



## SHEIKAH ARM: PRÓTESE MIOELÉTRICA COM RECONHECIMENTO DE PADRÕES DE EMG POR APRENDIZADO DE MÁQUINA



### Resumo

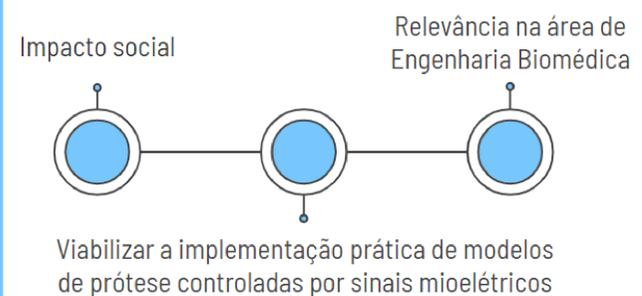
O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de prótese mioelétrica de mão desenvolvida em uma impressora 3D, cuja intenção do usuário seja detectada pela utilização de técnicas de aprendizado de máquina para o reconhecimento de padrões de sinais mioelétricos de superfície (sEMG).

O modelo tem como principais características: modelo de prótese *open source*, leitura dos sinais sEMG utilizando o Myo Armband, processamento dos sinais através de algoritmos de aprendizado de máquina utilizando a ferramenta *Classification Learner do Matlab*, sistema *microcontrolado* embarcado para comando dos servomotores do protótipo e execução dos movimentos desejados.

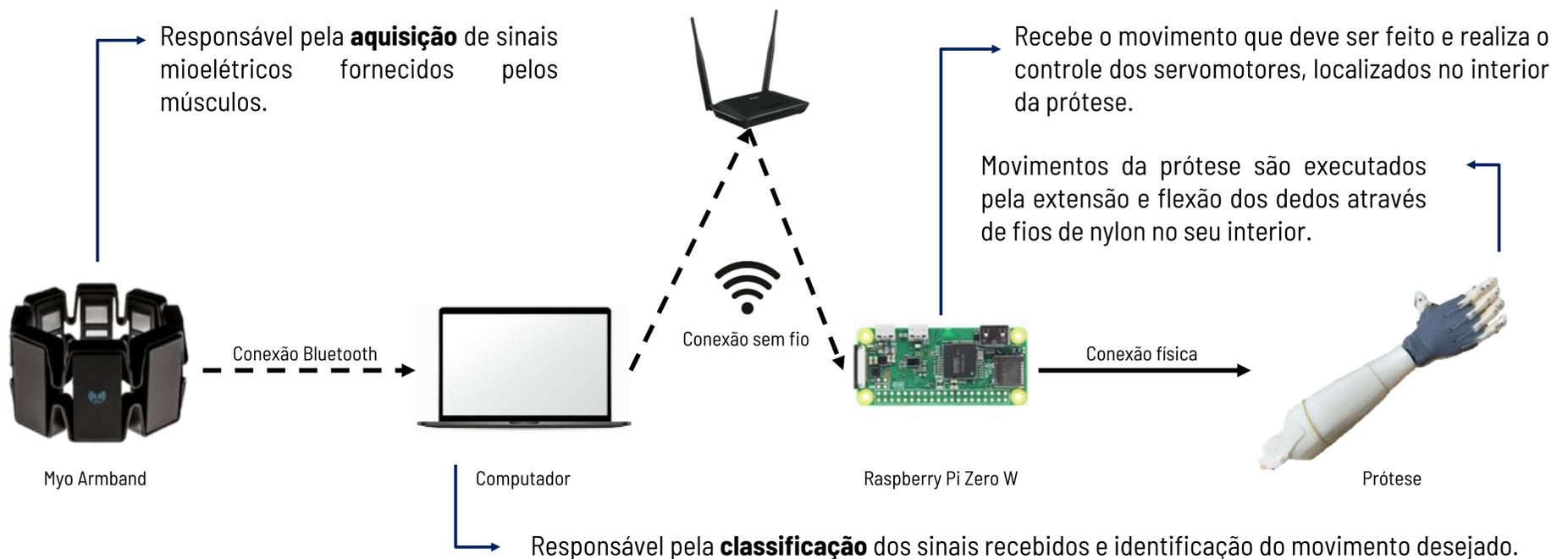
Os resultados dos experimentos online mostraram uma acurácia média de 90,8% considerando cinco movimentos distintos: mão aberta, mão fechada, extensão do dedo indicador, extensão do polegar e pinça. Os resultados mostraram-se promissores, principalmente levando-se em conta os diferenciais da comunicação wifi que confere maior liberdade de movimento ao usuário e as taxas de acurácia obtidas em experimento online.

