

Resumo

Os movimentos repetitivos podem ser suficientes para provocar lesões nas articulações das mãos e pulsos. Atualmente, a utilização intensiva dos telemóveis e computadores, faz com que este tipo de lesões sejam mais frequentes.

É importante dispor de ferramentas e aplicações que possam de alguma forma auxiliar, primeiro na prevenção, e depois em possíveis exercícios de recuperação.

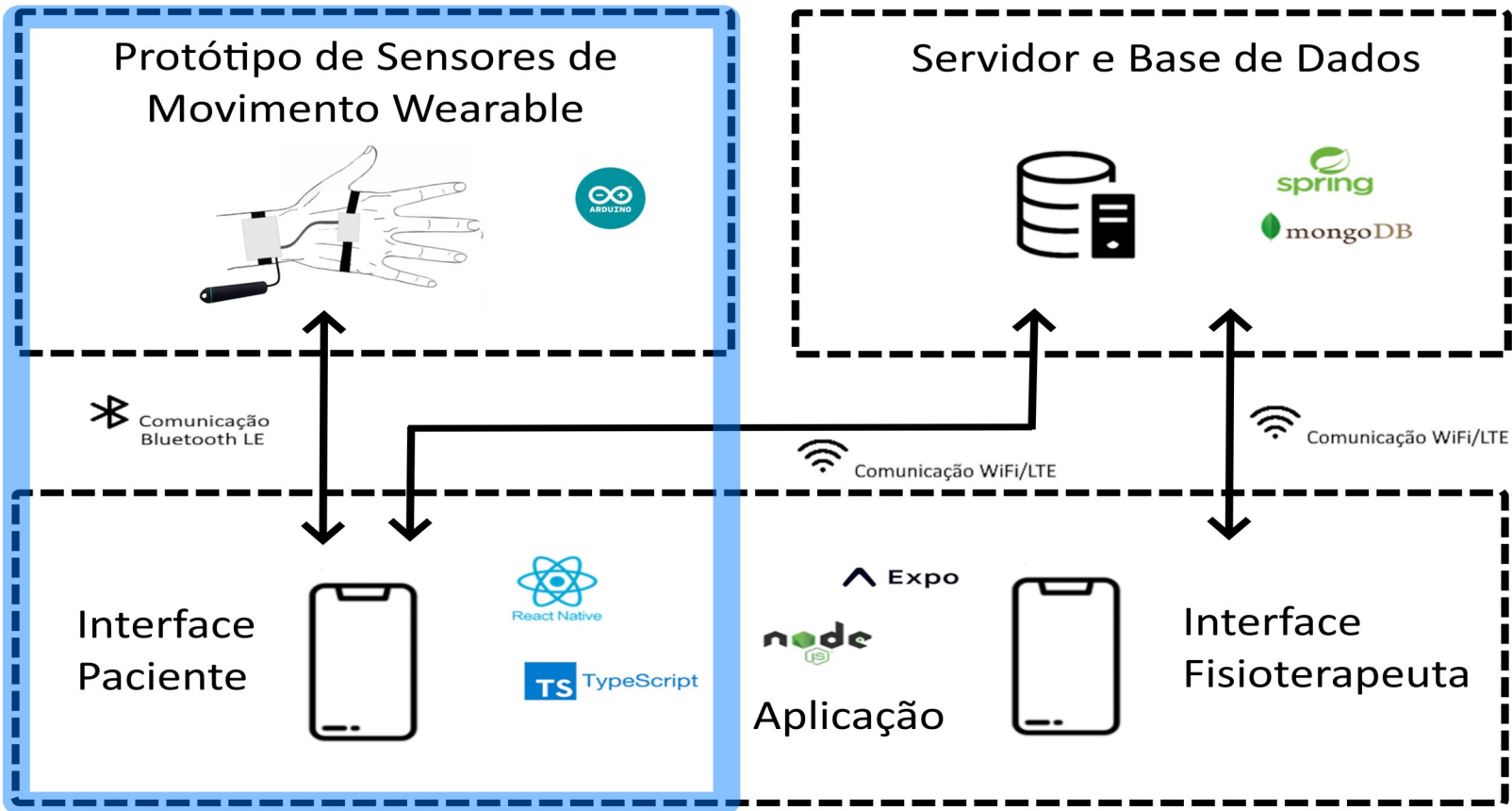
Neste artigo apresenta-se um sistema de monitorização de exercícios de fisioterapia para o pulso, que pode ser utilizado de forma autónoma pelos pacientes.

