-05-e-arduino-app-inventor-controle-mobile>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BLUETOOTH. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/about-us/bluetooth-origin/>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

BORGES, David. Comunicação Bluetooth entre Arduino e Android. **Dragão sem chama**. 12 abr. 2016. Disponível em:
<<https://dragaosemchama.com/2016/04/comunicacao-bluetooth-entre-arduino-e-android/>>. Acesso em: 20 abr. 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: 21 abr. 2022.

CEVA-DSP. Disponível em: <<https://www.ceva-dsp.com/product/bno080-085/>>. Acesso em: 20 abr. 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.

DEVMEDIA. Introdução à comunicação Bluetooth no Android. **DevMedia**. 2013. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/introducao-a-comunicacao-bluetooth-no-android/27636#1>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

DEVMEDIA. Introdução à comunicação Bluetooth no Android. **DevMedia**. 2013. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/introducao-a-comunicacao-bluetooth-no-android/27636>>. Acesso em: 20 abr. 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.

ELETROGATE, **Módulo Bluetooth 4.0 AT-09 CC2541 BLE**. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/modulo-bluetooth-40-at-09-cc2541-ble>>. Acesso em: 22 mai. 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.

EVERTON. Introdução à linguagem C#. **DevMedia**. 2013. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/introducao-a-linguagem-csharp/27711>>. Acesso em: 20 abr. 2022

FILIPEFLOP. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bluetooth-rs232-hc-05/>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

FLEX Sensor. **COMPONENTES101**. 18 mar. 2018. Disponível em: <<https://components101.com/sensors/flex-sensor-working-circuit-datasheet>>. Acesso em: 20 abr. 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: 16 mar. 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. 523-528, 2015.

LEMES, Daniel. A história da Power Glove, a luva do poder da Nintendo... ou quase. **Memória BIT**. 16 jul. 2019. Disponível em: <<https://www.memoriabit.com.br/historia-da-power-glove-luva-nintendo/>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

LIN, Bor-Sing; LEE, I-Jung; YANG, Shy-Yu; LO, Yi-Chiang; LEE, Junghsi; CHEN, Jean-Lon. **Design of na Intertial-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: 23 abr. 2022.

MATTEDE, Henrique. O que são sensores e quais as suas aplicações? **Mundo da Elétrica**. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-e-quais-as-suas-aplicacoes/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

MERCADO LIVRE, **Cabo Wire Jumper 20cm 40 fios fêmea-macho Protoboard Arduino**. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2137220322-cabo-wire-jumper-20cm-40-fios-fmea-macho-protoboard-arduino-_JM#position=5&search_layout=stack&type=item&tracking_id=6f80dce9-eb7a-4d4f-a7f8-cd948f03b4c7>. Acesso em: 21 mai. 2022.

MERCADO LIVRE, **Velcro original organizador para cabos 10 peças 20cm**. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-726492162-velcro-original-organizador-para-cabos-10-pecas-20cm-_JM?searchVariation=46635218559#searchVariation=46635218559&position=7&search_layout=stack&type=item&tracking_id=8d768a00-4827-4051-8ed7-51752f1514a5>. Acesso em: 21 mai. 2022.

MIT App Inventor. Disponível em: <<https://appinventor.mit.edu/about-us>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

MIXTRÓNICA. Disponível em: <<https://mixtronica.com/forca-vibracao-pressao-sensores/9708-fsr4-sensor-de-forca-resistivo-4mm.html>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

MONGODB. Disponível em: <<https://www.mongodb.com/docs/realm/get-started/introduction-mobile/#get-started-with-mongodb-realm>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

NOLETO, Caio. C++: o que é, porque usar e quais as diferenças com C. **Betrybe**. 13 out. 2021. Disponível em: <<https://blog.betrybe.com/linguagem-de-programacao/cpp/>>. Acesso em: 20 abr. 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.

PROCTOR, Bob. Bluetooth Vs Bluetooth Low Energy: What's the difference? *In*: Link Labs IoT Asset Monitoring & Tracking Solution. **Link Labs**. 19 ago. 2021. Disponível em: <<https://www.link-labs.com/blog/bluetooth-vs-bluetooth-low-energy>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

PTROBOTICS. Disponível em: <<https://www.ptrobotics.com/modulos-bluetooth/1444-bluetooth-mate-silver.html>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

ROBOCORE, **Acelerômetro e Giroscópio MPU-6050**. Disponível em: <<https://www.robocore.net/sensor-robo/acelerometro-e-giroscopio-mpu6050>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ROBOCORE, **BlackBoard UNO R3**. Disponível em: <<https://www.robocore.net/placa-robocore/arduino-blackboard>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ROBOTECH BD, **Sensor de pressão DF9–40**. Disponível em: <<https://www.robotechbd.com/product/uncategorized/df9-40-thin-film-pressure-sensor-max-20-kg/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ROCK CONTENT. O que é java? Conheça as particularidades dessa linguagem de programação. **Rock Content**. 26 ago. 2019. Disponível em: <<https://rockcontent.com/br/blog/o-que-e-java/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ROLIM, Gerson. 3G, 4G e 5G: entenda a tecnologia por trás da conexão do seu celular. GERSONROLIM. 29 jul. 2019. Disponível em: <<http://www.gersonrolim.com/2019/07/diferenca-5g-4g-3g.html>>. Acesso em: 22 mai. 2022.

