

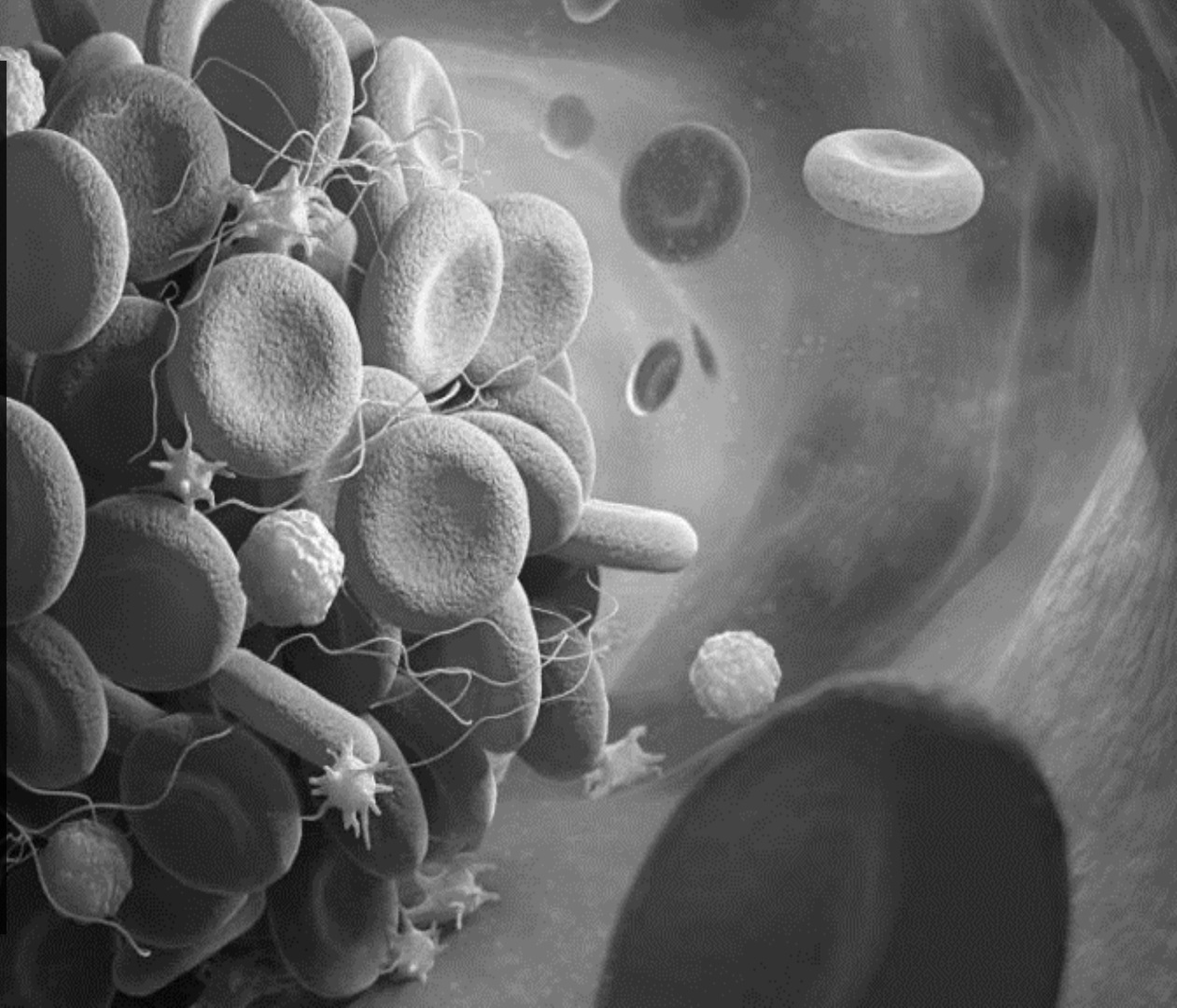
Elaboração de equipamento de medição de posição inercial sem fio com foco em gamificação do processo de cinesioterapia para a prevenção de tromboembolia venosa profunda pós cirúrgica.

José Wagner Vieira Junior



Agenda:

- Objetivo;
- Tromboembolismo venoso;
- Cinesioterapia;
- Gamificação;
- Fusão de sensores;
- Filtro de Kalman;
- Processamento;
- Sistema de coordenadas;
- Comunicação;
- Hardware;
- Cronograma;



Objetivo:

A proposta desse trabalho é desenvolver um hardware para auxiliar no processo de gamificação de cinesioterapia em pacientes pós cirurgicos. O hardware deve ser de baixo custo, de simples utilização e capaz de mapear o posicionamento dos membros do paciente durante o processo de cinesioterapia.

*O objetivo deste trabalho engloba apenas a criação do hardware e seus testes, a aplicação para smartfone responsável pela gamificação será discutida em um trabalho a parte.

[Fisiot.com.br](https://fisiot.com.br)

Tromboembolismo venoso (TEV):

O tromboembolismo venoso acontece quando um coágulo se forma na circulação sanguínea, prejudicando o fluxo de sangue nas veias pelo organismo. Essa doença é muito comum e, quando não tratada corretamente, pode se agravar e até levar a morte. Estatísticas apontam que uma em cada 4 mortes no mundo podem estar relacionadas a tromboembolismo.