Objetivos

- Aplicação móvel interativa que se liga a um protótipo de sensores de movimento *wearable* para monitorizar exercícios de fisioterapia de reabilitação músculo-esquelética do pulso
- Os movimentos avaliados são quatro exercícios de fisioterapia: flexão e extensão, bem como desvio radial e ulnar, que podem ser realizados com ou sem carga, e com a mão esquerda ou direita
- Aceder a um conjunto de exercícios, previamente definidos por um fisioterapeuta, e ter acesso à informação recolhida em tempo real sobre os exercícios

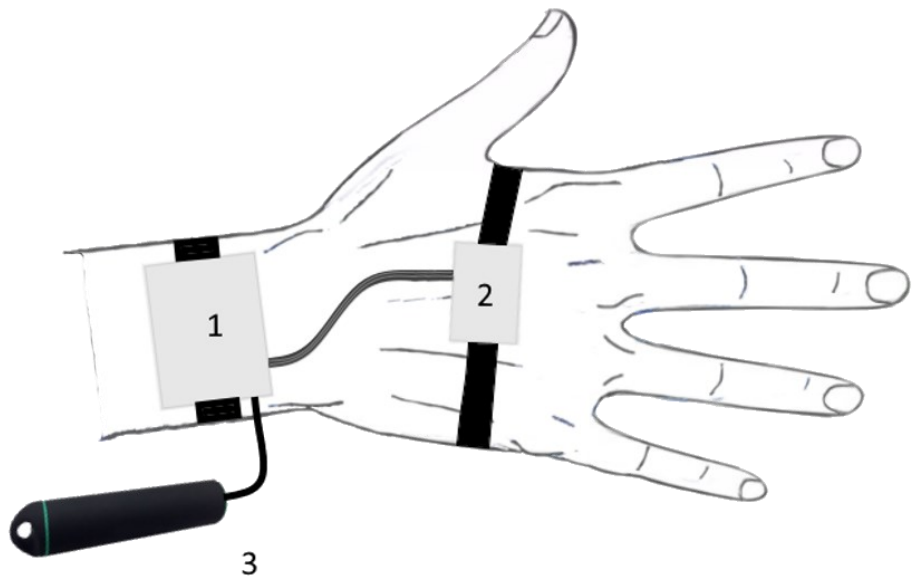
Arquitetura do Sistema

- O sistema é constituído por três componentes principais:



Protótipo de Sensores de Movimento Wearable

- O dispositivo da componente com sensores é constituído por duas caixas e uma powerbank, a qual fornece energia ao sistema

