

## SISTEMA DE EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DO SINAL DE TM ELETROMIOGRAFIA DE TEMPO E FREQUÊNCIA EM LABVIEW

M.L.B. Freitas\*, J.J.A. Mendes Junior\*, M.B. Pires\* e S.L. Stevan Jr.\*

\*Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Brasil.

e-mail: {melissa.1995;mpires}@alunos.utfpr.edu.br; {jjjunior;sstevanjr}@utfpr.edu.br

**Resumo:** A extração de características do sinal EMG é uma etapa presente no processamento em que são realizadas operações matemáticas para obter informações de um sinal bruto. Este artigo apresenta um sistema de extração de características do sinal de EMG nos domínios do tempo e da frequência implementado no LabVIEW™. Dentre as características desenvolvidas, escolheu-se duas no domínio do tempo e duas no domínio da frequência para uma abordagem mais detalhada. Para demonstração de funcionamento do sistema, foram extraídas as características detalhadas para os movimentos de flexão e extensão, adquiridos do bíceps e tríceps. Percebeu-se que este sistema facilita o processo de extração de características, flexibilizando o desenvolvimento com a utilização da linguagem gráfica do LabVIEW™ em uma única plataforma.

**Palavras-chave:** LabVIEW™, EMG, extração de características.

**Abstract:** *The feature extraction of an EMG signal is an action present in the processing stage where mathematic operations are performed to retrieve data of a raw signal. This article presents a feature extraction system of the EMG signal in time and frequency domain implemented in LabVIEW™. Amongst all features involved, two were chosen in the time domain and other two in the frequency domain for a more detailed approach. As a means to show the performance of the system, detailed features were extracted from the movements of the biceps and triceps. It was noted that this system helps with the feature extraction process, easing the development stage to a single platform with the use of the graphical programming language of LabVIEW™.*

**Keywords:** *LabVIEW™, EMG, feature extraction.*

### Introdução

A utilização nas mais diversas aplicações com o sinal de Eletromiografia (EMG) demanda etapas de aquisição e de processamento [1]. Enquanto que a aquisição refere-se ao fato de garantir a captura de um sinal com grande fidelidade, o processamento trata da operação com este sinal. Por exemplo, o sinal apenas adquirido (muitas vezes sem condicionamento) possui as informações de uma forma não usual, a qual pode ser melhor vista e utilizada ao passar por um sistema de processamento [2].

O processamento dos sinais de EMG possui fases distintas de operação, sendo divididas em segmentação de dados (que determina a secção temporal do sinal), extração de características (que retira as informações relevantes do segmento) e aplicação (seja um classificador, um sistema de reconhecimento de padrões ou uma máquina de estados finitos) [2-4].

A etapa de extração de característica trata da retirada de informações úteis, muitas vezes escondidas neste sinal, auxiliando a remover partes indesejadas e interferências do mesmo [4,5]. Além disso, a obtenção dessas características torna possível realizar, por exemplo, a classificação dos sinais EMG provindos de diferentes movimentos. Há três grupos principais de características as quais engloba análises no domínio do tempo, no domínio da frequência e de tempo-frequência [5].

Por sua vez, há um destaque crescente em *softwares* que utilizam a instrumentação virtual como plataforma de desenvolvimento de sistemas e estratégias com o sinal de EMG. Desta forma, o LabVIEW™ se destaca como uma plataforma em que podem ser alocadas simultaneamente tanto a aquisição do sinal quanto o seu processamento [6]. Entretanto, a cada novo programa em LabVIEW™ para extração de características, o programador desenvolve a sua função (baseada nas equações de características conhecidas) e não se aproveita uma das características do LabVIEW™: a programação em blocos prontos (como visto, por exemplo, em [8]). Neste caso, o desenvolvimento de aplicações que demandam da etapa de classificação seria acelerado com a utilização de sub-rotinas (conhecidas como sub-VIs – onde o VI é um instrumento virtual) contendo a etapa de extração de características do sinal. Além disso, não se encontra um sistema dedicado somente à extração de características de EMG em ambiente LabVIEW™.

