

Desenvolvimento de Sistema Sensorial Vestível para Análise da Atividade Física Humana

Gabriel Wolschick de Oliveira

Jonathan Campos Jaimes

Adriano Almeida Gonçalves Siqueira

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - Brasil

gabrielwolschick@usp.br jonathancj@usp.br

siqueira@sc.usp.br

Objetivos

A terapia de caminhada assistida por robôs, tem se provado eficaz na reabilitação de indivíduos com disfunções nos membros inferiores, trazendo benefícios para os sistemas cardiovasculares e musculoesquelético. A eficácia dos dispositivos robóticos depende de sua capacidade de identificar atividades do usuário. O uso de sensores no sistema humano-robô são fundamentais nesse processo, permitindo feedback e otimização das estratégias de assistência. Apesar dos avanços tecnológicos, persistem desafios, como alto tempo de processamento, fixação de sensores e complexidade de calibração. Neste contexto, desenvolver sistemas alternativos e eficientes de monitoramento, continua sendo um tema de grande interesse crucial na reabilitação robótica.

O objetivo deste projeto é desenvolver um sistema sensorial vestível para medir e analisar os sinais característicos da atividade física humana. O sistema proposto tem como diferencial o uso de sensores suaves de flexão capacitivos e de fibra óptica polimérica para medição de ângulos em articulações de membros inferiores e forças de interação entre humano-robô, respectivamente.

Metodologia

O sistema descrito neste projeto é ilustrado na Figura 1, este tem como conceito o uso de sensores vestíveis suaves para o monitoramento da atividade física da pessoa. Este sistema é composto por um conjunto de joelheiras ortopédicas comerciais que foram adaptadas e instrumentadas com sensores de fibra ótica e sensores de flexão capacitivos. Estes sensores são alinhados axialmente entre a coxa e canela permitindo

coletar informação relacionada aos ângulos do joelho. Cada joelheira instrumentada possui um módulo de aquisição e processamento de dados, a informação dos sensores é transmitida para um microcontrolador responsável pela coleta, segmentação dos dados brutos e envio destes dados em tempo real por Bluetooth para outro microcontrolador responsável pela inferência do ângulo do joelho, utilizando uma rede neural de regressão previamente treinada.

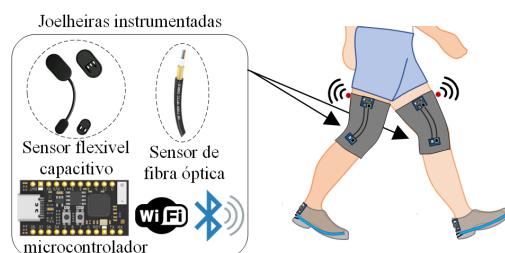


Figura 1: Sistema de sensores vestíveis proposto para o monitoramento de atividade física

Coleta de Dados para Treinamento da Rede Neural

Para a obtenção de dados de treinamento da rede neural destinada à estimativa dos ângulos do joelho, foi estabelecido um protocolo experimental. Nesse procedimento, seis voluntários, enumerados de 1 a 6 participaram usando as joelheiras equipadas com o sistema vestível. Sensores inerciais (IMUs) comerciais foram adicionados no setup experimental para fornecer uma referência dos ângulos reais dos joelhos. Durante os testes, os participantes realizaram caminhadas em diferentes velocidades, subiram e desceram escadas, além de executarem repetições de sentar e levantar. Essas atividades

des proporcionaram o conjunto de dados para o treinamento da rede neural.

Resultados

Após o treinamento da rede neural, foram realizados testes utilizando um conjunto de dados distinto e embaralhado para avaliar e validar o desempenho da rede em uma configuração off-line. Os resultados desses testes podem ser visualizados nas Figuras 2 e 3, que representam os joelhos esquerdo e direito, respectivamente.