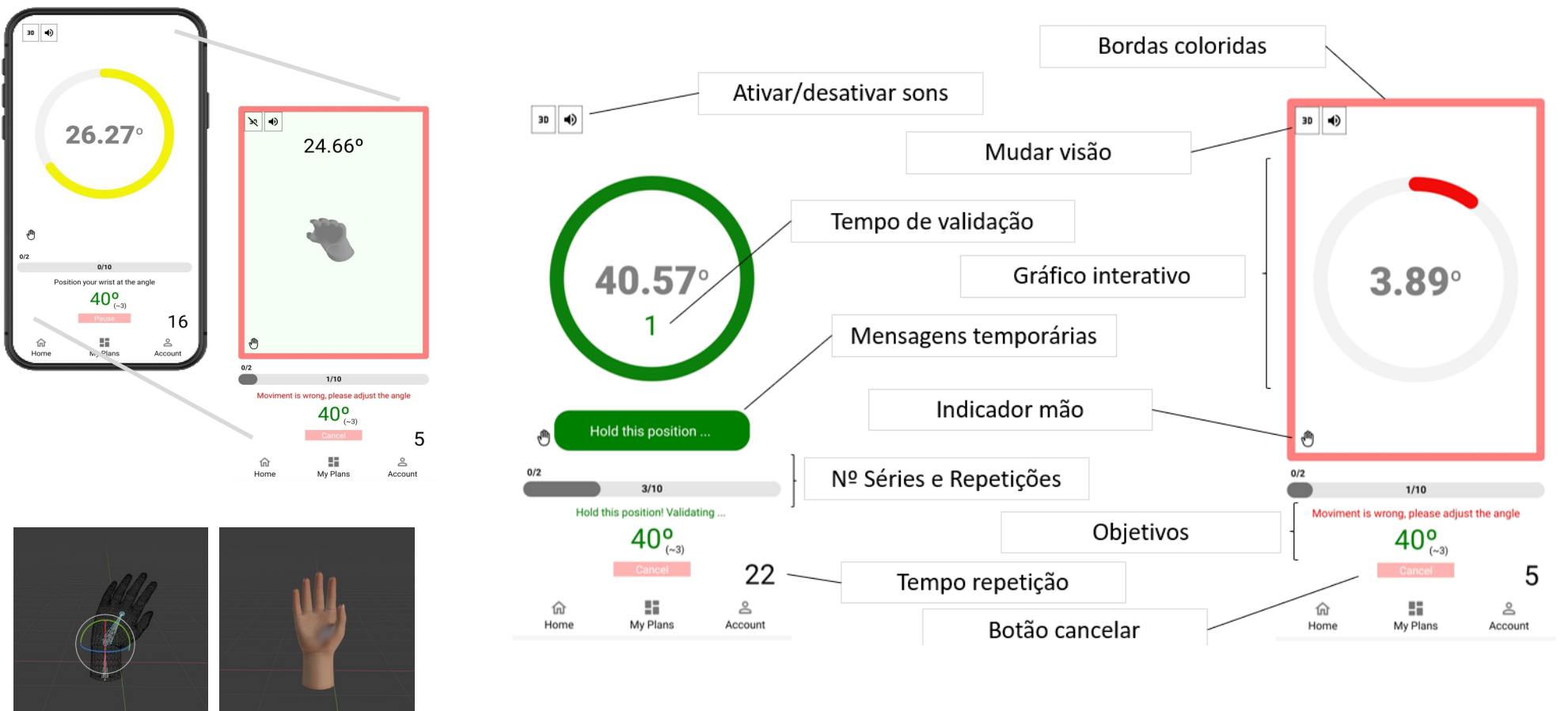


- (1) 1x IMU MPU9250
- 1x MICROCONTROLADOR ESP32
- (2) 1x IMU MPU9250
- (3) Powerbank

- Protocolo simples de comunicação em série **I2C** [1] utilizado na comunicação entre o ESP32 (1) e os dois sensores MPU9250 (1 e 2)
- Comunicação entre o microcontrolador e a aplicação móvel é feita através do protocolo de comunicação **Bluetooth Low Energy (BLE)**
- Valores usados no processamento e transmissão de dados representados em **quaternion** e **ângulos de Euler**
- Pré-processamento dos dados realizado no microcontrolador: filtragem dos sinais dos sensores para melhorar a qualidade dos dados, e aplicação do **filtro de Madgwick** [2]

Aplicação Móvel Interativa

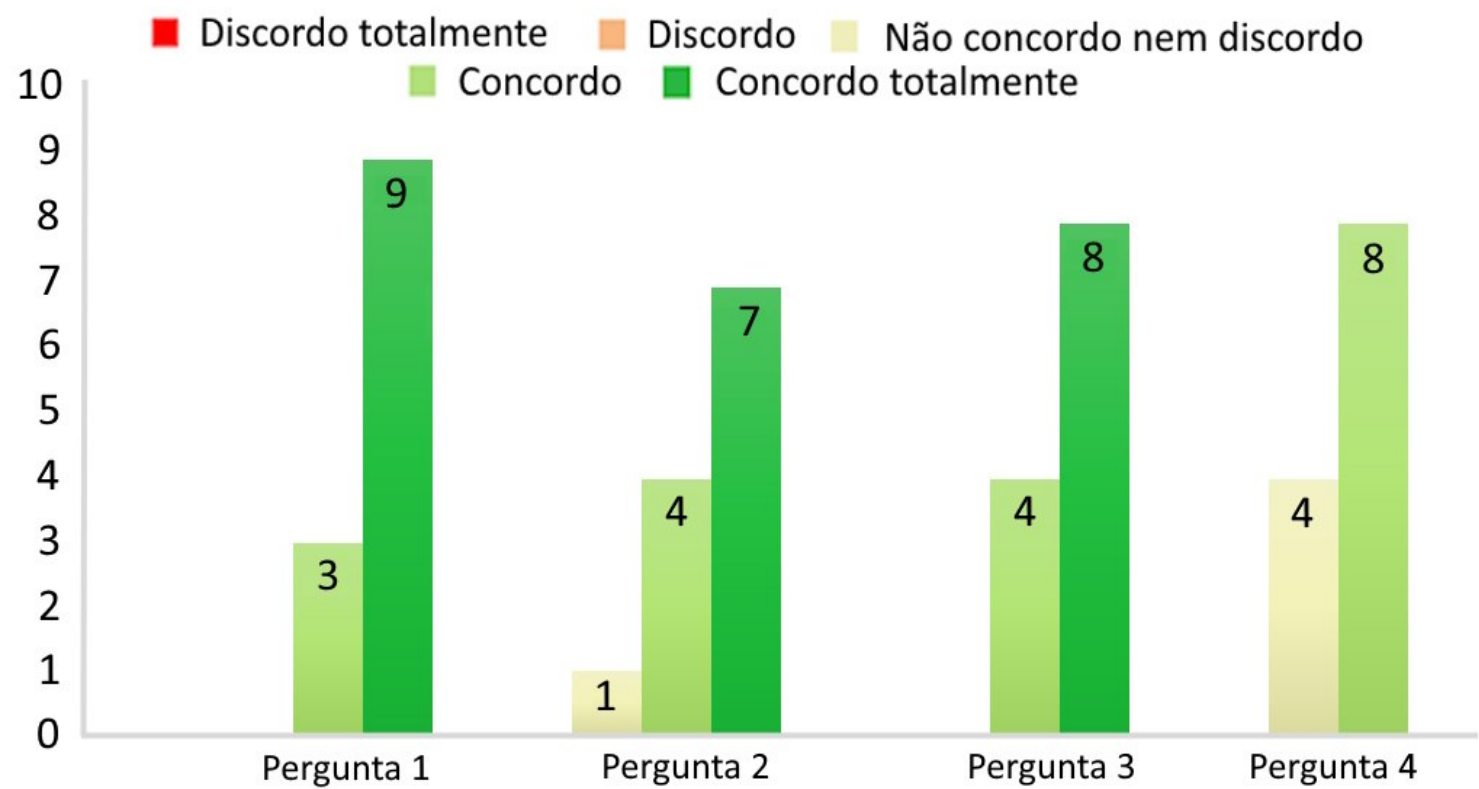
- A aplicação do paciente disponibiliza um conjunto de funcionalidades básicas para o paciente: (1) consultar e iniciar um plano de treino; e (2) realizar o exercício de fisioterapia
- Interfaces com modelo 3D do pulso e um gráfico interativo que mostra o ângulo que está a ser realizado, bem como todas as informações necessárias para realizar o exercício