### Contextualização

A prótese de mão é uma necessidade vital para a sociedade, pois promove inclusão e qualidade de vida aos indivíduos amputados. Além de restaurar habilidades perdidas, proporciona autonomia, autoestima e igualdade de oportunidades, assegurando a participação plena na sociedade.



### Diagrama de funcionamento do protótipo



### Para a classificação correta dos movimentos realizados pelo manipulador, foi preciso:

1. Criar um banco de dados de sinais sEMG adquiridos pela *Myo Armband*;
2. Utilizar técnicas de extração de características dos sinais sEMG;
3. Treinar modelos de aprendizado de máquina e escolher aquele com melhor desempenho;
4. Realizar o reconhecimento e classificação dos dados resultando na indicação do movimento correspondente;
5. Enviar o movimento desejado para o microcontrolador;
6. Executar o comando dos servomotores para realizar o movimento desejado.

# AUTOMAÇÃO E CONTROLE

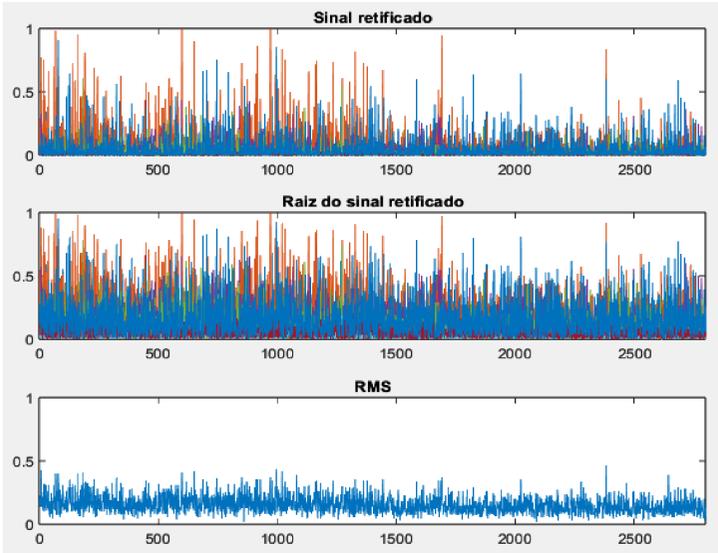
Alunos: Ricardo H. A. Matheus; Daniel K. S. Araki; Rafael O. Nunes; Gustavo N. Leal

Orientadora: Dra. Maria Claudia F. de Castro. (mclaudia@fei.edu.br)



## SHEIKAH ARM: PRÓTESE MIOELÉTRICA COM RECONHECIMENTO DE PADRÕES DE EMG POR APRENDIZADO DE MÁQUINA

### Métodos de Extração de Características e Treinamento de Modelos



Retificação do sinal: Realizada ao se elevar os valores do sinal sEMG adquirido ao quadrado.

Raiz do sinal retificado: Realizada ao extrair a raiz do sinal após a transformação anterior (Retificação do sinal).

Root Mean Square (RMS): Método de extração de características que calcula a raiz quadrada média de um conjunto de dados, nesse caso dos 8 sinais de EMG.

#### Resultado Médio\*

Sem PCA: 78,5%

Com PCA: 72,1%

Sem PCA: 83,8%

Com PCA: 73,4%

Sem PCA: 53,7%

Com PCA: 53,7%

\*Com SVM Quadrático

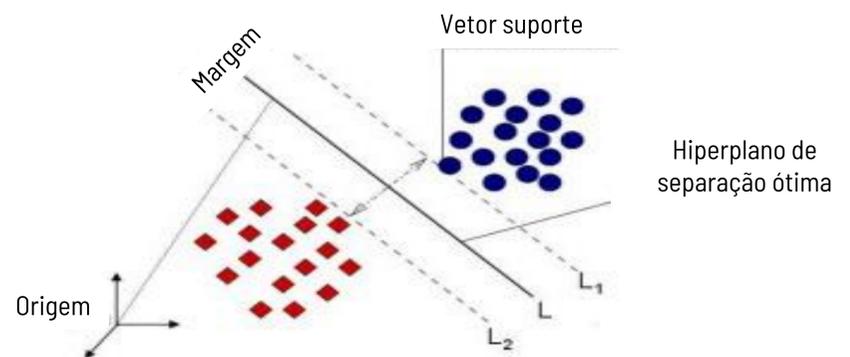
Técnica de Análise de Componentes Principais (PCA): método de redução de dimensionalidade usado em aprendizado de máquina para identificar e representar as principais características de um conjunto de dados.