SANTOS, Nunu. Conexão de Arduino ao Unity. **Revista Programar**. 7 jun. 2015. Disponível em: <<https://www.revista-programar.info/artigos/conexao-de-arduino-ao-unity/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SHOPEE. Disponível em: <<https://shopee.com.br/At-09-android-ios-ble-4.0-m%C3%B3dulo-bluetooth-para-arduino-cc2540-cc2541-serial-m%C3%B3dulo-sem-fio-compat%C3%ADvel-HM-10-i.430672333.5587672197>>. Acesso em: 21 mai. 2022.

SILVA, S.G. **Fisioterapia Neurofuncional**. 1. ed. Rio de Janeiro: SESES, 2017.
SOUZA, Fábio. Comunicação Serial com C# e Arduino – Parte 1. **Embarcados**. 5 ago. 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/comunicacao-serial-c-arduino-parte-1/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SPARKFUN Electronics, **Módulo Bluetooth Mate Silver**. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/products/retired/12576>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

SPARKFUN Electronics, **Sensor IMU bno080**. Disponível em: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/qwiic-vr-imu-bno080-hookup-guide/all>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SPARKFUN Electronics, **Sensor IMU bno080**. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/products/14686?_ga=2.246991876.1625374925.1650494291-809937709.1650494291>. Acesso em 20 abr. 2022.

SQLITE. Disponível em: <<https://www.sqlite.org/about.html>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

STOPPA, Marcelo et al. **Modelo de dispositivo para reabilitação de dedos da mão**. 25 abril 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/316261909_Modelo_de_dispositivo_para_reabilitacao_de_dedos_da_mao>. Acesso em: 11 mai. 2022.

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: 2 abr. 2022.

TERRA, Rodrigo R. Primeiros passos com MIT App Inventor + Exemplo. **Makerzine**. 14 set. 2022. Disponível em: <<https://www.makerzine.com.br/educacao/primeiros-passos-com-mit-app-inventor-exemplo/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

THOMSEN, Adilson. O que é Arduino, para que serve e primeiros passos [2022]. In: FILIPEFLOP Componentes Eletrônicos. **FILIPEFLOP**. 2 SET. 2014. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

UNITY. Disponível em: <<https://unity.com/pt/products/unity-platform>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

USINAINFO. Disponível em: <<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 abr. 2022.

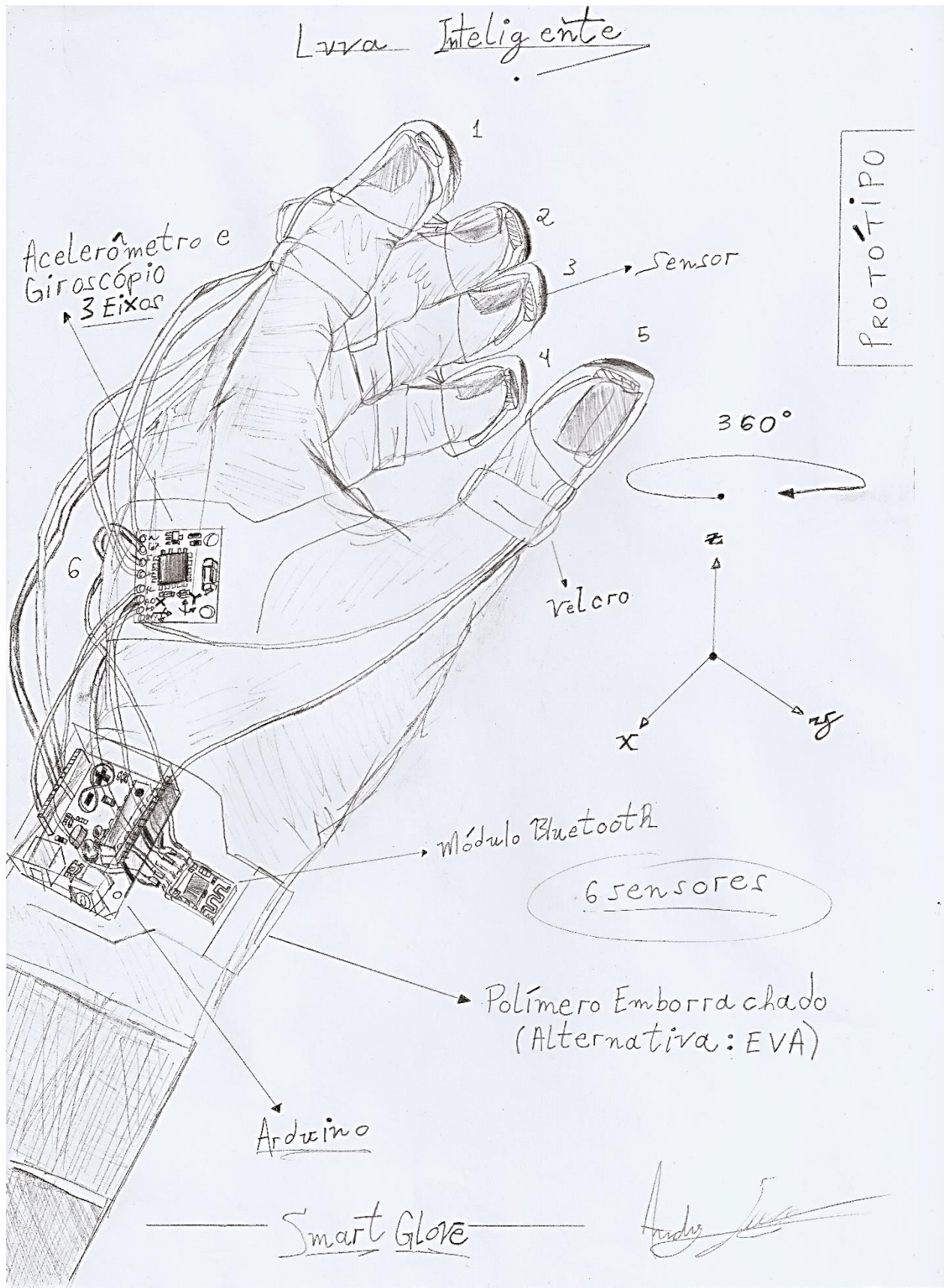
VALERI, Vitor. Wi-Fi 2.4Ghz, 5Ghz ou 6Ghz? Quais diferenças e qual devo usar?. **OFICINA DA NET**. 7 ago. 2020. Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/internet/32268-wi-fi-2-4-ou-5ghz-quais-diferencas-e-qual-devo-usar>>. Acesso em: 22 mai. 2022.