<https://hc.unicamp.br/trombose-uma-doenca-silenciosa-alertada-em-dia-mundial/>



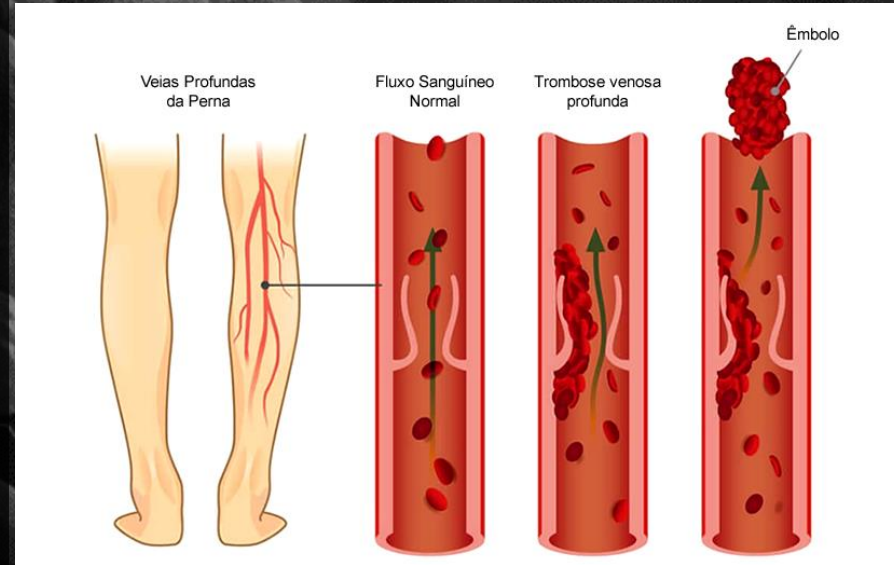
Representação de uma tromboembolia pulmonar

Disponível em: <https://www.portalenf.com/2017/08/cuidados-de-enfermagem-no-tromboembolismo-pulmonar-tep/>

Como se manifesta:

Os trombos (coágulos) se formam quando algo retarda ou altera o fluxo sanguíneo. A condição pode se manifestar de duas formas:

- Trombose venosa profunda (TVP) ;
- Embolia pulmonar (EP) ;



Representação de uma trombose venosa profunda
Disponível em: <https://www.drahelenpessoni.com.br/?P=BLOG-DETALHES&PUB=48>

Fatores de risco:

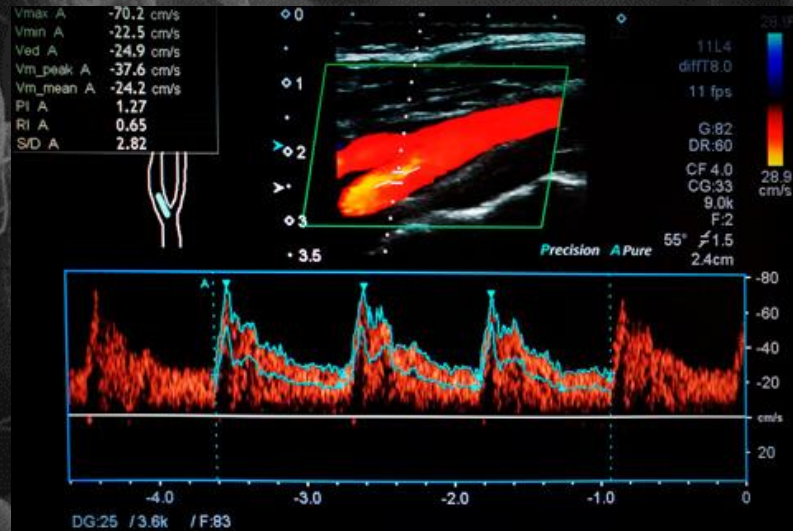
- Idosos;
- Obesos ou pessoas com sobrepeso;
- Tabagistas (fumantes);
- Pacientes com câncer ou distúrbios autoimunes;
- Mulheres grávidas ou no puerpério;
- Mulheres em seu período fértil e que usam contraceptivos orais;
- Mulheres na menopausa que fazem uso de hormônios via oral;
- Pessoas que estão hospitalizadas ou que passaram por cirurgia recente;
- Pessoas que tiveram algum tipo de fratura e estão imobilizadas;
- Pessoas com histórico familiar de tromboembolismo venoso.



Como é feito o diagnóstico?

Para confirmar um diagnóstico de tromboembolismo venoso, muitas vezes o exame clínico ou exames laboratoriais (de sangue) é insuficiente. O médico pode solicitar os seguintes exames:

- Ultrassonografia (doppler) venosa dos membros inferiores;
- Radiografia ou tomografia computadorizada do tórax;
- Cintilografia de ventilação/perfusão pulmonar, em casos que o paciente não pode receber contraste para realizar uma tomografia devido à alergia ou insuficiência renal.



Captura de um exame Doppler Vascular de membro inferior

Disponível em: <https://cliniatirol.com.br/exame/doppler-vascular/>

Tratamento:

- Medicamentos - são usados anticoagulantes, em um período de 3 a 6 meses (ou até por um período maior), sempre com acompanhamento médico.
- Trombólise - injeção de uma substância química na circulação sanguínea, na tentativa de dissolver o coágulo.
- Filtro na veia cava - é colocado um dispositivo na veia cava inferior para evitar que os coágulos formados nos membros inferiores migrem até o pulmão. O procedimento funciona como uma prevenção da embolia pulmonar.



Heparina sódica da marca BRAUN

Disponível em: <https://ictq.com.br/farmacia-clinica/2271-pode-faltar-anticoagulante-heparina-no-brasil-advertem-especialistas>

Como prevenir ?

O tromboembolismo venoso é considerado a maior causa de morte hospitalar evitável. Quando o paciente já está internado, a prevenção é realizada com medicamentos anticoagulantes.

Para pessoas que estão nos grupos de risco para a doença, é indicado:

- Prática regular de exercícios físicos;
- Hidratação constante;
- Dieta balanceada;
- Evitar excesso de bebidas alcoólicas;
- Evitar o tabagismo;
- Cuidados com a circulação sanguínea em viagens longas de carro, ônibus ou avião, tentando sempre movimentar as pernas.



Representação de uma dieta balanceada

<https://redepiui.com/noticias/dieta-balanceada-pode-evitar-a-queda-de-cabelo/>

Cinesioterapia

A área da fisioterapia utiliza técnicas de cinesiologia (os tratamentos utilizando essas técnicas são denominados cinesioterapias) para diversas categorias de tratamentos, sendo uma das metodologias empregadas para melhorar a qualidade de vida de pessoas que passaram por traumas.

Para que sejam aplicadas da maneira correta tais técnicas devem ser acompanhadas por um profissional da área para garantir que os exercícios estão sendo realizados corretamente, pois se aplicados incorretamente podem agravar a situação do paciente.



