

# Plataforma Vestível para Avaliação da Cinemática do Joelho Utilizando Sensores Inerciais

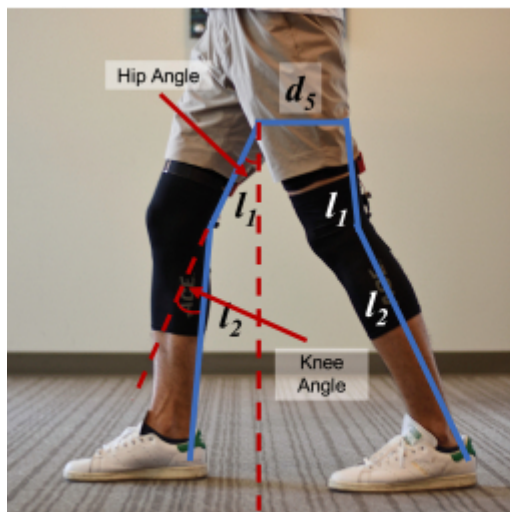
## 1. Introdução

- **Contextualização:**

A biomecânica estuda o movimento humano e suas variações, sendo essencial para a prevenção de lesões e reabilitação. O joelho, frequentemente acometido por lesões ligamentares, osteoartrite e limitações pós-cirúrgicas, necessita de monitoramento constante.

- **Objetivo do Projeto:**

Desenvolver um dispositivo vestível integrado a uma joelheira, que utiliza sensores inerciais para medir a amplitude de movimento do joelho e enviar os dados para um aplicativo móvel via Bluetooth, permitindo análise em tempo real.



(a)



(b)

## 2. Metodologia

### 2.1 Revisão Bibliográfica e Definição de Requisitos

- Levantamento de estudos e referências sobre a mensuração da cinemática do joelho.
  - Patel G, Mullerpatan R, Agarwal B, Shetty T, Ojha R, Shaikh-Mohammed J, Sujatha S. Validation of wearable inertial sensor-based gait analysis system for measurement of spatiotemporal parameters and lower

extremity joint kinematics in sagittal plane. *Proc Inst Mech Eng H*. 2022 May;236(5):686-696. doi: 10.1177/09544119211072971. Epub 2022 Jan 8. PMID: 35001713.

- Prisco G, Pirozzi MA, Santone A, Esposito F, Cesarelli M, Amato F, Donisi L. Validity of Wearable Inertial Sensors for Gait Analysis: A Systematic Review. *Diagnostics*. 2025; 15(1):36. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15010036>

- Definição dos principais parâmetros: amplitude de movimento, velocidade angular, aceleração e dados temporais.
- Estabelecimento de valores de referência para identificar alterações patológicas, como osteoartrite e lesões ligamentares.

## 2.2 Seleção e Teste Inicial dos Componentes de Hardware

- **Componentes Principais:**
  - **Sensor Inercial (IMU):** MPU-6050.
  - **Microcontrolador:** ESP32
  - **Módulo Bluetooth:** Integrado ao ESP32.
  - **Bateria:** LiPo recarregável com circuito de gerenciamento de carga.
- Realização de testes unitários para verificar a comunicação entre sensor e microcontrolador, além da transmissão de dados via Bluetooth.

## 2.3 Desenvolvimento do Protótipo de Acoplamento

- Projeto do design da estrutura para integração do sensor à joelheira.
- Impressão 3D da estrutura prototipada.
- Testes de estabilidade do dispositivo durante movimentos simulados.

## 2.4 Projeto e Fabricação da PCB

- Desenvolvimento do esquema elétrico e do layout compacto da PCB.
- Fabricação do circuito impresso e realização de testes para integração dos componentes.

## 2.5 Desenvolvimento do Firmware do Microcontrolador

- Programação da leitura dos dados do MPU-6050.
- Implementação de filtros para fusão dos sensores (por exemplo, Kalman ou Complementar).
- Transmissão dos dados via Bluetooth para o aplicativo móvel.

## 2.6 Desenvolvimento do Aplicativo para Smartphone

- Desenvolvimento de um app que receba e armazene os dados do microcontrolador.
- Exibição dos dados em tempo real, mostrando o ângulo de flexão/extensão do joelho.
- Implementação de um histórico de medições e visualização gráfica dos dados.

## 2.7 Desenvolvimento dos Algoritmos de Análise

- Criação de algoritmos para detectar alterações no padrão de movimento do joelho.
- Definição de critérios para a identificação de patologias, como osteoartrite e lesões ligamentares.

### Diagrama de Construção do Projeto

