



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Estudo da origem e processamento de sinais e eletromiografia de superfície (sEMG).

Study of the origin and signal processing techniques and surface electromyography (sEMG).

Gabriel Goulart Spreng, Prof. Dr. Daniel Prado de Campos

RESUMO

A seguinte pesquisa foi baseada em um projeto de iniciação científica iniciado em março de 2020 e encerrado em novembro de 2021, todo projeto foi feito a distância devido a pandemia da COVID-19. O conteúdo a seguir é uma síntese teórica sobre eletromiografia, mais precisamente eletromiografia de superfície, da sua origem biológica até seu processamento e análise.

Palavras-chave: processamento de sinais, eletromiografia de superfície, python.

ABSTRACT

The following research was based in a scientific research project that began in march of 2020 and lasted until november 2021, the whole project was made in distance due to the COVID-19 pandemic. The following content is a theoretical synthesis about electromyography, more precisely about surface electromyography, from the biological origin until its processing and analysis.

Keywords: signal processing, surface electromyography, python.

1 INTRODUÇÃO

A eletromiografia é uma técnica de aquisição de sinais que trabalha com o sinal bioelétrico gerado pelo movimento dos músculos, tanto em animais quanto humanos. No projeto de iniciação científica em questão estudou-se sobre a utilização da tecnologia de eletromiografia de superfície e sua relação com a linguagem python para processamento.

O estudo realizado teve ao todo uma abordagem mais teórica, sendo assim, as informações apresentadas aqui são um compilado do que foi estudado, abordando sobre a natureza do sinal eletromiográfico e sua relação com a linguagem python na experiência obtida do projeto.

O objetivo da pesquisa a princípio era desenvolver um software que opere entre a captação do sinal eletromiográfico e sua relação com a prótese robótica, porém dadas as circunstâncias acabou por ser uma espécie de informativo sobre o estudo.

2 MÉTODO

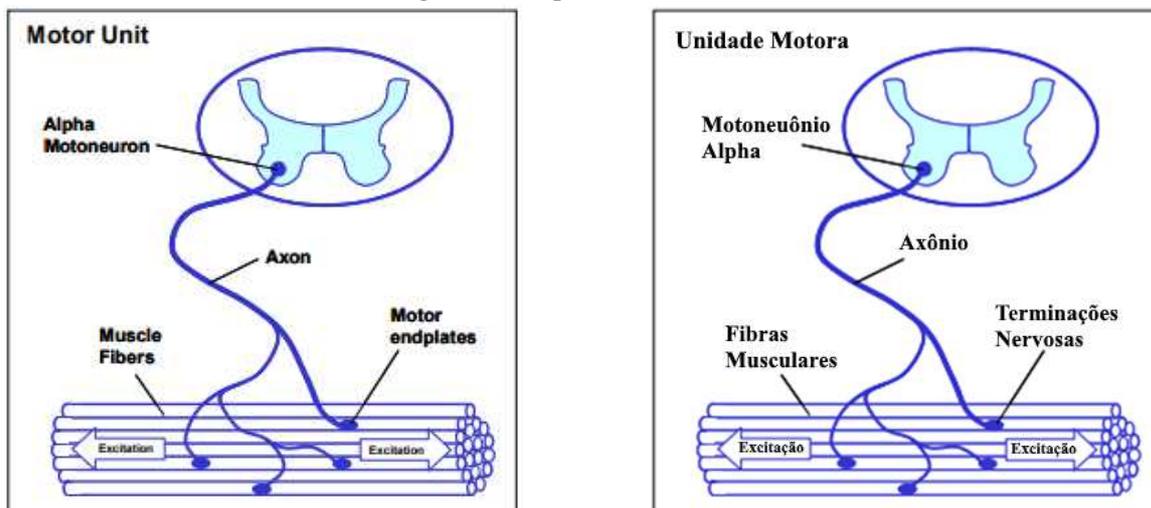
Tendo em vista a pandemia da COVID-19 e o cancelamento das aulas presenciais, os estudos relacionados ao projeto foram todos feitos online com conteúdo teórico. Quanto aos resultados que serão apresentados abaixo, eles são a sintetização do conteúdo formado.

3 RESULTADOS

Natureza do Sinal

O sinal eletromiográfico provem da atividade muscular, sua origem se dá quando o cérebro manda um impulso de movimento, que é recebido pela medula espinhal. A medula vai encaminhar o sinal em forma de um estímulo pelos motoneurônios até chegar ao motoneurônio- α que inerva as fibras musculares esqueléticas, lá esse sinal será convertido em movimento muscular voluntário. Unidade Motora (UM) é o nome dado ao esquema de um conjunto de fibras musculares inervadas por um mesmo motoneurônio, esse que será chamado de motoneurônio- α , o sinal bioelétrico captado pelos dendritos vai passar pelo corpo celular e axônio, enfim chegando as fibras musculares.