Exemplo de exercício de cinesioterapia

Disponível em: <https://blog.shopfisio.com.br/cinesioterapia/>

Prevenção da tromboembolia

Existem exercícios utilizados na cinesioterapia que podem ser úteis na prevenção da tromboembolia, eles podem ser utilizados em viagens longas de carro, ônibus ou avião e em pacientes acamados para ajudar a melhorar a circulação sanguínea nas pernas (como o exemplo de exercício ao lado) para ajudar a diminuir o risco da tromboembolia.

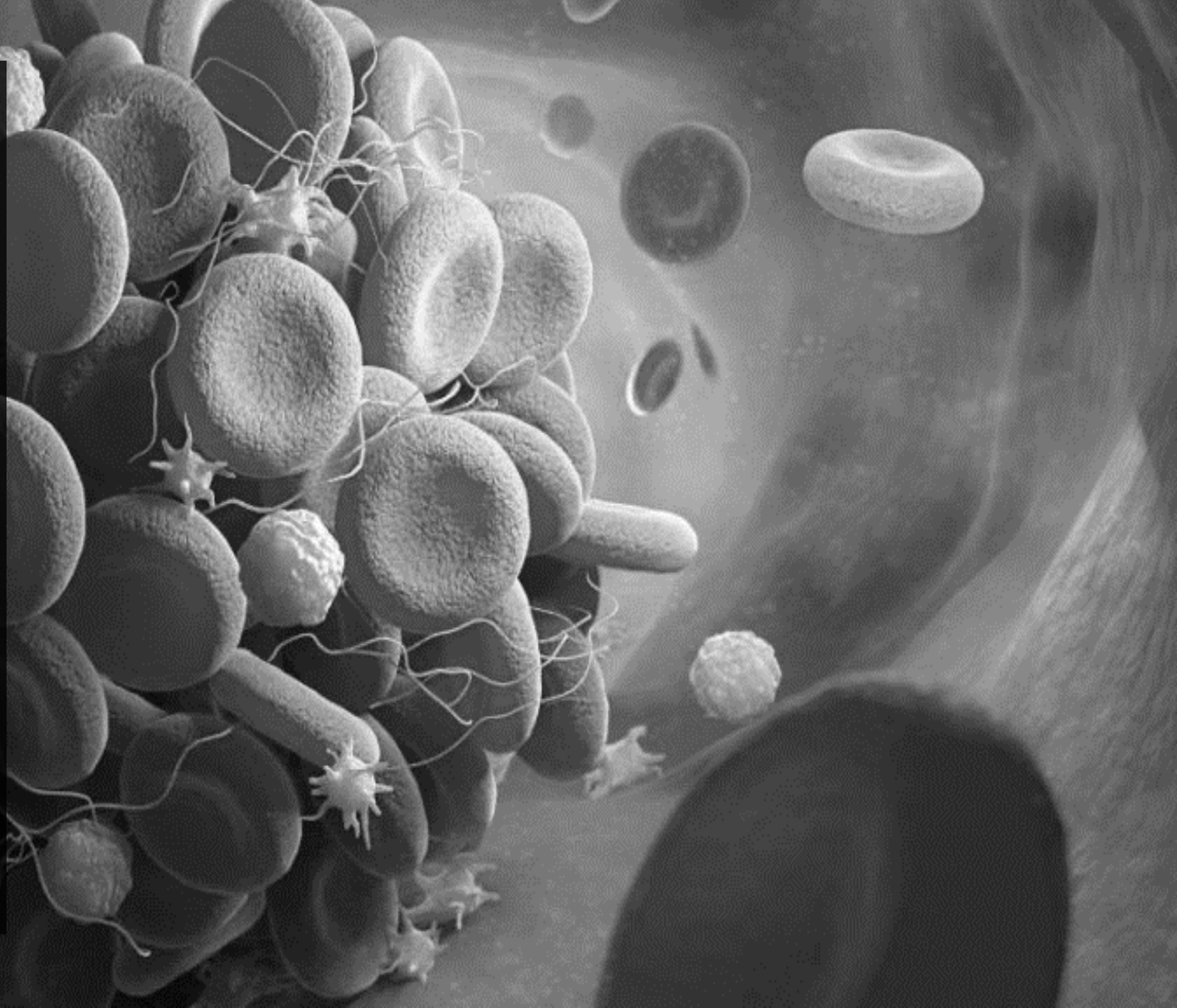


Exemplo de exercício para prevenção de tromboembolia

Disponível em: <https://www.institutocircular.com.br/post/viajar-de-avião-pode-matar-saiba-prevenir-a-trombose-em-viagens-longas>

Agenda:

- Objetivo;
- Tromboembolismo venoso;
- Cinesioterapia;
- Gamificação;
- Fusão de sensores;
- Filtro de Kalman;
- Processamento;
- Sistema de coordenadas;
- Comunicação;
- Hardware;
- Cronograma;



Gamificação:

A gamificação (tambem chamada de ludificação) é uma técnica que consiste na inclusão de elementos de jogos como pontuação, títulos, lista de lideres, lista de tarefas e conquistas em atividades que não possuem relação com jogos como uma maneira de aumentar o engajamento ou o interesse das pessoas por determinada atividade.

*Os elementos de gamificação serão incluídos no aplicativo para smartfone, que será discutido em um trabalho a parte.