Portanto, este trabalho tem como objetivo apresentar um sistema capaz de extrair características do sinal EMG por meio do LabVIEW™. Neste estudo, consideraram-se apenas características no domínio do tempo e da frequência, sendo 16 de tempo e 11 de frequência. Além da apresentação do sistema, foram escolhidas quatro características para apresentação da sua construção em Linguagem G (linguagem de programação do LabVIEW™). Para a avaliação destas amostras, foram extraídas as características de segmentos resultantes de ações musculares do bíceps e tríceps, demonstrando a atuação das características.

## Materiais e métodos

**Sistema de extração de características** – O sistema de extração de características do sinal de EMG é baseado na programação em blocos feita em LabVIEW™. A escolha das características construídas foi baseada em diversos sistemas e aplicações com o sinal de EMG [4,5,7,9]. Assim, implementadas no LabVIEW™ estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1: Lista de características do sinal EMG.

Tipo	Característica [4,5,7,9]
Tempo	IEMG, MAV, SSI, VAR, TM3, TM4, TM5, RMS, LOG, WL, AAC, DASDV, ZC, MYOP, WAMP, SSC.
Frequência	MNF, MDF, PFK, MNP, SM0, SM1, SM2, SM3, FR, PSR, VCF.

A Figura 1 apresenta as seções criadas para as características de tempo (Figura 1a) e frequência (Figura 1b), contendo os blocos das características do sinal de EMG implementados no LabVIEW™.

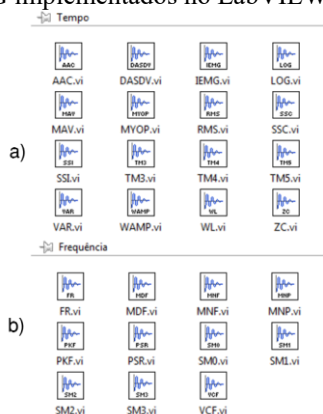


Figura 1: Blocos de extração de características criados, sendo a) as características de tempo e b) de frequência.

A fim de exemplificar o funcionamento dos blocos criados, foram escolhidas duas características do domínio do tempo e duas características do domínio da frequência para o presente trabalho: MAV, ZC, MNF e SM<sub>1</sub>. Tais características foram escolhidas, pois através delas pode ser feita a análise de valores médios do sinal EMG (MAV e MNF), de cruzamento do sinal por zero (ZC) e de análise do espectro de potência (SM<sub>1</sub>).

O MAV (*Mean Absolute Value*) é um índice relacionado ao ponto de disparo da sequência do sinal EMG. Este valor é utilizado como base para outras características, como por exemplo, o IEMG e o RMS. MAV é um índice comumente utilizado quando se trata do controle protético de membros [5]. Esta característica é calculada com base na equação (1).

$$MAV = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_i| \quad (1)$$

Em que MAV é o resultante da característica, N é a quantidade de amostras do segmento e X<sub>i</sub> é a i-ésima amostra do segmento X. A Figura 2 apresenta a lógica em blocos do MAV no LabVIEW™, onde tem-se como

entrada o sinal EMG e como saída o valor da característica.

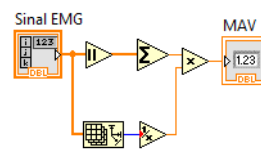


Figura 2: Estrutura interna do bloco de MAV implementado em LabVIEW™.

O ZC (*Zero Crossing*) é o número de vezes em que os valores de amplitude do sinal EMG cruzam o nível de amplitude zero [5]. Ele é um índice de fácil interpretação, pois seu resultado final encontra-se na forma de um número inteiro. É importante destacar que para a análise do cruzamento, é necessário utilizar um limiar (*threshold*), definido pelo usuário. O cálculo do ZC é apresentado na equação (2)

$$ZC = \sum_{i=1}^{N-1} [\text{sgn}(X_i \times X_{i+1}) \cap |X_i - X_{i+1}| \geq \text{threshold}] \quad (2)$$

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & x \geq \text{threshold} \\ 0 & \end{cases}$$

em que ZC é o resultante da característica, N é a quantidade total de amostras do segmento, X<sub>i</sub> é o i-ésima amostra do segmento do sinal, *threshold* é o valor do limiar e sgn() é a função sinal. A Figura 3 mostra a implementação do ZC no LabVIEW™. Como entradas no programa têm-se o sinal de EMG e o limiar (*threshold*) e como saída tem-se o valor de ZC.

