

PROJETO DE UM DISPOSITIVO ATIVO PARA AUXILIAR A REABILITAÇÃO DE MEMBROS SUPERIORES E/OU MEMBROS INFERIORES COM USO DOS SINAIS MIOELÉTRICOS

Isabella de Paula Cintra Borges, Faculdade de Engenharia Mecânica, isabella.cintra@gmail.com

Glicerinho Soares Júnior, Faculdade de Engenharia Mecânica, gliglijr@hotmail.com

Rogério Sales Gonçalves, Faculdade de Engenharia Mecânica, rsgoncalves@mecanica.ufu.br

Resumo. Este trabalho apresenta o projeto de um dispositivo ativo para auxiliar na movimentação do membro superior e/ou membro inferior das pessoas que possuem seus movimentos debilitados visando à reabilitação e à realização das tarefas do dia-a-dia. Esta estrutura executará os principais movimentos necessários para a recuperação do paciente por meio de um sistema de controle, feito a partir de uma placa de aquisição, que captará os sinais mioelétricos do usuário, enviando-os para um microcontrolador. Este microcontrolador receberá o sinal proveniente do estímulo muscular do usuário e irá atuar o motor de acordo com este estímulo.

Palavras chave: reabilitação, membro inferior, membro superior, sinal mioelétrico, microcontrolador.

1. INTRODUÇÃO

O ser humano desde o primórdio busca aperfeiçoar as atividades referentes ao cotidiano de modo a realizá-las num menor tempo possível, com menor esforço, maior qualidade de vida e segurança. Com o passar dos tempos, as modernas tecnologias vêm proporcionando o desenvolvimento de máquinas e robôs que são capazes de realizar parcialmente ou totalmente atividades antes realizadas pelo homem (Marques, 2013).

A inclusão de equipamentos robóticos aplicados na medicina para a reabilitação tem como principal objetivo tratar ou atenuar as incapacidades causadas por doenças crônicas, quedas ou acidentes, acidente vascular cerebral (AVC) ou outros fatores que comprometam a movimentação do membro inferior. Tal fato incentiva o desenvolvimento de novas tecnologias para esta área, o que motiva a realização deste estudo.

Assim, este trabalho tem como enfoque o desenvolvimento e construção de um dispositivo ativo para auxiliar na reabilitação de membros inferiores e superiores, sendo possível a utilização em qualquer músculo. Este dispositivo pode ser utilizado por pessoas com dificuldades de locomover-se quando aplicado à articulação do joelho e também para o auxílio dos movimentos do membro superior quando aplicado à articulação do cotovelo.

Portanto, para a realização deste trabalho serão necessários uma placa de aquisição do sinal eletromiográfico e a órtese, descritos a seguir.

2. PROJETO DA PLACA DE AQUISIÇÃO DO SINAL MIOELÉTRICO

A eletromiografia é uma técnica de monitoramento da atividade elétrica das membranas excitáveis, representando a medida dos potenciais de ação do sarcolema (membrana plasmática das células do tecido muscular), como efeito de voltagem em função do tempo. Esse sinal captado é conhecido como sinal eletromiográfico (EMG), ou seja, é a somatória algébrica de todos os sinais detectados em certa área, podendo ser afetado por propriedades musculares, anatômicas e fisiológicas, assim como pelo controle do sistema nervoso periférico e a instrumentação utilizada para a aquisição dos sinais.

Depois de adquirido o sinal EMG existem muitos métodos de processamento que podem ser utilizados para interpretação dos dados; dentre os parâmetros mais importantes na avaliação estão a frequência e a amplitude do sinal, empregando análises no domínio do tempo ou no domínio de frequências.

Baseado em Webster (1998), onde são apresentados os conceitos acerca da eletromiografia, foi feita a construção de um eletromiógrafo, para interpretar a intenção do usuário.

A seguir é apresentado um resumo das etapas realizadas para a construção do eletromiógrafo.

2.1. Frequência de amostragem

Marchetti (2006) apresenta o teorema de Nyquist. Com base neste, a frequência de amostragem que será utilizada no projeto será de 4 KHZ.

2.2. Circuito de Alimentação

Devido à portabilidade do equipamento decidiu-se utilizar alimentação via baterias, não sendo necessárias tomadas ou outras fontes de alimentação durante o uso. As baterias que serão utilizadas serão unipolares de 9V.

Será necessário reduzir este valor de tensão para 5V, pois definiu-se utilizar Circuitos Integrados que operam nessa faixa de tensão. Para isso foi utilizado um regulador de tensão.

2.3. Circuito de condicionamento do sinal

O circuito de condicionamento do sinal faz-se necessário, pois o sinal EMG durante sua aquisição possui baixa amplitude. Sendo assim, observa-se a necessidade da utilização de amplificadores e filtros, com o cuidado de não perder as características reais do sinal. Para que não haja modificações no sinal EMG devem ser observadas as características dos ruídos, o ganho, a razão entre o sinal e o ruído, taxa de rejeição em modo comum entre outras.