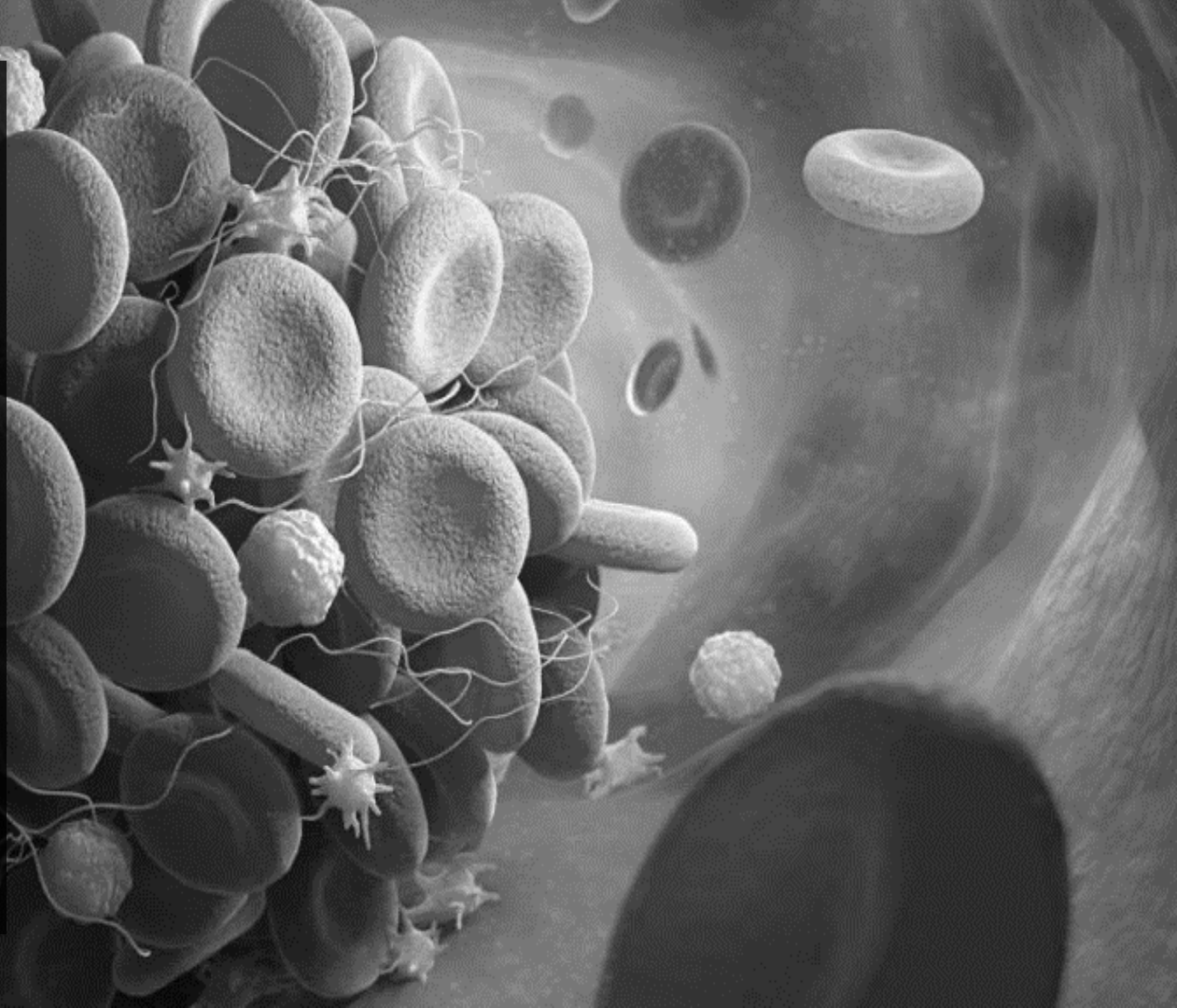


Representação de gamificação

Disponível em: <https://escolatecnologia.wordpress.com/2016/10/01/ludificacao-ou-gameficacao/>

Agenda:

- Objetivo;
- Tromboembolismo venoso;
- Cinesioterapia;
- Gamificação;
- Fusão de sensores;
- Filtro de Kalman;
- Processamento;
- Sistema de coordenadas;
- Comunicação;
- Hardware;
- Cronograma;



Fusão de sensores:

A fusão de sensores utiliza dados coletados de diferentes sensores e aplica esses dados a um modelo conhecido para a extração da informação que se tem interesse. Neste projeto a fusão de sensores foi utilizada para coletar os dados do acelerômetro, do giroscópio e do magnetômetro e calcular a posição da perna do paciente.

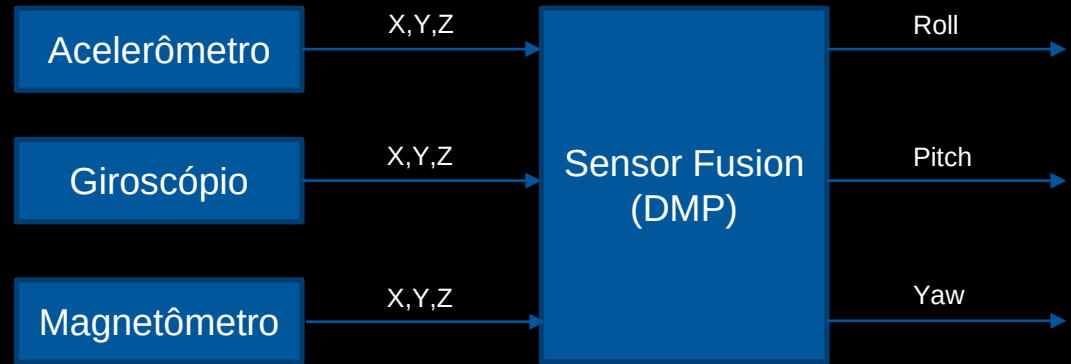


Diagrama da fusão de sensores do projeto

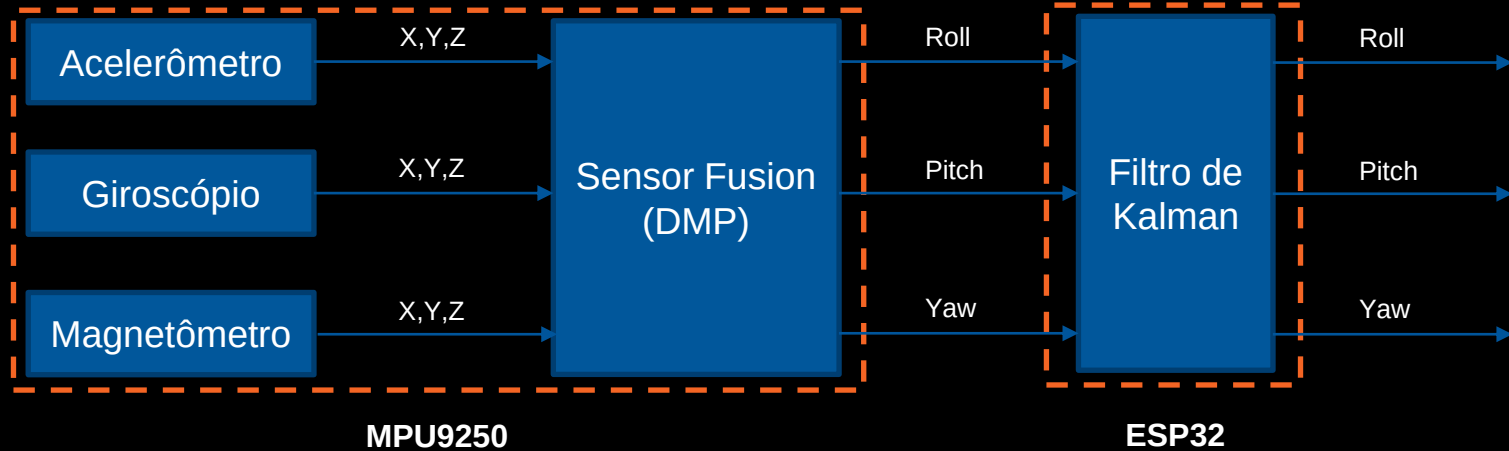
Filtro de Kalman:

O filtro de Kalman é um método matemático utilizado para aproximar os valores medidos por sensores do seu valor real. Uma das principais vantagens de utilizar esse filtro é que como se trata de um algoritmo recursivo ele necessita apenas das entradas atuais, os valores calculados anteriormente e a sua matriz de incerteza.



Exemplo da aplicação de fusão de sensores do projeto

Processamento dos dados:



Sistema de coordenadas:

Os Angulos de Euler são utilizados para descrever a orientação de um objeto rígido em um espaço tridimensional. Essa orientação é definida sempre em relação a um ponto fixo (normalmente utilizado para definir a origem do sistema ou a posição inicial e utiliza 3 angulos independentes (Roll, Pitch e Yaw).

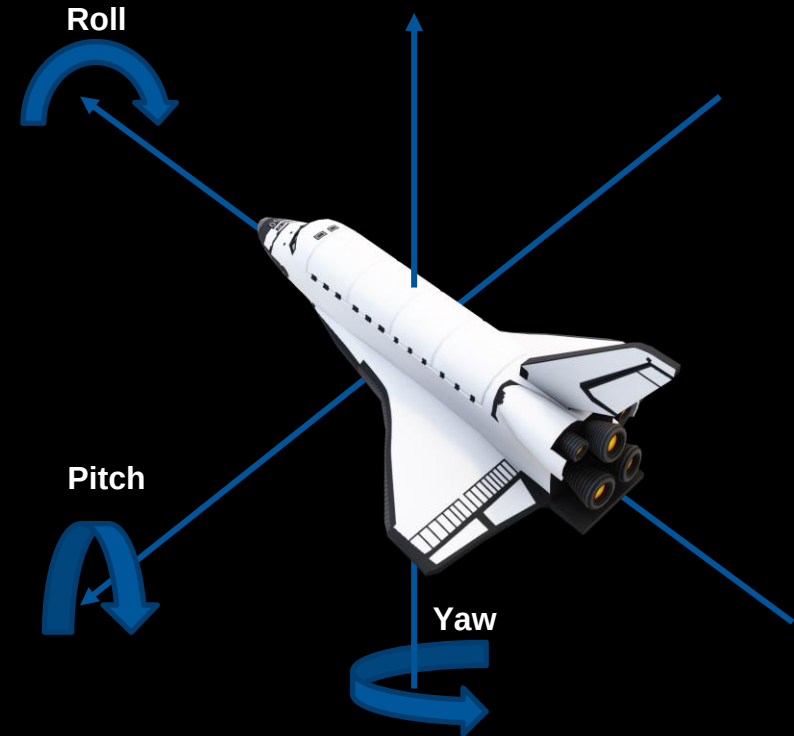
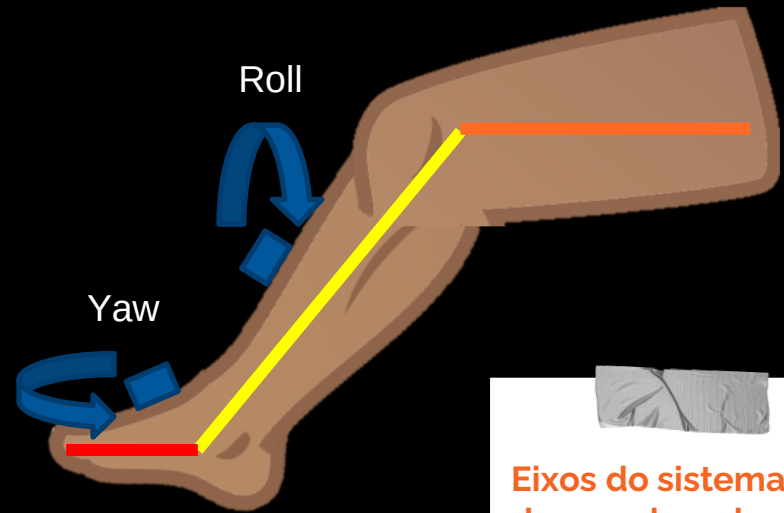
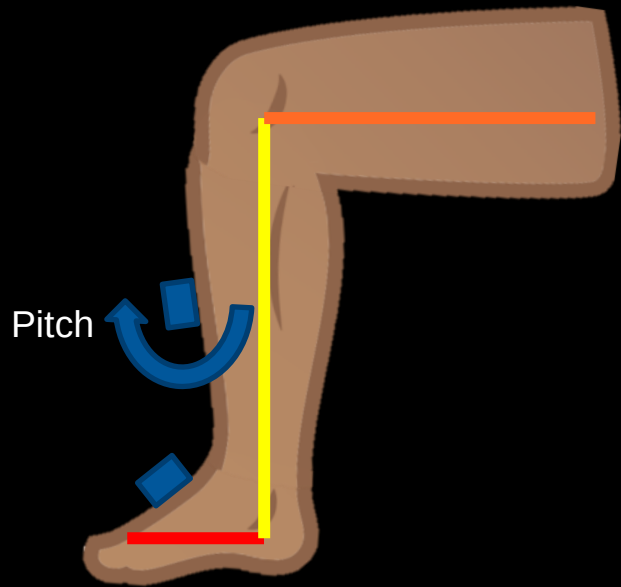