Vítor M., Bluetooth 4.0: Baixo consumo e longo alcance. **PPLWARE**. 24 abr. 2010. Disponível em: <<https://pplware.sapo.pt/informacao/bluetooth-4-0-baixo-consumo-e-longo-alcance/>>. Acesso em: 22 mai. 2022.

WINSEN Sensor. Disponível em: <<https://www.winsen-sensor.com/sensors/pressure-sensor/128.html>>. Acesso em: 20 abr. 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: 2 abr. 2022.

ANEXO I – PROTÓTIPO



ANEXO II – TABELAS

Tabela 2 – Especificações técnicas do Arduino Black Board UNO R3 V2

Especificações	Dados técnicos
Dimensões	68 x 53 x 10mm
Microcontrolador	ATmega328P SMD
Memória flash	32Kb
Memória SRAM	2Kb
Memória EEPROM	1Kb
Frequência de clock	16Mhz
Protocolos de comunicação	UART / SPI / TWI (I2C)
Temperatura de operação	10 ~ 60°C
Tensão de operação	5V
Tensão de alimentação	7 ~ 12V
Pinos	22 pinos de entrada/saída (I/O)
Entradas analógicas	8 entradas (A0 a A7)
Saídas PWM	6 saídas (D3, D5, D6, D9, D10 e D11)
Corrente máxima por pino I/O	40mA
Corrente máxima no pino de 3,3V	200mA

Adaptado de: BlackBoard UNO R3 - Placas e módulos - Originais RoboCore – RoboCore, c2022. Disponível em: <<https://www.robocore.net/placa-robocore/arduino-blackboard>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

Tabela 3 – Especificações técnicas do Sensor de Força Resistivo

Especificações	Dados técnicos
Comprimento total	44,5mm
Largura total	7,6mm
Diâmetro de detecção	7mm
Sensibilidade suficiente para detecção	2g
Gama de sensibilidade em força	0,1N a 10N

Adaptado de: Mixtronica - FSR4 - Sensor de Força Resistivo 4mm, c2022. Disponível em: <<https://mixtronica.com/forca-vibracao-pressao-sensores/9708-fsr4-sensor-de-forca-resistivo-4mm.html>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

Tabela 4 – Especificações técnicas do Sensor Flex 2.2"

Especificações	Dados técnicos
Tensão de operação	0 ~ 5V
tensões operáveis	Baixa
Potência nominal	0,5 Watt (contínuo), 1 Watt (Pico)
Vida	1 Milhão

Temperatura de operação	-45 ~ +80°C
Resistência plana	25K Ω
Faixa de resistência à curvatura	45K ~ 125K Ω
Tolerância de resistência	$\pm 30\%$

Adaptado de: Components 101 - Flex Sensor Features, Working, Circuit & Datasheet, c2021.