2.4. Circuito de Aquisição e Digitalização do sinal

O circuito de Aquisição e Digitalização tem como principal função transmitir o sinal físico a ser estudado da forma mais fiel possível ao Computador.

Na etapa do circuito de digitalização foi feita a conversão de sinal analógico por um microprocessador Arduino Uno, que irá interfacear com a USB e enviar para o software para que seja feito o biofeedback.

2.5. Amplificadores

Os sinais EMG captados tem baixas amplitudes, variando, em média, de 5 μ V a 10mV. Tais valores são muito baixos para uma ótima análise e, por isso, precisam de amplificação.

Mesmo após todos os estágios de ganho o nível de sinal não era suficiente para uma ótima resolução e quantização no conversor AD. Para isso implementou-se mais um estágio de ganho com amplificador não inversor.

2.6. Filtros

Para atenuar variações específicas de frequência em alguns estágios do projeto, além do nível DC foram dimensionados filtros analógicos para atender a estas necessidades.

2.7. Retificador de onda completa

O retificador retificará o sinal em sinal contínuo, fornecendo a envoltória do sinal para o microcontrolador processar e controlar os motores.

2.8. Microcontrolador

O microcontrolador que será utilizado é o Arduino, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre. Sua placa consiste em um microcontrolador Atmel de 10 bits de resolução.

3. SINAIS

De Webster (1998), tem-se que o sinal eletromiográfico é a soma algébrica de todos os sinais detectados em certa área, podendo ser afetado por propriedades musculares, anatômicas e fisiológicas, assim como pelo controle do sistema nervoso periférico e a instrumentação utilizada para a aquisição dos sinais.

A eletromiografia de superfície é uma técnica segura pelo fato de mensurar a atividade muscular através de eletrodos posicionados na superfície da pele. Nestes procedimentos, alguns músculos específicos são utilizados para o exame de EMG de acordo com a necessidade do paciente.

Para realização dos testes experimentais foi utilizado o sinal do bíceps braquial. A Fig. (1) mostra a envoltória do sinal EMG captado com o músculo em três condições: sem que haja contração muscular (em azul), com o braço parado rente ao corpo e flexionado 90° sem carga (em vermelho) e com o braço levantando uma carga de 2 kg (em preto).

Portanto este trabalho propõe que a partir da captação da envoltória do sinal EMG do paciente um microcontrolador, que receberá o sinal proveniente do estímulo muscular do usuário, atue uma órtese de acordo com este estímulo.

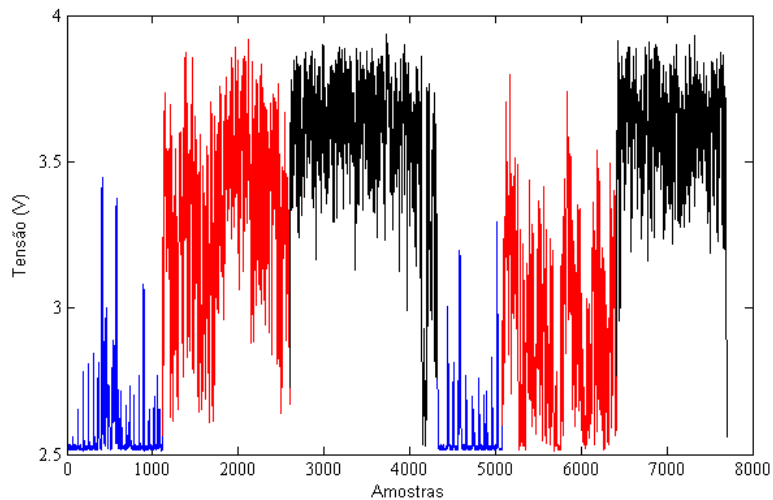


Figura 1. Envoltória do sinal EMG.

3.1. Parametrização do Sinal

Para obter parâmetros que permitam avaliar o sinal capturado foram utilizados os últimos 200 pontos amostrados, todas as observações foram realizadas com relação a este conjunto de amostras.

A partir do sinal capturado pode-se obter três condições para atuação da órtese, quando o menor valor do sinal do conjunto de amostras está abaixo de 2,6V e sua média está abaixo de 2,7V, indicando que o braço está relaxado; quando a média do conjunto de amostras variando entre 2,7V e 3,3V, indicando que o braço está parado; e quando o maior valor do sinal do conjunto de amostras está acima de 3,7V e sua média está acima de 3,3V, indicando que o braço está com carga.