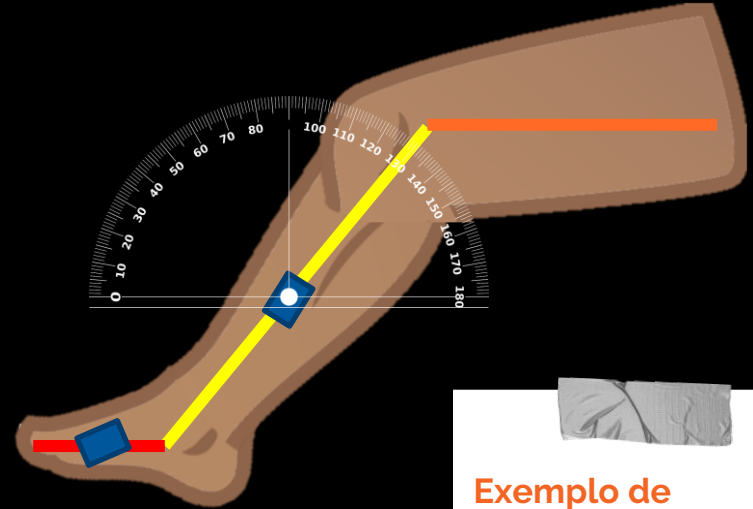
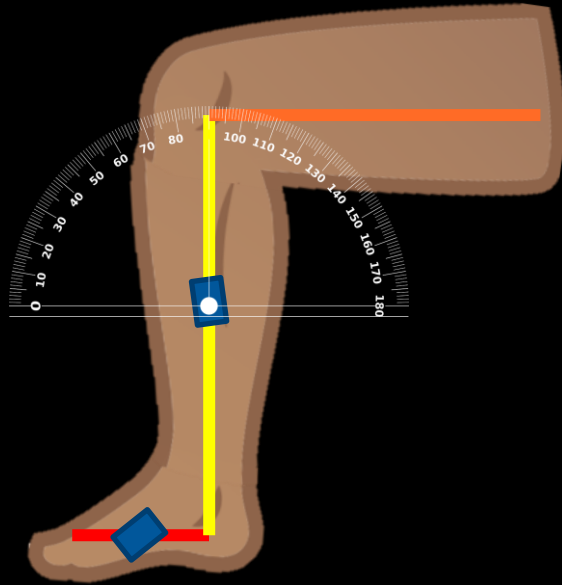
Diagrama de exemplo do Roll, Pitch e Yaw

Sistema de coordenadas:



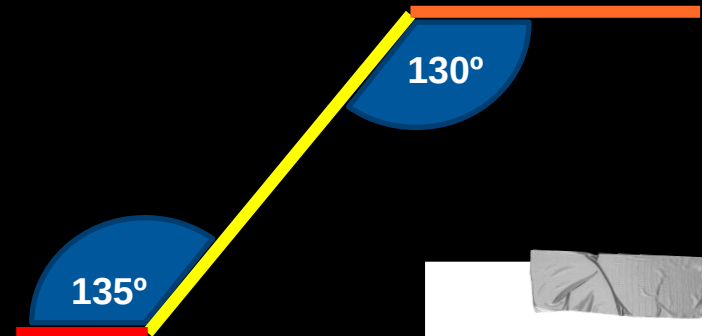
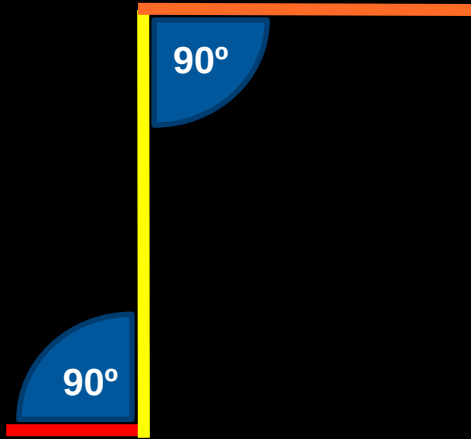
Eixos do sistema
de coordenadas.

Sistema de coordenadas:



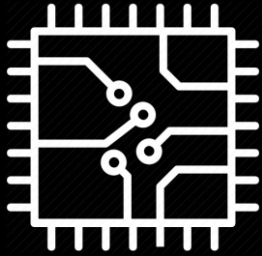
Exemplo de
variação de ângulo
a ser medida

Sistema de coordenadas:

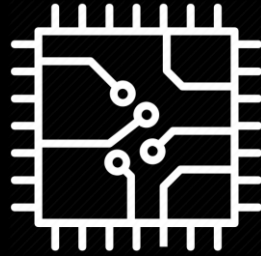


Exemplo de
variação de angulo
medida.

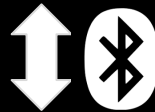
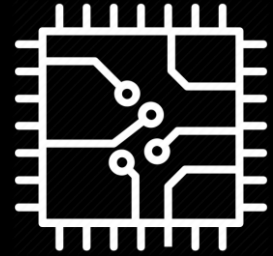
— Topologia da comunicação:



ESP NOW

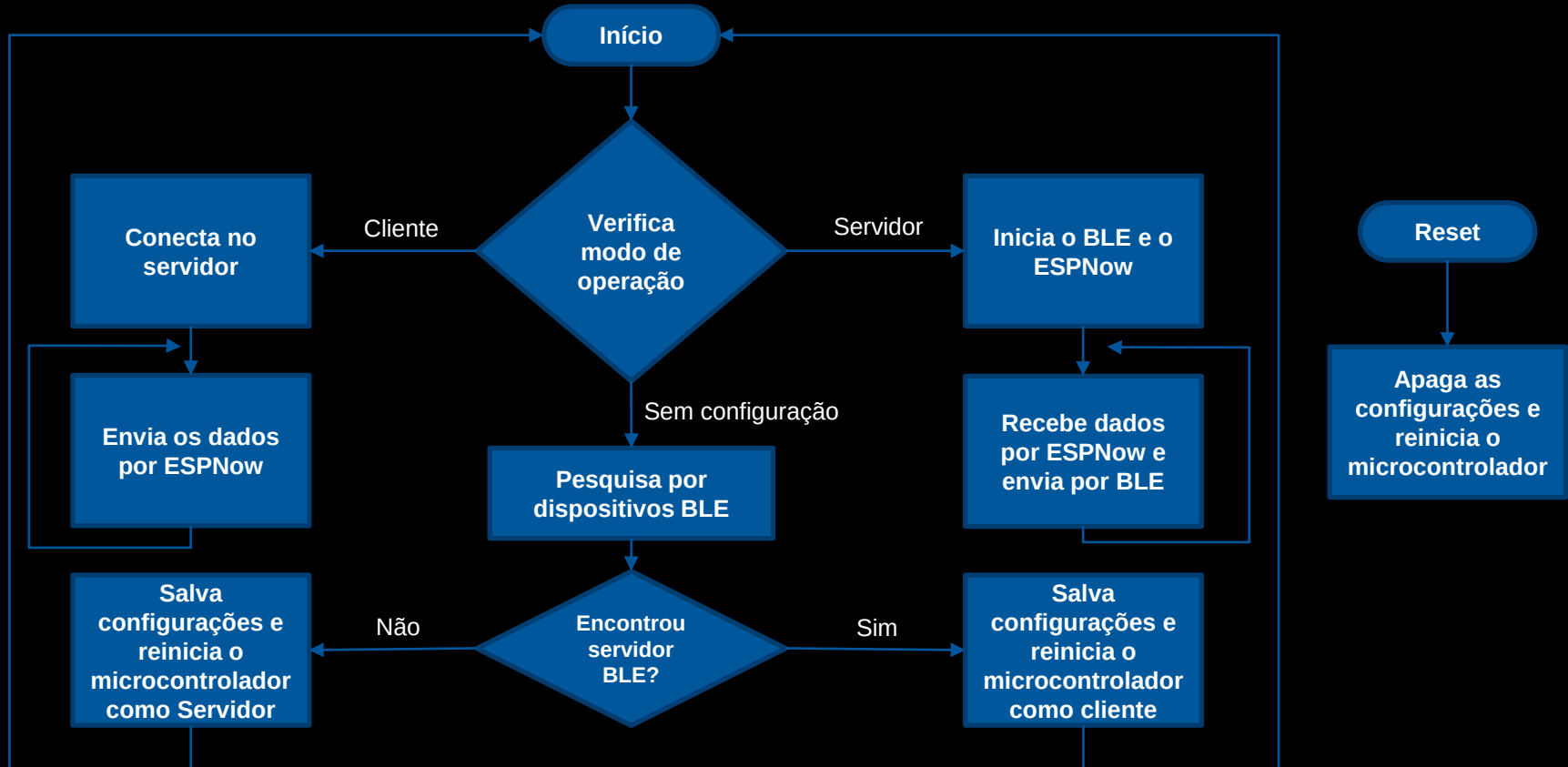


ESP NOW



Cada dispositivo é tratado como um nó da rede e pode receber novas conexões, o nó principal é responsável por enviar essas informações por BLE ao celular. A negociação entre os dispositivos acontece de forma automática e transparente para o usuário.

– Fluxograma de comunicação:



— Comunicação com o aplicativo:

SERVICE_UUID: "beb5483e-36e1-4688-b7f5-ea07361b26a7"

CHARACTERISTIC_UUID: "4fafc201-1fb5-459e-8fcc-c5c9c331914c"

DeviceName: "FISIOT DEVICE"

Exemplo de String enviada via pCharacteristic->notify: {7,10,5}

Yaw do sensor 1 = 7°; Roll do sensor 1 = 10°;

Pitch do sensor 1 = 5°;