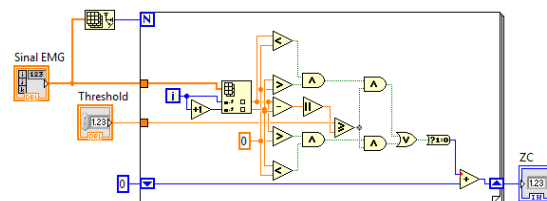


Figura 3: Estrutura interna do bloco de ZC em LabVIEW™.

Para as características utilizadas no domínio da frequência, é necessário transformar o sinal no domínio do tempo para o da frequência. Neste trabalho, foi utilizada a Transformada Rápida de Fourier (FFT) para obterem-se os valores de magnitude no domínio da frequência. Para uma frequência de amostragem de 2 kHz, utilizou-se uma taxa de 1 kHz (baseando-se no critério de Nyquist) com resolução de 0,5 Hz..

Desta forma, a MNF (*Mean Frequency*) é calculada utilizando o valor do espectro de força do sinal EMG, em conjunto com a sua frequência correspondente [5]. A implementação da MNF ocorre pelo emprego da equação (3)

$$MNF = \frac{\sum_{j=1}^M f_j P_j}{\sum_{j=1}^M P_j} \quad (3)$$

em que MNF é a característica extraída, P<sub>j</sub> é a j-ésima densidade de frequência após a transformada do sinal, f<sub>j</sub>

é a  $j$ -ésima frequência do sinal e  $M$  é o comprimento total do espectro de frequência da transformada.

A Figura 4 mostra a implementação da MNF em LabVIEW™. Como entrada neste programa, tem-se a magnitude do sinal no domínio da frequência, ou seja, o valor obtido de magnitude depois que a transformada rápida de Fourier foi realizada. Como saída do programa, tem-se o valor de MNF.

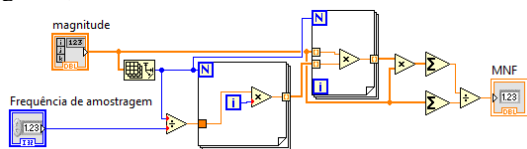


Figura 4: Estrutura interna do bloco de MNF em LabVIEW™.

O  $SM_1$  (*First Spectral Moment*) é um método de análise estatística para extrair recursos sobre o espectro de potência do sinal EMG. Assim como os demais momentos espectrais, é uma forma alternativa de extração de recursos do espectro de potência do sinal EMG [5]. A extração dessa característica é baseada na equação (4)

$$SM_1 = \sum_{j=1}^M P_j f_j \quad (4)$$

em que  $SM_1$  é a característica a ser extraída,  $P_j$  é a  $j$ -ésima densidade de frequência após a transformada do sinal,  $f_j$  é a  $j$ -ésima frequência do sinal e  $M$  é o comprimento total do espectro de frequência da transformada. A Figura 5 apresenta a implementação da  $SM_1$  no LabVIEW™.

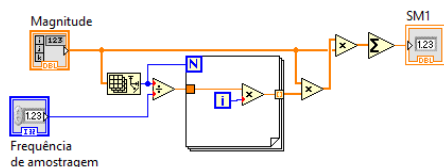


Figura 5: Estrutura interna do bloco de  $SM_1$  em LabVIEW™.

**Sistema de aquisição de dados** – Para avaliação das características, utilizou-se o dispositivo e o protocolo realizado em [10]. A aquisição dos dados foi realizada utilizando um sistema *armband*, contendo oito canais para a captura dos dados. Este sistema possui um filtro passa-baixa de 2ª ordem de 500 Hz (implementado em *hardware*); um filtro passa-alta digital de 10 Hz, taxa de amostragem de 2 kHz e resolução A/D de 16 bits. Além disso, um giroscópio foi alocado na região do punho para a identificação do tipo do movimento e o instante de tempo em que o mesmo se iniciou para a segmentação dos dados. Foram coletados os dados a partir da ativação do giroscópio, totalizando 300 ms para cada amostra. A Figura 6 apresenta como o sistema é alocado no braço do indivíduo.