Disponível em: <<https://components101.com/sensors/flex-sensor-working-circuit-datasheet>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

Tabela 5 – Especificações técnicas do Sensor MPU-6050

Especificações	Dados técnicos
Tensão de operação	3 ~ 5V
Protocolo de comunicação	I2C
Alcance de acelerômetro	± 2 , ± 4 , ± 8 , $\pm 16g$
Range de giroscópio	250, 500, 100, 2000°/s
Dimensões	20 x16 x 1mm

Adaptado de: Acelerômetro e Giroscópio MPU-6050 - Sensores para Robótica – RoboCore, c2022.

Disponível em: <<https://www.robocore.net/sensor-robo/acelerometro-e-giroscopio-mpu6050>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

Tabela 62 – Especificações técnicas do Sensor BN080

Especificações	Dados técnicos
I2C (padrão)	até 400Khz
SPI	até 3Mhz
UART	3Mbps
UART – RVC	115200kbps
Rotação Vector	
Erro dinâmico	3.5°
Erro estático	2.0°
Gaming Rotação	
Erro dinâmico	2.5°
Erro estático	1.5°
Desvio do rumo	0.5°
Geomagnético Rotação Vector	
Erro de rotação dinâmica	4.5°
Erro de rotação estática	3.0°
Erro de ângulo de gravidade	1.5°
Precisão de aceleração linear	0.35 m/s ²
Precisão do acelerômetro	0.3 m/s ²
Precisão do giroscópio	3.1° /s

Precisão do Magnetômetro	1.4 μ T
--------------------------	-------------

Adaptado de: 1 pces bno080 ar vr imu nove axis 9dof ahrs sensor módulo 9-axis alta precisão acelerômetro giroscópio magnetometer realidade virtual 3d - AliExpress Eletrônicos, c2022. Disponível em: <<https://pt.aliexpress.com/i/32959896007.html?gatewayAdapt=glo2bra#overview>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

Tabela 7 – Especificações técnicas do Sensor DF9-40

Especificações	Dados técnicos
Faixa de medição	0-500 g, 0-2, 0-5, 0-10,0-20 kg
Espessura	<0,25 mm
Precisão	$\pm 2,5\%$ (85% de faixa de medida)
Receptibilidade	$\leq \pm 5,8$ (50% de carga)
Vida útil	> 1 milhão de vezes
Resistência inicial	> 10 M Ω (sem carga)
Tempo de resposta	<1ms
Tempo de restauração	<15 ms
Tensão de teste	DC 3,3 V (típico)
EMI	Não gerar
EDS	Não sensível
Diâmetro externo da área de detecção	9mm
Diâmetro interno da área de detecção	7,5mm
Espaçamento do pino	2,54mm

Adaptado de: Resistor de plástico sensível à prova d'água e pressão sensível à força DF9-40 Sensor de pressão de filme fino para eletrônicos de consumo doméstico inteligente – Amazon, c2022. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Resistor-pl%C3%A1stico-eletr%C3%B4nicos-dom%C3%A9stico-inteligente/dp/B08BBY11ZJ/ref=sr_1_1?__mk_pt_BR=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=1WRLJUI58HKSA&keywords=DF9-40&qid=1650501146&srefix=df9-40%2Caps%2C153&sr=8-1>. Acesso em: 23 abr. 2022.

Tabela 3 – Especificações técnicas do módulo Bluetooth HC-05 RS232

Especificações	Dados Técnicos
Alcance	10m
Banda de onda	2.4Ghz – 2.8Ghz, Banda ISM
Baud Rate	4800;9600;19200;38400;57600;115200;230400;4608000;921600;1382400bps
Corrente	Pareado 35mA; Conectado 8mA
CSR chip	Bluetooth v2.0
Dimensões	26,9 x 13 x 2,2mm
Emissão de energia	≤ 4 dBm, Classe 2
Firmware	Linvor 1.8

Frequência	2.4Ghz Banda ISM
Modos	Escravo e Mestre
Modulação	GFSK
Perfil	Porta Serial Bluetooth
Peso	9,6g
Protocolo Bluetooth	v2.0+DRE
Segurança	Autenticação e Encriptação
Sensibilidade	$\leq -84\text{dBm}$ com 0,1% BER
Temperatura	$-40 \sim +105^{\circ}\text{C}$
Tensão	3,3v (2.7-4.2v)
Velocidade Assíncrono	2,1Mbps (Max)/160Kbps
Velocidade Síncrono	1Mbps/1Mbps

Adaptado de: Módulo Bluetooth RS232 HC-05 – FilipeFlop, c2022. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bluetooth-rs232-hc-05/>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

Tabela 9 – Especificações técnicas do módulo Bluetooth HC-08 4.0 BLE

Especificações	Dados Técnicos
Alimentação	3,6 – 6V
Nível de sinal	3,3V
Versão	Bluetooth Specification V4.0 BLE
Frequência de trabalho	Banda ISM de 2.4Ghz
Alcance	10 metros em área aberta
Método de modulação	GFSK (Gaussian Frequency tecla Shift Keying)
Potência RF	-23dBm, -6dBm, 0dBm, 6dBm
Velocidade	Assíncronos 1-6k Bytes
Segurança	Autenticação e criptografia
Potência	No modo de suspensão 60 μ A ~ 1.5mA
Temperatura de trabalho	$-5 \sim 65^{\circ}\text{C}$
Senha padrão (PIM)	000000
Dimensões(CxLxE)	38 x 15,7 x 3,5mm
Peso	3g

Adaptado de: Módulo Bluetooth HC-08 4.0 BLE Arduino para iPhone e iPad - Master/Slave – Usinainfo, c2022. Disponível em: <<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 abr. 2022.