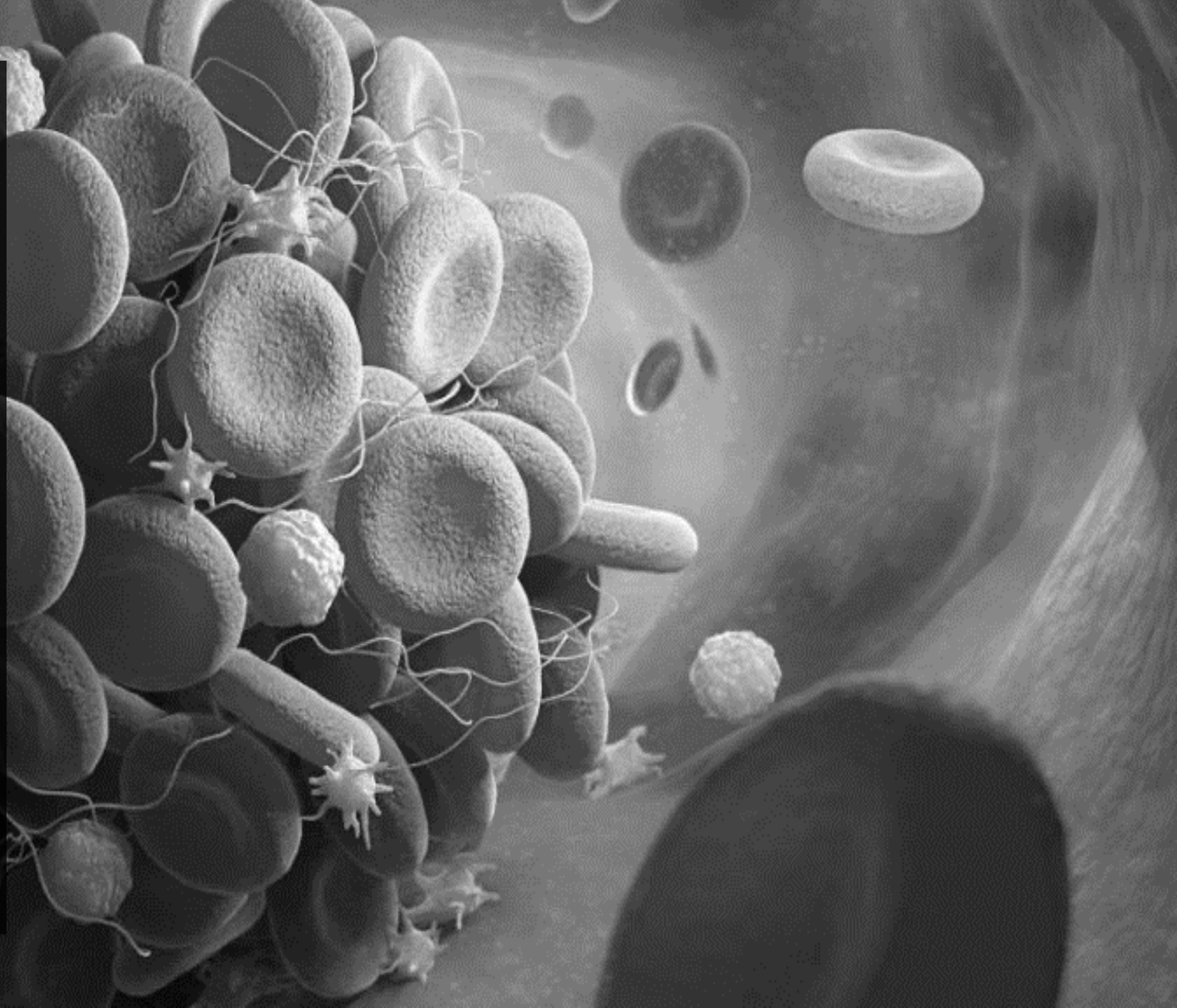


O dispositivo cria características adicionais quando necessário.

A medição da bateria possui característica própria.

Agenda:

- Objetivo;
- Tromboembolismo venoso;
- Cinesioterapia;
- Gamificação;
- Fusão de sensores;
- Filtro de Kalman;
- Processamento;
- Sistema de coordenadas;
- Comunicação;
- Hardware;
- Cronograma;



Microcontrolador utilizado:

Como microcontrolador para este projeto optamos pela utilização do ESP 32 Wrover - B da Expressif utilizando a placa de desenvolvimento LILYGO® TTGO T7 V1.4 Mini32 .

Esse SOC foi escolhido por integrar a comunicação bluetooth, WiFi, ESPNOW, 2 núcleos de processamento, memória para armazenamento local, 12 entradas analógicas e portas com suporte para SPI, Serial, I2C e já incluir o circuito de carregamento da bateria.



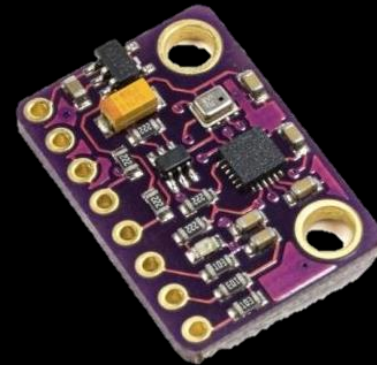
LILYGO® TTGO T7 V1.4 Mini32 utilizada no projeto

Sensor de medição inercial

O componente principal para este projeto é o sensor de medição Inercial (IMU).

O MPU 9250 (InvenSense) possui acelerômetro, giroscópio e magnetometro para determinar o posicionamento e o movimento dos membros do paciente.

Alem desses sensores esse Ci possui um “Digital Motion Processor”. Com esse controlador é possível realizar calculos complexos com os sensores sem utilizar a capacidade de processamento do microcontrolador.



Módulo do MPU9250 utilizado no projeto

Bateria utilizada:

Após verificar o consumo do microcontrolador e dos sensores calculamos o mínimo de bateria com base na utilização do equipamento por 2 minutos a cada 1 hora e com estimativa de duração para uma semana (7 dias). Com esses dados selecionamos uma bateria com 400mAh.



Bateria de 400mAh utilizada no projeto

Hardware adicional:

Alem do sensores e do microcontrolador anteriormente descritos foi incluido tambem um LED rgb para facilitar a utilização do equipamento, alem disso o dispositivo possui tambem uma porta de expansão (i2c + alimentação) para que sensores adicionais possam ser conectados. Com essa porta poderemos adicionais sensores analógicos, oxímetros, sensores de resposta galvanica entre outros.



LED RGB utilizado no projeto



Logo do barramento i2C

Status: CONNECTED

BONDED

GENERIC ATTRIBUTE



0x1801

PRIMARY SERVICE

GENERIC ACCESS



0x1800

PRIMARY SERVICE

CUSTOM SERVICE



BEB5483E-36E1-4688-B7F5-EA07361B26A8

PRIMARY SERVICE

CUSTOM CHARACTERISTIC



UUID: 4FAFC201-1FB5-459E-8FCC-C5C9C331914B

Properties: READ,WRITE,NOTIFY,INDICATE

Value:-2.03,10.67

Hex: 0x2D322E30332C31302E3637

Write Type:WRITE REQUEST



Proposta de cronograma:

Estudo sobre o Tema

Tempo dedicado a entender a parte fisiológica do problema e como a cinesioterapia pode ajudar.

Abril de 2021

Desenvolvimento do Protótipo

Teste do hardware integrado e validação dos algoritmos de leitura e comunicação dos sensores .

Julho de 2021

Apresentação da Qualificação

Apresentação do exame de qualificação do projeto.

Julho de 2022

Pesquisa dos componentes

Pesquisa e seleção dos componentes, criação do código para teste do hardware, desenvolvimento do modelo 3D para impressão e documentação do processo.

Maio de 2021 a Junho de 2021

Integração Hardware e Software

Testes de integração entre o hardware e o aplicativo Android/IOS "Prevenção TEV".

Agosto de 2021 a Julho de 2022

Comparação com equipamento comercial

Testes comparando a precisão do sensor IMU com um equipamento comercial.

Agosto de 2022

Proposta de cronograma:

Desenvolvimento da Documentação

Elaboração da documentação para a defesa do projeto.

Setembro de 2022

Apresentação do artigo final

Apresentação dos resultados do projeto.

Novembro de 2022

Conclusão do projeto

Conclusão do processo de desenvolvimento e elaboração do artigo final.

Outubro de 2022

Início do doutorado

Iniciar o desenvolvimento de módulos adicionais para o projeto e transformar em algo open Source/Open Hardware.

Fevereiro de 2023



A última etapa
ainda não foi
confirmada !

—

Obrigado!

Fisiot.com.br

José Wagner Vieira Junior