**Metodologia para aquisição e processamento dos dados** – De forma simplificada, o *software* em LabVIEW™ condiciona os sinais do giroscópio e da *armband*, detecta o movimento pelo giroscópio,

segmenta os sinais de EMG em um período de 300 ms e extrai as suas características. Uma vez aprovados os circuitos de aquisição pelo Comitê de Ética em Pesquisas envolvendo Seres Humanos da UTFPR (CAAE 30162814.5.0000.5547), utilizou-se o mesmo protocolo desenvolvido em [10]. Resumidamente, pediu-se para os indivíduos, partindo da posição de repouso, flexionassem o antebraço ativando o bíceps e estendessem o antebraço ativando o tríceps, sendo cada movimento com duração de 3 segundos.

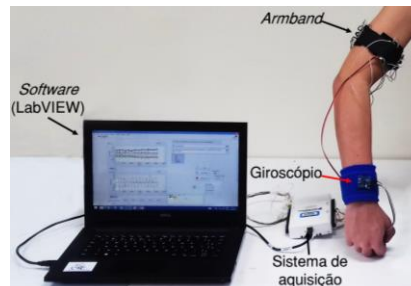


Figura 6: Sistema *armband* alocado no braço.

Os pesquisadores foram submetidos ao protocolo e foram extraídas 50 amostras por canal (25 de flexão e 25 de extensão) dos sinais referentes ao canal do bíceps ( $CH_1$ ) e do tríceps ( $CH_2$ ). Os sinais, depois de condicionados, tiveram as quatro características citadas extraídas.

## Resultados

Implementadas as rotinas no LabVIEW™, as características dos sinais extraídos são exibidas na Figura 7. Nela, estão apresentados os valores das características dos sinais captados do bíceps ( $CH_1$ ) e do tríceps ( $CH_2$ ) para os movimentos de flexão e de extensão.

Em cada característica, percebe-se nitidamente uma separação envolvendo os sinais para os movimentos de flexão e extensão. Mesmo havendo alguns sinais pertencentes ao outro tipo de movimento, ainda assim há uma separação gráfica correlata.

## Discussão

Os resultados obtidos demonstram que o sistema com a classificação de características permite uma análise mais completa das informações do sinal EMG, do que se fosse utilizado apenas o sinal original.

Além disso, o sistema de extração traz mais facilidade em montar rotinas, tarefas de classificação e reconhecimento de padrões pela diminuição de dimensões e entradas para estes tipos de sistemas.

Com o sistema em LabVIEW™, flexibiliza-se o desenvolvimento destas aplicações, pois a linguagem de programação do mesmo se dá de maneira gráfica, facilitando a elaboração de programas. Assim, não apenas o LabVIEW™, mas a instrumentação virtual como um todo, é um recurso que agiliza o desenvolvimento de aplicações, visto que também não há a dificuldade de manusear componentes e sistemas fisicamente.

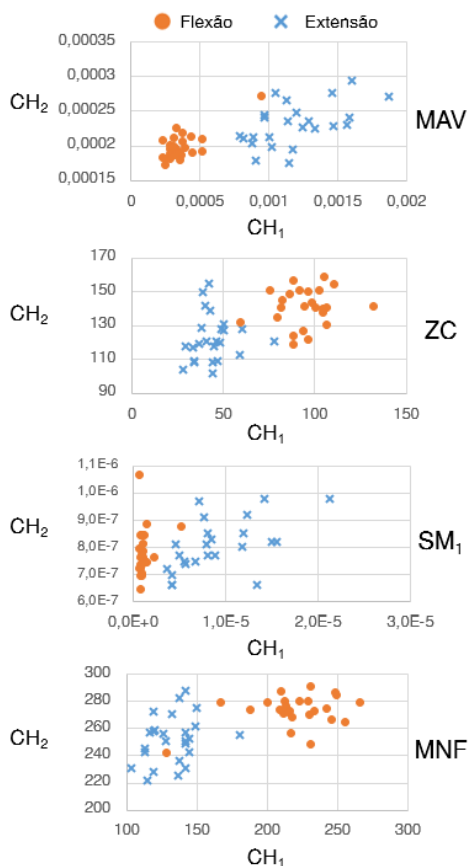


Figura 7: Características extraídas (MAV, ZC, SM<sub>1</sub> e MNF) dos músculos do bíceps (CH<sub>1</sub>) e tríceps (CH<sub>2</sub>) para os movimentos de flexão e de extensão.