Tabela 10 – Especificações técnicas do módulo Bluetooth Mate Silver

Especificações	Dados Técnicos
Firmware	v6.15

Potência	25mA
Segurança	Conexão criptografada
Frequência	2.402 ~ 2.480Ghz
Tensão	3.3 – 6V
Comunicações seriais	2400 – 115200bps
Temperatura em operação	-40 ~70°C
Dimensões	1.75 x 0.65"

Adaptado de: SparkFun Bluetooth Mate Silver – SParkFun, c2022. Disponível em:
<<https://www.sparkfun.com/products/retired/12576>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

Estratégias de Testes e de Conversão

Quadro 2 – Erros da tela de exercício.

Exercicio escolhido			Resultado
Campos variáveis			
Valor em X	Valor em Y	Valor em Z	Dados válidos
35%	0%	0%	Erro 1x001 – Necessario calibrar o equipamento, valor inicial >0 ou <0.
0%	-25%	0%	Erro 2x002 – Necessario calibrar o equipamento, valor inicial >0 ou <0.
0%	0%	62%	Erro 3x003 – Necessario calibrar o equipamento, valor inicial >0 ou <0.

Quadro 3 – Erros da tela de monitoramento do paciente.

Monitorar		
Campos variáveis		Resultado
Pesquisar Paciente por	Digite abaixo	Dados válidos
Codigo	AAAAA	Erro 2x001 – Codigo invalido, digite apenas numeros. Numeros invalidos.
RG	48848801AB	Erro 2x002 – RG invalido, digite apenas numeros. Numeros invalidos.
Nome	Luc@s Vinicius de Oliv1iveira	Erro 2x003 – Nome invalido, digite apenas letras. Letras invalidas.
Telefone	910121415	Erro 2x004 – Telefone invalido, necessario inserir o DDD. DDD invalido.
Email	lucas@gmail	Erro 2x005 – Email incompleto, necessario digitar o endereco completo. Email invalido.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 4 – Erros da tela de cadastro de paciente.

xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	False	False	(xx) xxxxx-xxxx
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	True	True	(xx) xxxxx-xxxx
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	False	True	
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	False	True	(12) 34567-891
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	True	False	(12) 34567-89101
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	True	False	() 12345-6789
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	True	False	(xx) xxxxx-xxxx
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	True	False	(xx) xxxxx-xxxx
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	False	True	(xx) xxxxx-xxxx
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	False	True	(xx) xxxxx-xxxx
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	False	True	(xx) xxxxx-xxxx
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	False	True	(xx) xxxxx-xxxx
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	False	True	(xx) xxxxx-xxxx
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	False	True	(xx) xxxxx-xxxx
xx.xxx.xxx-x	Nome completo do paciente	xx/xx/xxxx	False	True	(xx) xxxxx-xxxx

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 4 – Erros da tela de cadastro de paciente.

Cadastro de paciente		
Campos variáveis		Resultado
Endereço	E-mail	
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com	Dados válidos
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxx.xxxxx@gmail.com	Erro 1x005 – RG inválido. Número de caracteres inválido.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com	Erro 1x001 – RG inválido. Campo em branco.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com	Erro 1x008 – RG inválido. Caractere inválido.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxx.xxxxx@gmail.com	Erro 2x008 – Nome inválido. Caractere inválido.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxx.xxxxx@gmail.com	Erro 2x008 – Nome inválido. Campo em branco.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com	Erro 2x002 – Nome inválido. Número de caracteres excede o limite mínimo.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com	Erro 2x003 – Nome inválido. Número de caracteres excede o limite máximo
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com	Erro 3x001 – Data de nascimento inválida. Campo em branco.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com	Erro 3x031 – Data de nascimento inválida. Dia inválido.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com	Erro 3x032 – Data de nascimento inválida. Mês inválido.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com	Erro 3x033 – Data de nascimento inválida. Ano inválido.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com	Erro 3x033 – Data de nascimento inválida. Caractere inválido.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 4 – Erros da tela de cadastro de paciente.

Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx.xxxx@gmail.com	Erro 4x041 – Opção de sexo inválida Nenhuma opção selecionada.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx.xxxx@gmail.com	Erro 4x042 – Opção de sexo inválida Ambas opções selecionadas.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx.xxxx@gmail.com	Erro 5x001 – Telefone inválido. Campo em branco.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx.xxxx@gmail.com	Erro 5x002 – Telefone inválido. Número mínimo de caracteres excedido.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx.xxxx@yahoo.com.br	Erro 5x003 – Telefone inválido. Número máximo de caracteres excedido.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx.xxxx@yahoo.com.br	Erro 5x051 – Telefone inválido. Número de telefone não possui DDD.
	xxx.xxxx@gmail.com	Erro 6x001 – Endereço inválido. Campo em branco.
Rua xxx	xxx.xxxx@gmail.com	Erro 6x002 – Endereço inválido. O número de caracteres excede o limite mínimo.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx		Erro 7x001 – E-mail inválido. Campo em branco.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	x.xgmail.com	Erro 7x002 – E-mail inválido. Número de caracteres excede o limite mínimo.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxx.xxxxxxxxxxxxxxgmail.com	Erro 7x003 – E-mail inválido. Número de caracteres excede o limite máximo
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx.xxxxgmail.com	Erro 7x004 – E-mail inválido. Formato de E-mail inválido.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx.xxxx@yahoo.com.br	Erro 7x006 – E-mail inválido. Domínio do E-mail inválido.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx.xxxx@yahoo.com.br	Erro 7x007 – E-mail inválido. E-mail não existe.
Rua xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxx.xx xx@yahoo.com.br	Erro 7x008 – E-mail inválido. Caracere inválido.

Fonte: Elaboração própria.

100

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 5 – Erros da tela de cadastro de profissional.

Cadastro de profissional	
Cadastro de profissional	
Endereço	E-mail
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxxx@yahoo.com.br
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxxx@yahoo.com.br
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxxx.xxxxxxx@hotmail.com
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxxx@gmail.com
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxxx@gmail.com
	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxxx.xxxxxxx@google.com
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxxx@gmail.com
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxxx.xxxxxxx@hotmail.com
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxxx@yahoo.com.br
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxxx@gmail.com
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com
Rua xxxxx xxxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxxx.xxxxxxx@outlook.com
	xxxx.xxxxx@yahoo.com.br

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 5 – Erros da tela de cadastro de profissional.

Rua xxxx	xxxx.xxxx@gmail.com
Rua xx xx	xxxx.xxxx@yahoo.com.br
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	x.x@yahoo.com.br
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxxxxxxxxxxxx.xxxxxxxxxxxxxx @yahoo.com.br
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxxyahoo
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxx@google.com.br
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxx@gmail.com
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxx x@gmail.com
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxx@gmail.com
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxx@gmail.com
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxx@gmail.com
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxx@gmail.com
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxx@gmail.com
Rua xxxxx xxxxxxx xx xxxxx, xxxx	xxxx.xxxx@gmail.com

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 5 – Erros da tela de cadastro de profissional.

Cadastro de profissional		
Cadastro de profissional		Resultado
Nome de usuário	Senha	
xxxxxx	xxxxxxxx	Dados válidos
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 1x005 – RG inválido. Número de caracteres inválido.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 1x001 – RG inválido. Campo em branco.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 1x008 – RG inválido. Caractere inválido.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 2x008 – Nome inválido. Caractere inválido.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 2x002 – Nome inválido. Número de caracteres excede o limite mínimo.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 2x003 – Nome inválido. Número de caracteres excede o limite máximo
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 3x001 – Data de nascimento inválida. Campo em branco.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 3x031 – Data de nascimento inválida. Dia inválido.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 3x032 – Data de nascimento inválida. Mês inválido.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 3x033 – Data de nascimento inválida. Ano inválido.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 4x041 – Opção de sexo inválida Nenhuma opção selecionada.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 4x042 – Opção de sexo inválida Ambas opções selecionadas.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 5x001 – Telefone inválido. Campo em branco.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 5x051 – Telefone inválido. Número de telefone não possui DDD.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 5x002 – Telefone inválido. Número de caracteres inválido.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 6x001 – Endereço inválido. Campo em branco.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 5 – Erros da tela de cadastro de profissional.

xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 6x002 – Endereço inválido. O número de caracteres excede o limite mínimo.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 6x003 – Endereço inválido. O número de caracteres excede o limite máximo.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 7x001 – E-mail inválido. Campo em branco.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 7x002 – E-mail inválido. Número de caracteres excede o limite mínimo.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 7x003 – E-mail inválido. Número de caracteres excede o limite máximo
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 7x004 – E-mail inválido. Formato de E-mail inválido.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 7x006 – E-mail inválido. Domínio do E-mail inválido.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 7x007 – E-mail inválido. E-mail não existe.
xxxxxx	xxxxxxxx	Erro 7x008 – E-mail inválido. Caracere inválido.
	xxxxxxxx	Erro 8x001 – Nome de usuário inválido. Campo em branco.
xx	xxxxxxxx	Erro 8x002 – Nome de usuário inválido. Número de caracteres excede o limite mínimo.
xxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxx	Erro 8x003 – Nome de usuário inválido. Número de caracteres excede o limite máximo.
		Erro 9x001 – Nome de usuário inválido. Campo em branco.
xx	x	Erro 9x002 – Nome de usuário inválido. Número de caracteres excede o limite mínimo.
xxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxx	Erro 9x003 – Nome de usuário inválido. Número de caracteres excede o limite máximo.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 6 – Erros da tela de login.