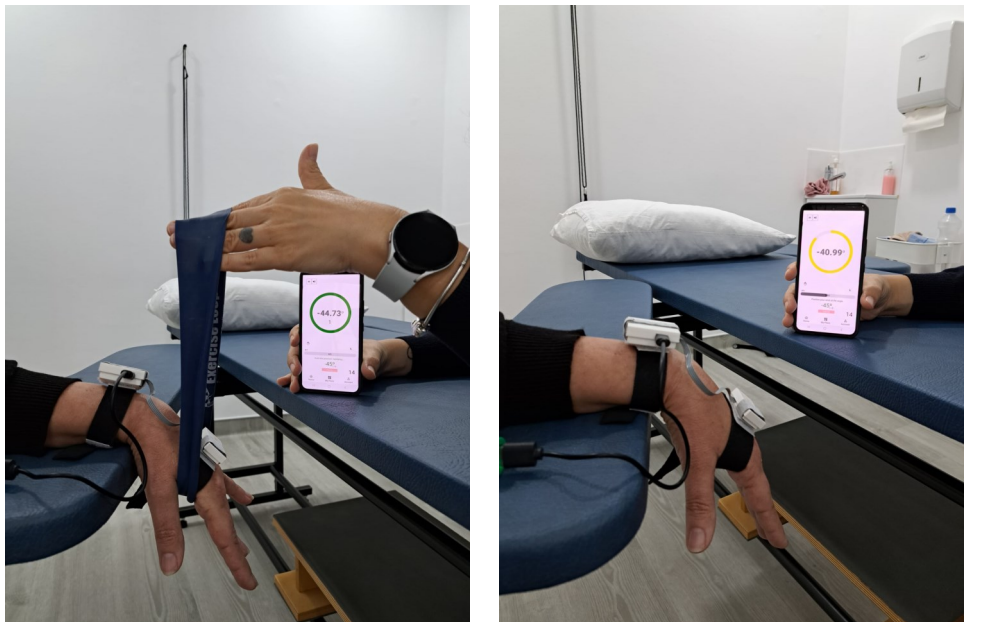
- Os exercícios de fisioterapia podem ser iniciados após uma calibração bem sucedida dos sensores

Avaliação

- A região central da mão é mais adequada para medir os ângulos dos quatro exercícios de fisioterapia dentro dos respetivos limites, sem introduzir erros significativos
- O sistema apresentou-se adequado e correto na leitura dos diferentes valores dos ângulos obtidos, que tiveram uma variação perto do ângulo objetivo e dentro do limite definido de 3°
- Foram realizados testes de usabilidade com doze pacientes, com idades compreendidas entre os 21 e os 60 anos, e os resultados foram positivos



- Foi intuitivo e fácil aceder à página do plano e iniciar um exercício de fisioterapia?
- O protótipo de sensores de movimento *wearable* era confortável e fácil de utilizar?
- O processo de conectar o protótipo de sensores de movimento *wearable* ao dispositivo móvel e calibrar os sensores foi fácil?
- A interface de realizar o exercício é útil e intuitiva para concluir o exercício com êxito?



- O questionário SUS apresentou um resultado de 83,3%, o que equivale a uma classificação positiva

Referências

- [1] N. Semiconductors, *I2C-bus specification and user manual*, 2014
- [2] S. Madgwick et al, *An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays*, 2010