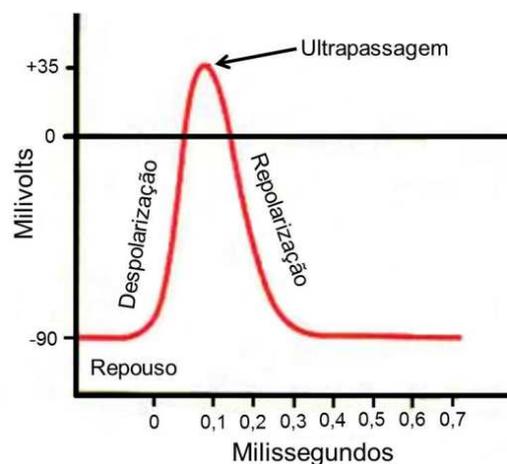
Figura 1 – Esquema de Unidade Motora



Fonte: Peter Konrad, *The ABC of EMG (2005)* (termos foram traduzidos na imagem da esquerda)

Em células excitáveis como fibras musculares e neurônios há um elemento chamado de Potencial de Ação (PA), este que pode ser descrito como uma rápida variação de potencial do interior da membrana celular para com seu exterior. O início do potencial de ação, ocorre quando uma célula recebe um estímulo, fazendo com que ocorra um aumento da permeabilidade da membrana plasmática aos íons Na^+ que ficam no exterior da célula, essa fase é chamada de despolarização, esses íons então se deslocam ao interior enquanto os de K^+ vão para o lado de fora, assim, a tensão da membrana que costuma ser de -90 a -70mV quando em repouso, atinge valores de $+10\text{mV}$ ou mais. Ao atingir o pico a membrana torna-se menos permeável ao Na^+ e mais permeável ao K^+ , os canais de sódio na membrana começam a se fechar enquanto os de potássio abrem mais que o normal, essa fase é chamada de repolarização, aos poucos durante esse processo a tensão volta a ser negativa, até atingir o potencial em repouso novamente.

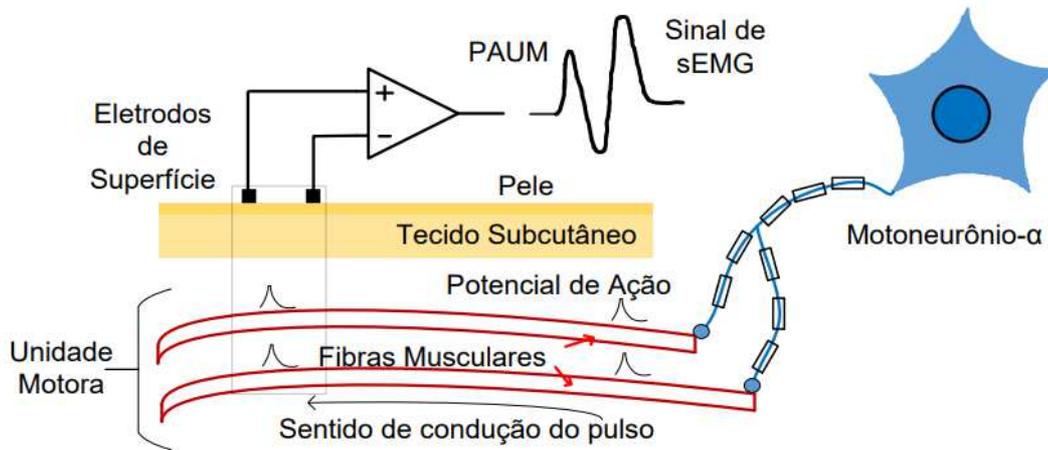
Figura 2 – Potencial de ação típico



Fonte: Stevan Jr et al. (2015)

Uma unidade motora pode inervar de poucas unidades até milhares de fibras musculares, o disparo que um potencial de ação gera em um motoneurônio resulta em uma descarga de muitas fibras musculares de forma quase simultânea (KAMEN; GABRIEL, 2015). Ao realizar um somatório espaço temporal dos PAs gerados por um motoneurônio-alfa obtém-se o Potencial de Ação da Unidade Motora, este sinal por sua vez é adquirido por eletrodos de superfície (no caso da sEMG) e utilizado no ramo da eletromiografia. Portanto, o sinal de EMG é a resultante da atividade elétrica das UMs recrutadas em uma contração muscular (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985).

Figura 3 - Representação do processo de propagação de PA e registro de PAUMs por meio da pele.