Sobre os resultados obtidos com as características, se as mesmas forem usadas para alimentar um sistema classificador de movimentos (como de flexão e extensão), pode haver situações com falsos positivos e negativos. Analisando os gráficos, nota-se que há alguns poucos pontos que não pertencem a uma região de concentração/tendência. Para classificações de forma eficaz, a sobreposição dos gráficos de diferentes características pode vir a melhorar o resultado de um processo de correlação de dados e movimentos.

### Conclusão

O presente trabalho apresentou um sistema que realiza a extração de características do sinal EMG, com base em implementação no LabVIEW™. Com este sistema, é possível realizar a integração deste com outros sistemas de análise do sinal EMG em diversas situações. Desta forma, o trabalho apresentado torna-se algo flexível para realizar diversas análises estatísticas.

Percebeu-se, também, que com a utilização deste sistema agilizou-se o processo de extração de características, visto que a inserção de um programa em outro torna possível a aquisição, processamento e extração de características em um único programa no LabVIEW™.

Por fim, tem-se como meta para trabalhos futuros a implementação de mais características do sinal EMG, para que se possa utilizá-las em diversos outros sistemas

de análise. Assim, propõe-se também a utilização de recursos como *wavelets*, características cepstrais e características autorregressivas.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelos fundos financeiros para a realização deste trabalho.

### Referências

- [1] Jamal MZ. Signal Acquisition Using Surface EMG and Circuit Design Considerations for Robotic Prosthesis. In: NAIK, G. R. (Ed.). *Computational Intelligence in Electromyography Analysis - A Perspective on Current Applications and Future Challenges*. [s.l.] InTech, 2012. DOI: 10.5772/52556.
- [2] Raez MBI, Hussain MS, Mohd-Yasin F. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological Procedures Online* [internet], 2006 Mar; 2, 11-35. DOI: 10.1251/bpo115.
- [3] Oskoei MA, Hu, H. Myoelectric control systems – A survey. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2007, 2(4), 275–294. DOI: 10.1016/j.bspc.2007.07.009.
- [4] Nazmi, N, Rahman MAA, Yamamoto SI, Ahmad SA, Zamzuri H, Mazlan SA. A Review of Classification Techniques of EMG Signals during Isotonic and Isometric Contractions, 2016, 16(8). DOI: 10.3390/s16081304.
- [5] Phinyomark A, Phukpattaranont P, Limsakul C. Feature reduction and selection for EMG signal classification. *Expert Systems with Applications*, 2012 Jun, 39(8), 7420-7431. DOI: 10.1016/j.eswa.2012.01.102.
- [6] La Banca MMR, Mendes Junior JJA, Pires MB, Stevan Jr, SLA. Captura e Processamento de Sinais Biomédicos Utilizando o LabVIEW. *Brazilian Journal of Instrumentation and Control*, 2016, 4(2), 1-9. DOI: 10.3895/bjic.v4n2.5082.
- [7] Shrofe EHD, Manimegalai P. Hand Gesture Recognition Based on EMG Signals Using ANN. *International Journal of Computer Application*, 2013 Ap, 3(2), 31-39. ISSN 2250-1797.
- [8] Pradeep C, Shalu GK. Control of Stepper Motor Using Surface EMG Signals. *International Journal of Advanced Research in Electrical Electronics and Instrumentation Engineering*. 2015 Oct, 4(10), 8326-8333. DOI: 10.15662/IJAREEIE.2015.0410038.
- [9] Englehart K. A Robust, Real-Time Control Scheme for Multifunction Myoelectric Control. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2003 Jul, 50(7), 848-854. DOI: 10.1109/TBME.2003.813539
- [10] Mendes Junior JJA, Pires MB, Vieira MEM, Okida S, Stevan Jr SL. Desenvolvimento de armband com fusão de sEMG e giroscópio para identificação de grupos musculares do braço. In: *Anais do XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica*, Foz do Iguaçu, Out 2016. pp. 528-531.