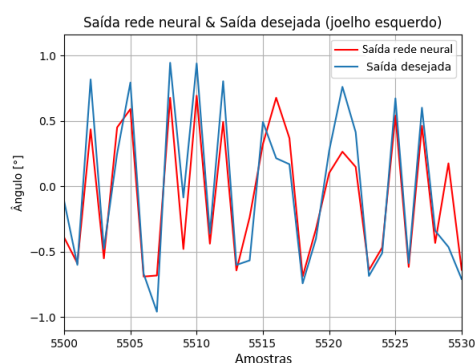


Figura 2: Resultados dos testes off-line da rede neural da joelheira da perna esquerda

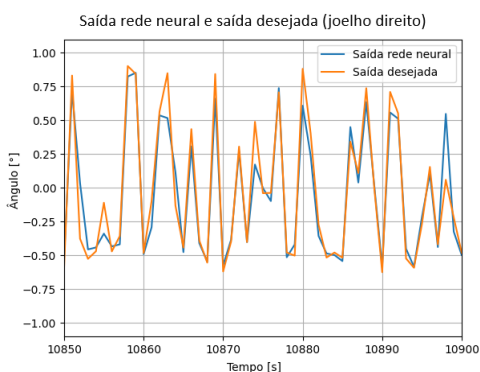


Figura 3: Resultados dos testes off-line da rede neural da joelheira da perna direita

A rede neural alcançou uma acurácia superior a 90% para ambos os casos. Com base neste desempenho, as redes demonstraram serem aptas para implementá-las nos microcontroladores para uma inferência dos ângulos em tempo real. Para avaliar a inferência dos ângulos online, foram conduzidos novos testes

com alguns usuários. Os resultados obtidos podem ser ilustrados nas Figuras 4 e 5.

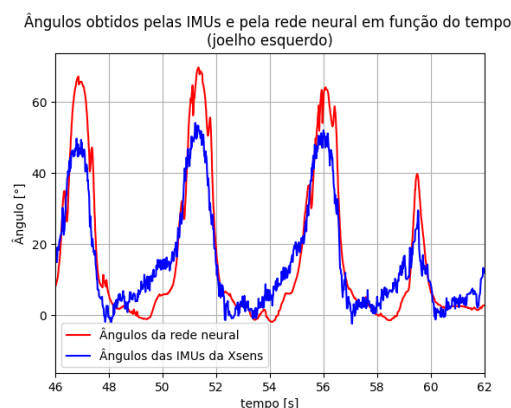


Figura 4: Resultados dos testes on-line do Usuário 1 (joelho esquerdo) rede com acurácia de 89%

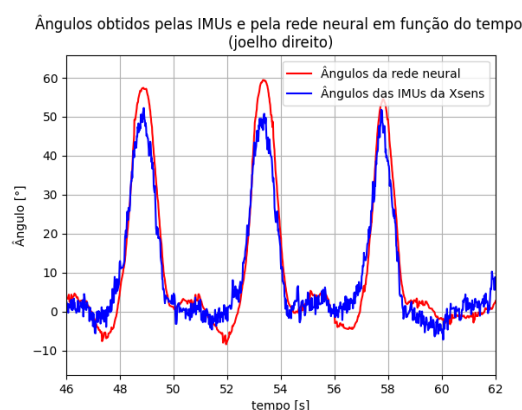


Figura 5: Resultados dos testes on-line do Usuário 1 (joelho direito) rede com acurácia de 91%

Conclusão

Neste trabalho, foi desenvolvido e avaliado um sistema sensorial vestível baseado em sensores suaves de flexão capacitivos e de fibra óptica polimérica. Os resultados indicam que o sistema vestível é eficaz na inferência dos ângulos dos joelhos, apresentando valores superiores a 90%. Um ponto importante a ser considerado, é a diferença entre os resultados apresentados entre as joelheiras da perna da esquerda e direita. A joelheira da perna direita mostrou uma inferência angular mais precisa em comparação à da esquerda, possivelmente devido à posição dos sensores. Este trabalho contribui para o