

## Desenvolvimento de inteligência artificial para prótese de mão humana produzida em impressora 3d

<sup>1</sup>Leandro Brito Santos\*(Doutorado - MCTI), [lsbrito@gmail.com](mailto:lsbrito@gmail.com);

<sup>2</sup>Roberto Luiz Souza Monteiro (Orientador - MCTI), [roberto@souzamonteiro.com](mailto:roberto@souzamonteiro.com);

<sup>3</sup>Tereza Kelly Gomes Carneiro (Coorientadora - UNCISAL), [terezakelly1@gmail.com](mailto:terezakelly1@gmail.com);

<sup>1</sup>Faculdade SENAI CIMATEC) (PG), <sup>2</sup>Faculdade SENAI CIMATEC) (PQ), <sup>3</sup>UNCISAL (PQ).

<sup>12</sup>Av. Orlando Gomes, 1845 - Piatã, Salvador - BA, 41650-010R.

<sup>3</sup>Dr. Jorge de Lima, 113 - Trapiche da Barra, Maceió - AL, 57010-300

Palavras Chave: *Filtros digitais, Mioelétricos, Manufatura aditiva, impressão 3D.*

### Introdução

A mão humana é um membro essencial para a realização das tarefas cotidianas e para a autonomia de um indivíduo, além do mais a mão humana têm a capacidade para realizar uma ampla variedade de movimentos dentre eles rotacionais, através de um conjunto complexo de ferramentas e implementos, sendo uma articulação mais sofisticada e completa em comparação com a mão de outros animais ou patas.

Sua variabilidade e agilidade permitem desde a manipulação de simples objetos até a realização de tarefas de alta precisão. Pessoas com deficiência física ocasionada pela amputação de uma ou ambas as mãos, podem enfrentar grandes dificuldades para realizar até mesmo tarefas simples e nesta circunstância existe uma necessidade de auxiliar esses indivíduos com a utilização de tecnologias.

O projeto se justifica devido ao elevado custo das próteses de mão que existem no mercado que podem custar em torno de R\$150 mil para os modelos biomecânicos.

Também é possível construir próteses resistentes e confortáveis em impressora 3D que é um tipo de produção de manufatura aditiva e permite obter uma prótese de 1 mil reais se for eletrônica e menos de R\$ 200 reais se for apenas mecânica.

Mas a questão é uma Inteligência Artificial pode tornar adaptação de prótese de mãos mais rápida e fácil para pacientes amputados?

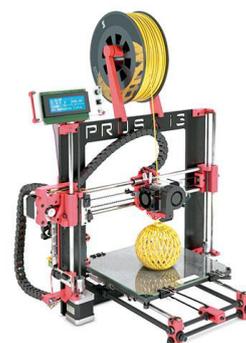
É possível desenvolver um modelo computacional capaz de identificar e filtrar os sinais mioelétricos de um paciente e realizar os movimentos correspondentes de uma prótese de mão?

O objeto do projeto é desenvolver uma inteligência artificial para prótese de mão humana produzida em impressora 3D capaz de proporcionar o movimento

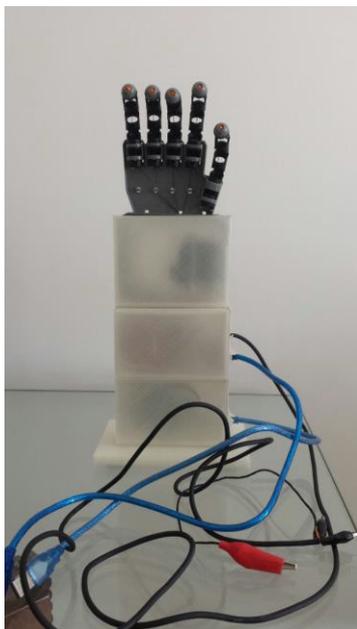
de 2 graus de movimento da prótese de mão humana, a partir de um conjunto de informações geradas por sensores mioelétricos. Para isso os objetivos específicos são: implementar o modelo computacional para o tratamento dos sinais mioelétricos, implementar o funcionamento da rede de sensores mioelétricos no modelo de prótese que será desenvolvida para testes, montar uma impressora 3D e imprimir prótese de mão. Ademais realizar simulação e análise do funcionamento da prótese de mão.