Campos variáveis		Resultado
Usuario	Senha	
a	Ret12@lOJ	Erro 1x001 - Usuário necessita de no mínimo de 3 caracteres
"_____"	Ret12@lOJ	Erro 1x002 - Usuário não pode ser VAZIO (NULL)
aaaa.bbb	Ret12@lOJ	Erro 1x003 - Se usuário já possui registro no Banco de Dados
a aa bbb	Ret12@lOJ	Erro 1x004 - Usuário não pode conter espaço em branco
aaaaaaaa	Ret12@lOJ	Erro 1x005 - Usuário não pode conter todos os caracteres iguais
>aa*a+a!	Ret12@lOJ	Erro 1x006 - Usuário não aceita caracteres especiais, além de - ou .
123456789	Ret12@lOJ	Erro 1x007 - Usuário não pode conter mais de 8 caracteres
luiza.cm	Ab123-	Erro 2x008 - Senha necessita de no mínimo de 7 caracteres
luiza.cm	"_____"	Erro 2x009 - Senha não pode ser VAZIO (NULL)
luiza.cm	Ar19@z-	Erro 2x010 - Se senha já possui registro no Banco de Dados
luiza.cm	Ar1 z-	Erro 2x011 - Senha não pode conter espaço em branco
luiza.cm	Ar19@z-5yU*	Erro 2x012 - Senha não pode conter mais de 10 caracteres
luiza.cm	AS0ohy5	Erro 2x013 - Senha deve possuir no mínimo um caracter especial
luiza.cm	AS&ohyF	Erro 2x014 - Senha deve possuir no mínimo um número
luiza.cm	as\$oh59	Erro 2x015 - Senha deve possuir no mínimo um letra maiúscula
luiza.cm	AY8"6\$E	Erro 2x016 - Senha deve possuir no mínimo um letra minúscula

Fonte: Elaboração própria.

Registro de Dados				
Métodos de busca por Paciente		Código do Paciente	Número do RG do Paciente	Nome do Paciente
Caixa de Seleção	Código do Paciente	Aouit	37.588.964-58	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Código do Paciente	1465789	37.588.964-59	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Código do Paciente	" _____ "	37.588.964-60	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Número do RG do Paciente	07895	00.000.000-0	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Número do RG do Paciente	07896	12345678910	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Número do RG do Paciente	07897	" _____ "	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Número do RG do Paciente	07898	123ABC789	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Nome do Paciente	07899	37.588.964-60	" _____ "
Caixa de Seleção	Nome do Paciente	07900	37.588.964-61	Usuário ...
Caixa de Seleção	Nome do Paciente	07901	37.588.964-62	Usuário
Caixa de Seleção	Nome do Paciente	07902	37.588.964-63	Usuário do Paciente
Caixa de Seleção	Nome do Paciente	07903	37.588.964-64	Usuário do Paciente
Caixa de Seleção	Nome do Paciente	07904	37.588.964-65	Usºár o d- Pacient&
Caixa de Seleção	Nome do Paciente	07905	37.588.964-66	U8uári0 d0 Pa2ien7e
Caixa de Seleção	E-mail do Paciente	07906	37.588.964-67	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	E-mail do Paciente	07907	37.588.964-68	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	E-mail do Paciente	07908	37.588.964-69	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	E-mail do Paciente	07909	37.588.964-70	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	E-mail do Paciente	07910	37.588.964-71	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Telefone do Paciente	07911	37.588.964-72	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Telefone do Paciente	07912	37.588.964-73	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Telefone do Paciente	07913	37.588.964-74	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Telefone do Paciente	07914	37.588.964-75	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Telefone do Paciente	07915	37.588.964-76	Juliana Azevedo Guimarães
Caixa de Seleção	Telefone do Paciente	07916	37.588.964-77	Juliana Azevedo Guimarães
Calendar	Date	07917	37.588.964-78	Juliana Azevedo Guimarães
Calendar	Date	07918	37.588.964-79	Juliana Azevedo Guimarães
Calendar	Date	07919	37.588.964-80	Juliana Azevedo Guimarães
Calendar	Date	07920	37.588.964-81	Juliana Azevedo Guimarães
Calendar	Date	07921	37.588.964-82	Juliana Azevedo Guimarães

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 7 – Erros da tela de registro de dados.