A Tabela (1) mostra que a partir da identificação dos estados do músculo foi realizado o controle da órtese. Quando o braço estiver relaxado a órtese realizará o movimento de extensão, com o braço parado a órtese também ficará parada e com o braço com carga a órtese realizará o movimento de flexão.

Tabela 1. Acionamento da órtese a partir dos parâmetros da envoltória do sinal.

Órtese	Média (V)	Mínimo (V)	Máximo (V)
Extensão	< 2,7	< 2,6	-
Parada	$\geq 2,7$ & < 3,3		-
Flexão	$\leq 3,3$	-	> 3,7

Para algum estado que não corresponda aos apresentados na Tab. (1) a órtese ficará parada.

4. ESQUEMA DA ESTRUTURA

A órtese proposta consiste em um motor CC MGM9532 de 24V acoplado a duas hastes de alumínio onde estão fixas com fitas de velcro para unir a órtese ao braço. A órtese proposta pode ser vista na Fig. (2) e como dito anteriormente, a mesma pode ser utilizada tanto para o membro inferior quando aplicado a articulação do joelho quanto para o membro superior quando aplicado à articulação do cotovelo.

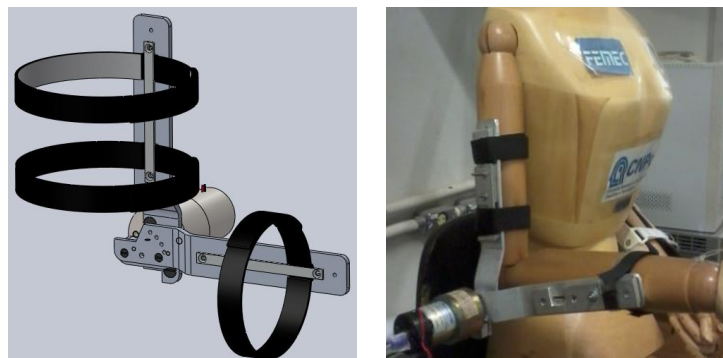


Figura 2: Órtese proposta.

5. RESULTADOS

Para a realização do teste a órtese mostrada na Fig. (2), foi acoplada ao braço de uma pessoa e em seguida foram colocados os eletrodos para a captação do sinal eletromiográfico, por meio da placa de aquisição desenvolvida neste trabalho. Esta placa representa um primeiro protótipo que será melhorado com o objetivo de sanar problemas relativos à baixa qualidade do sinal capturado. Está sendo adquirida também uma placa comercial compatível com o Arduino para aquisição do sinal eletromiográfico.

Os testes mostraram que foi possível realizar o controle da órtese de forma simples e rápida, uma vez que o usuário realizava o movimento do braço e a mesma conseguia reproduzi-lo. Porém, fez-se necessário um treinamento muscular para o indivíduo se acostumar a aplicar a força necessária para cada etapa, realizando assim o acionamento da órtese.

Percebeu-se também a necessidade de se criar um dispositivo para ajustar os valores de tensão utilizados como parâmetro, pois na medida em que os testes foram realizados o músculo sofreu fadiga e assim os sinais utilizados como parâmetro sofreram alterações.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o esquema de uma estrutura robótica e um eletromiógrafo que visam auxiliar à reabilitação. Esta estrutura pode ser utilizada tanto para a reabilitação dos membros superiores quanto dos membros inferiores. Esta estrutura é formada por um motor e hastes que se fixam no paciente e a placa de aquisição por componentes eletrônicos. A movimentação desta estrutura robótica é feita a partir da captação dos sinais mioelétricos, ou seja, da intenção do usuário e sua necessidade.

7. REFERÊNCIAS

- Marchetti, P.H.; DUARTE, M. Instrumentação em Eletromiografia – Laboratório de Biofísica, Universidade de São Paulo, 2006.V III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica , 10 a 15 de agosto de 2014, Uberlândia - Minas Gerais
- Marques, A. B., Desenvolvimento de um dispositivo robótico atuado por cabos para reabilitação do membro inferior humano. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Uberlândia, 2013, 134 p.
- NEUROTRACES, 2004.
- <<http://www.neurotraces.com/edf/examples/node3.html#figure:emg>>
- Webster, J. Medical Instrumentation: Application and Design. John Webster Editor, third edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998;

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFU/FEMEC, FAPEMIG, CAPES e ao CNPq pelo auxílio parcial para execução deste projeto.

9. ABSTRACT

This paper presents the design of an active device to assist in moving the upper and / or lower limb to people who have weakened their movements, rehabilitation and completion of daily tasks. This structure performs key movements necessary for the recovery of the patient by means of a control system, made from an acquisition board that will capture the user's myoelectric signals, sending them to a microcontroller. This microcontroller will receive the signal from the muscle stimulating the user and the motor will act in accordance with this stimulus.

10. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.