### Algoritmos de classificação testados

Algoritmo	Acurácia
Árvore fina (Fine Tree)	78,5%
Árvore média (Medium Tree)	71,5%
Árvore Grosseira (Coarse Tree)	53,6%
Discriminante linear (Linear Discriminant)	73,3%
Discriminante quadrático (Quadratic Discriminant)	82,5%
Naive Bayes Gaussiano (Gaussian Naive Bayes)	79,5%
Naive Bayes com Kernel (Kernel Naive Bayes)	79,7%
SVM Linear (Linear SVM)	81,4%
<b>SVM Quadrático (Quadratic SVM)</b>	<b>83,8%</b>
SVM Cúbico (Cubic SVM)	83,1%
SVM Gaussiano Fino (Fine Gaussian SVM)	76,4%
SVM Gaussiano Médio (Medium Gaussian SVM)	83,2%
SVM Gaussiano Grosso (Coarse Gaussian SVM)	81,4%
KNN Fino (Fine KNN)	74,7%
KNN Médio (Medium KNN)	80,4%
KNN Grosso (Coarse KNN)	78,5%
KNN Cosseno (Cosine KNN)	79,7%
KNN Cúbico (Cubic KNN)	80,4%
KNN Ponderado (Weighted KNN)	80,1%
Árvores Impulsionadas (Boosted Trees)	77,3%
Árvores Bagged (Bagged Trees)	80,3%
Discriminante de Subespaço (Subspace Discriminant)	73,7%
KNN de Subespaço (Subspace KNN)	59,4%
Árvores Impulsionadas por RUS (RUS Boosted Trees)	71,4%
Rede Neural Estreita (Narrow Neural Network)	83,5%
Rede Neural Média (Medium Neural Network)	83,7%
Rede Neural Larga (Wide Neural Network)	82,2%
Rede Neural de Duas Camadas (Bilayered Neural Network)	83,3%
Rede Neural de Três Camadas (Trilayered Neural Network)	83,4%
Kernel SVM (SVM Kernel)	70,8%
Regressão Logística com Kernel (Logistic Regression Kernel)	80,3%

### Reconhecimento e Classificação

Máquinas de vetores de suporte (SVM): Busca por um hiperplano e o valor da margem entre dois pontos para distinguir entre dois tipos de objetos.



Validação cruzada: Divisões do conjunto de dados utilizados para avaliar o desempenho do modelo, garantindo uma avaliação mais robusta e confiável. Modelo final com 10 subconjuntos.

### Métricas para algoritmo SVM Quadrático

	Sinal Retificado	Raiz do sinal retificado	RMS
<b>Sensibilidade</b>	78,52%	83,86%	53,65%
<b>Especificidade</b>	94,90%	96,31%	85,80%
<b>Acurácia</b>	78,52%	83,84%	53,65%
<b>Precisão</b>	78,87%	83,87%	52,63%

Sensibilidade: Capacidade do método de detectar com sucesso resultados classificados como positivos.

Especificidade: Capacidade do método de detectar resultados negativos.

Acurácia: Porcentual de acertos.

Precisão: Quantidade de verdadeiros positivos sobre a soma de todos os valores positivos.



## SHEIKAH ARM: PRÓTESE MIOELÉTRICA COM RECONHECIMENTO DE PADRÕES DE EMG POR APRENDIZADO DE MÁQUINA

### Montagem do protótipo

Modelo inicial - Kwawu Arm 2.0 - Socket Version



Modelo com alterações no pulso



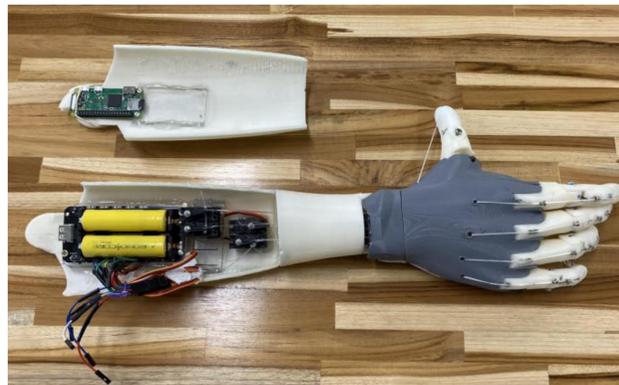
Modelo Final - Sheikah Arm



Passagem de fios de nylon pelo interior da mão e punho



Interior da prótese com componentes eletrônicos



Detalhes da mão



### Resultados

Mão Fechada



Indicador



Polegar



Mão Fechada



Indicador



Polegar



Mão Aberta



Pinça



Mão aberta



Pinça



### Acurácia dos testes práticos

Movimentos	Acertos	Repetições	Acurácia
Mão Fechada	39	50	78%
Pinça	41	50	82%
Indicador	48	50	96%
Polegar	49	50	98%
Mão Aberta	50	50	100%
<b>Total</b>	<b>227</b>	<b>250</b>	<b>90,8%</b>

Tempo de funcionamento: ~6 horas

Peso total: ~750g

Força do aperto de mão: ~1Kg

Acurácia de treinamento (offline): 83,8%

**Acurácia prática final (online): 90,8%**