### Resultados e Discussão

No estágio atual da nossa pesquisa construímos uma impressora 3D capaz de produzir protótipo de prótese de mão com polímero PLA (poliácido láctico) que é um polímero biodegradável e realizamos a impressão de uma prótese de mão mecânica que responde ao comando de um algoritmo que filtra os sinais mioelétricos obtidos previamente para os primeiros testes, este modelo é apresentado na figura 3. Nosso próximo passo com a impressora 3D é produzir uma prótese que responda aos sinais mioelétricos obtidos com o algoritmo desenvolvido. O modelo da impressora 3D construída é apresentado na figura 1.



**Figura 1.** Modelo da impressora 3D.  
 (Fonte: BQ, 2015)



**Figura 2.** Prótese de mão com resposta EMG.

Após a construção da impressora avançamos com a pesquisa ao obter sinais mioelétricos filtrados utilizando algoritmos matemáticos e computacionais com FFT (Transformada rápida de Fourie) e filtro digital *Chebyshev*. Conforme a figura 3 podemos visualizar dos gráficos que apresentam o sinal sem aplicação do filtro digital e em seguida o sinal com filtro digital na frequência de 16-20Hz ou outras faixas. Neste experimento realizamos a captura do sinal com um par de eletrodos que é utilizado em um canal de sinais. Também desenvolvemos um algoritmo capaz de capturar armazenar em arquivo os sinais mioelétricos que poderão ser utilizados nas etapas de análise dos sinais.

Após a implementação dos algoritmos realizamos teste de integração um modelo de prótese que foi impressa e montada com eletrônica capaz de obter os sinais mioelétricos e proporcionar uma resposta para a prótese, neste teste ainda não objetivamos a resposta em tempo real, contudo acreditamos que este é o modelo ideal e precisa sofrer ajustes e testes, a figura 2 apresenta o modelo da prótese desenvolvida.

Em 2015 realizamos algumas produções conforme os itens abaixo:

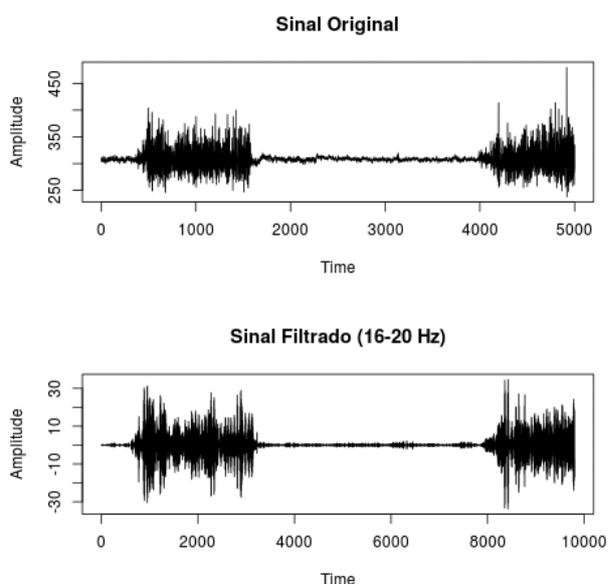
- ☒ 1º Workshop de Soluções Matemáticas para Problemas Industriais com a produção *wearable myography-based hand controller*;
- ☒ V PTI com a produção, Proposta de um estudo comparativo de impressoras 3D Do It Yourself open source;

- ☒ XVIII ENMC com a produção, Desenvolvimento de um sistema especialista de oximetria com sistema embarcado open source;
- ☒ II STAES com a produção, Implementação do OpenEHR para uma aplicação móvel de Registro Eletrônico de Saúde: Estudo em uma empresa de saúde;
- ☒ Seminário TICASE com a produção, Sensores mioelétricos e sinais mioelétricos;
- ☒ SEMANACTS com os trabalhos de impressora 3D DIY e Sinais mioelétricos;
- ☒ 50º reunião ABENO com a produção, TICs como ferramentas estratégicas para gestão e produção acadêmica.