Registro de Dados		Data	
E-mail do Paciente	Telefone do Paciente	Inicial	Final
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	05/01/2020	12/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	06/01/2020	13/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	07/01/2020	14/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	08/01/2020	15/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	09/01/2020	16/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	10/01/2020	17/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	11/01/2020	18/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	12/01/2020	19/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	13/01/2020	20/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	14/01/2020	21/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	15/01/2020	22/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	16/01/2020	23/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	17/01/2020	24/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	18/01/2020	25/03/2022
xxxx.xxxx@hotmail.com	15997851263	19/01/2020	26/03/2022
" _____ "	15997851263	20/01/2020	27/03/2022
...xxxxx_xxx@outlook.com	15997851263	21/01/2020	28/03/2022
...xxxxx xxx@outl ok.com	15997851263	22/01/2020	29/03/2022
...xxxxx_xxxx.outlook.com	15997851263	23/01/2020	30/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	" _____ "	24/01/2020	31/03/2022
lucas_angelo57@outlook.com	99999999999	25/01/2020	01/04/2022
lucas_angelo57@outlook.com	99 99999 9999	26/01/2020	02/04/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15999999999	27/01/2020	03/04/2022
lucas_angelo57@outlook.com	*15-999-999	28/01/2020	04/04/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15AAAA099BB	29/01/2020	05/04/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	27/04/2022	21/04/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	" _____ "	27/04/2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	25.04.2022	27*04*2022
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	10/1/10	/0009/19999
lucas_angelo57@outlook.com	15997851263	19052001	01/04/2003

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 7 – Erros da tela de registro de dados.

Resultado
Erro 2x001 - Código contém apenas números inteiros
Erro 2x002 - Código deve possuir apenas 5 caracteres
Erro 2x003 - Código não pode ser VAZIO (NULL)
Erro3x004 - RG não pode conter pontos ou traços
Erro 3x005 - RG deve possuir apenas 9 caracteres
Erro 3x006 - RG não pode ser VAZIO (NULL)
Erro 3x007 - Código contém apenas números inteiros
Erro 4x008 - Nome não pode ser VAZIO (NULL)
Erro 4x009 - Nome pode possuir até 40 caracteres
Erro 4x010 - Nome pode conter acentuação
Erro 4x011 - Nome pode conter espaços em branco
Erro 4x0012 - Nome pode conter maiúsculas e minúsculas
Erro 4x0013 - Nome não pode conter caracteres especiais
Erro 4x0014 - Nome não pode conter números
Erro 5x0015 - Email deve conter um domínio
Erro 5x0016 - Email não pode ser VAZIO (NULL)
Erro 5x0017 - Email pode possuir até 50 caracteres
Erro 5x0018 - Email não pode conter espaços em branco
Erro 5x0019 - Email por obrigatoriedade deve ter "@", caractere de marcação
Erro 6x0020 - Telefone não pode ser VAZIO (NULL)
Erro 6x0021 - Telefone deve possuir 11 caracteres
Erro 6x0022 - Telefone não pode conter espaços em branco
Erro 6x0023 - Telefone deve conter DDD da operadora, obrigatoriedade
Erro 6x0024 - Telefone não pode conter caracteres especiais
Erro 7x0025 - Telefone contém apenas números inteiros
Erro 7x0026 - Data Inicial não pode ser maior que data final
Erro 7x0027 - Data não aceita campo VAZIO (NULL)
Erro 7x0028 - Data possui apenas caracteres especiais "/"
Erro 7x0029 - Data deve possuir 8 a 10 caracteres
Erro 7x0030 - Data segue máscara de 2 caracteres para dia e mês, e 4 para ano

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO III – CÓDIGOS

Script – Banco de Dados

create table Paciente

```
(  
    cod_pac int primary key,  
    num_rg_pac int not null,  
    nom_pac varchar(40) not null,  
    dat_nasc_pac date not null,  
    gen_pac binary not null,  
    tel_pac int not null,  
    end_pac varchar(250) not null,  
    email_pac varchar(50) not null,  
    obs_pac varchar(300) null  
);
```

create table Profissional

```
(  
    cod_pro int primary key,  
    nom_usu varchar(8) not null,  
    sen_pro varchar(10) not null,  
    num_rg_pro int not null,  
    num_cre int not null,  
    nom_pro varchar(40) not null,  
    dat_nasc_pro date not null,  
    gen_pro binary not null,
```

```
tel_pro int not null,  
end_pro varchar(250) not null,  
email_pro varchar(50) not null  
);
```

```
create table Registro_de_dados
```

```
(  
    cod_reg_pac int primary key,  
    cod_pac int,  
    cod_pro int,  
    sensor1 varchar(8) not null,  
    sensor2 varchar(8) not null,  
    sensor3 varchar(8) not null,  
    sensor4 varchar(8) not null,  
    sensor5 varchar(8) not null,  
    sensor6 varchar(8) not null,  
    dat_hor datetime not null,  
    foreign key(cod_pac) references Paciente(cod_pac),  
    foreign key(cod_pro) references Profissional(cod_pro)  
);
```