Fonte: Stevan Jr et al. (2015)

Processamento do sinal

Pensando na tecnologia de eletromiografia em próteses uma parte essencial do funcionamento é a ponte entre a parte biológica e a tecnológica, ou seja, o sistema responsável por captar o sinal bioelétrico, processá-lo e gerar uma resposta de acordo na prótese robótica. Partindo do momento onde o sinal bioelétrico é captado ainda há uma série de etapas até ele estar apto a ser utilizado. Sendo elas:

Amplificação. Como os sinais de sEMG possuem baixas amplitudes, é necessário que haja a ação de um amplificador para aumentar os valores de suas magnitudes a fim de fornecer um sinal de qualidade e com nível de tensão adequado para as etapas de processamento (NAGEL, 2000). O sinal bioelétrico bruto que foi obtido passará por um circuito elétrico que contém amplificadores operacionais e resistores, de tal maneira após passado por esse circuito estará com uma tensão compatível com o range do conversor analógico-digital, logo apto a ser utilizado na próxima etapa.

Filtragem. O sinal EMG para ser processado deve ter frequência em 50 e 500 Hz, frequências acima e abaixo desses valores devem ser filtradas. Para isso há dois meios, utilizar um filtro passa-banda onde são delimitados os valores da frequência máxima e mínima, ou com a utilização de um filtro passa-alta com um passa-baixa. É importante comentar que no sinal sEMG o ruído que possui maior parcela da interferência é o da rede elétrica, sendo ele de 60 Hz no Brasil e 50 Hz em outros países. Para atenuar essa frequência, filtros rejeita-faixa (ou notch) são usados com frequência entre 59-61 Hz (CRISWELL, 2011).

Amostragem. Depois de filtrado e amplificado o sinal está adequado para utilização no sistema digital (microcontrolador, computador, entre outros) então é necessário que o sinal seja amostrado e quantificado em um conversor Analógico-Digital (AD) (KAMEN; GABRIEL, 2015). De acordo com o Teorema de Nyquist, a taxa de amostragem deve ser o dobro da frequência média, assim, considerando que as maiores frequências da banda se localizam entre 450-500 Hz, a taxa de amostragem ideal para sinal sEMG é de 1000 amostras por segundo. Antes da amostragem, é comum utilizar um filtro anti-aliasing para evitar o efeito de serrilhamento do sinal. (MENDES, 2016).

Conversão analógico-digital. O próximo passo é adequar a quantização do conversor AD. As faixas dinâmicas podem variar, mas as mais usuais estão entre ± 5 V e 0 a 10 V. Sobre a quantização, quanto maior a quantidade de bits, maior será a quantidade de níveis que poderão ser representados. Para sEMG são usadas



altas resoluções, de 12 e 16 bits, a fim de garantir melhor detalhamento do sinal; porém requerem maior poder computacional (KAMEN; GABRIEL, 2015; MERLETTI; HERMENS, 2004).

Linguagem Python

Para que o sistema de funcionamento da prótese opere adequadamente é necessário um código que comande o que deve acontecer, este será operado onde está escrito, por exemplo um microcontrolador. Para satisfazer tal sistema os componentes analógicos realizarão as etapas de processamento anteriormente citadas e, após convertido para sua forma digital, o sinal processado será recebido pelo sistema contendo o código, interpretar qual movimento seria realizado e por fim mandar um comando de movimento a prótese robótica, comando esse que deve ser igual ao movimento que seria realizado idealmente.

Ao longo do projeto foram construídos códigos para realizar o processamento de sinais sEMG brutos que eram recebidos, a linguagem python se mostrou muito boa para tal pois há bibliotecas que facilitam em muito os cálculos responsáveis pelo processamento do sinal e em geração de gráficos, como por exemplo a matplotlib, scipy e numpy, além de que essa linguagem é muito famosa tendo muito conteúdo de apoio, da linguagem em si e da junção eletromiografia python em questão.

4 CONCLUSÃO

O estudo que foi realizado permitiu um maior entendimento da biologia por trás da eletromiografia, sua origem com um impulso emitido pelo cérebro até a captação pelo eletrodo localizado na superfície da pele, o estudo também permitiu um entendimento da relação dessa área com as próteses, uma vez que os sinais estão diretamente ligados com o movimento muscular.

Sabendo das etapas de processamento necessárias para a utilização adequada do sinal eletromiográfico, o código escrito é responsável por realizar essas etapas e interpretar o sinal processado, assim descobrindo qual movimento seria realizado idealmente e enviando um comando de movimento equivalente ao ideal para a prótese.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu professor e orientador Daniel Prado que me proporcionou a oportunidade de participar de um projeto de iniciação científica, agradeço também a minha família por todo carinho e suporte que tive para chegar até aqui e por fim agradeço a universidade e todos que nela atuam.

REFERÊNCIAS

- MENDES JÚNIOR, José Jair Alves; Development of an armband to capture of electromyography signals for movement recognition, 2016.
- FREITAS, Melissa La Banca; EMG signal features analysis to aid in pattern classification processes, 2018.
- CAMPOS, Daniel Prado; Dictionary-based Classification of Electromyographic signals of the masseter muscle of cows to recognize ingestive patterns, 2019.
- KONRAD, Peter; The ABC of EMG, a practical introduction to kinesiological electromyography, 2005.