Algumas das produções contém trabalhos completos publicados em anais de congressos.

O nosso próximo passo é acoplar os algoritmos a um modelo de prótese mecânica e realizar testes de comportamento para avaliar os graus de movimento da prótese em tempo real baseado nos experimentos que estamos realizando com o modelo da prótese da figura 2.

É importante evidenciar que estamos utilizando para capturar os sinais mioelétricos a técnica não invasiva e neste modelo é necessário aplicar filtros de sinais pois muitos ruídos são gerados por outros músculos e por ambiente externo. A figura 3 apresenta o gráfico com sinais não filtrados e filtrados para compara os primeiros resultados e na figura 4 apresentamos o princípio de funcionamento dos eletrodos posicionados no braço.



**Figura 3.** Gráficos de sinais mioelétricos.

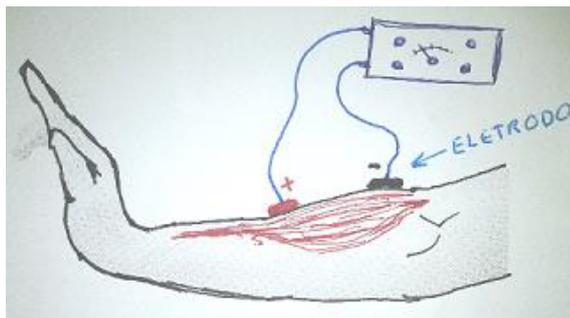


Figura 4. Posição do eletrodo superfície da pele.

## Conclusões

O desenvolvimento de um modelo computacional para prótese de mão produzida em impressora 3d e que seja capaz de interpretar os movimentos da mão humana através de uma rede de sensores, traz benefícios para indivíduos que necessitam de prótese de mão.

Através de um método inovador de ensino aprendizagem pode proporcionar um melhor resultado na fase de adaptação do uso deste tipo de prótese, que em geral é custoso e gera um longo tempo para adaptação.

Na situação atual da pesquisa, realizamos a modelagem que é capaz de comprovar as nossas hipóteses e ser executado através de uma metodologia para atender os objetivos.

## Referências

Quero agradecer a FAPESB pelo financiamento do nosso projeto, ao programa PPGMCTI do SENAI CIMATEC e a UNCISAL pela oportunidade em apoiar este projeto de pesquisa para o doutorado. Agradecer ao orientadores Prof. Dr. Roberto Luiz Souza Monteiro e Prof. Dr<sup>a</sup>. Tereza Kelly Gomes Carneiro pelas suas orientações e incentivos a pesquisas acadêmicas.

<sup>1</sup>Chua, C.K.; Leong K.F.; Lim C.S. Rapid Prototyping Principles and Applications; World Scientific; 2003

<sup>2</sup>Cunha, Antero; Macedo, Humberto; Lino, F. Jorge; Vasconcelos, Pedro; Neto, Rui J. L.; Freedom of Creation Lighting Objects Using Rapid Prototyping, Materiais 2007, FEUP, Porto, 1 -4 April 2007

<sup>3</sup>Grando, Neusa, Segmentação de Imagens Tomográficas visando a construção de modelos médicos; Tese de PósGraduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Centro Federal de Educação Tecnológica do Panamá, Curitiba, Agosto 2005

<sup>4</sup>Grenda, Ed; Printing the Future the 3D printing and rapid prototyping source book; Castle Island Co.; USA, 2006

<sup>5</sup>Hopkinson, N.; Hague, R. J.; Dickens, P. M.; Rapid Manufacturing an Industrial revolution for the digital age; John Wiley & Sons, Ltd., England, 2006

<sup>6</sup>Ljungberg; Lennart; Materials selection and design for structural polymers Materials & Design, n.24, 2003