

# Desenvolvimento de plataforma para estudos de EMG

## RESUMO

Nas últimas décadas, crescentes inovações envolvendo a aquisição e análise de sinais biológicos foram feitas. A eletromiografia se apresenta como uma ramificação no estudo dos biosinais, sendo que esta é focalizada aos potenciais elétricos gerados pelas fibras musculares. Essas pesquisas possibilitaram algumas aplicações, a saber, no desenvolvimento de próteses biomecânicas, acionamentos eletromecânicos, para fins robóticos e na esfera da fisiologia humana. O presente trabalho concerne na investigação dos problemas de medição apresentados por aparelhos de eletromiografia, desenvolvendo, por meio de métodos experimentais, um circuito de condicionamento incluindo blocos de componentes capazes de processar sinais EMG captados de forma não invasiva e adaptação para dispositivos de microcontroladores, sobre o qual procura-se reduzir as influências para melhorar o desempenho na aquisição dos sinais, leitura e interpretação. Adicionalmente, notou-se que a plataforma proposta apresentou resultado satisfatório na captura destes sinais, exibindo um sinal de saída com uma frequência de amostragem coerente com a de um sinal EMG, ficando em evidência o acréscimo desta tecnologia para a comunidade científica.

Palavras-chave: Biosinais, Eletromiografia, Potenciais elétricos, Circuito de condicionamento, Interferências.

## ABSTRACT

In the last decades, growing innovations involving the acquisition and analysis of biological signals have been made. Electromyography is a recent branch in the study of biosignals, and this branch focuses on the electrical potentials generated by muscle fibers. These researches have made possible some applications, namely in the development of biomechanical prostheses, electromechanical drives, for robotic purposes and in the sphere of human physiology. The present paper concerns the investigation of the measurement problems presented by electromyographic devices, developing, through experimental methods, a conditioning circuit including blocks of components capable of processing signals EMG captured non-invasively and adaptation to microcontroller devices, which aims to reduce influences to improve performance in signal acquisition, reading and interpretation. Additionally, it was noted that the proposed platform presented satisfactory results in the acquisition of these signals, displaying an output signal with a sampling frequency in conformity with an EMG signal, highlighting the addition of this technology to scientific community.

Keywords: Biosignals, Electromyography, Electrical potentials, Conditioning circuit, Interferences.

## 1. Introdução

A eletromiografia é a aquisição, tratamento, registro e interpretação dos sinais extraídos dos potenciais elétricos da ação muscular, que envolve fatores físicos, tais como contração, relaxamento, e esforço muscular, tornando-se uma importante ferramenta para auxiliar na reabilitação muscular e análises fisiológicas (SOUZA, 2015). Embora haja muitas aplicações envolvendo os sinais eletromiográficos, os mesmos não são facilmente identificáveis, e requerem procedimentos de processamento, devido as interferências que envolvem as medições. Para que o sinal emitido pelo músculo seja analisado completamente é necessário um circuito de aquisição adequado e mecanismos que reduzam a influência de fatores externos.

Observando atividades realizadas pelos alunos da pós-graduação em fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN-FACISA/ Campus Santa Cruz) com pacientes que sofreram Acidente Vascular Cerebral (AVC), através da aquisição e leitura de sinais biológicos, no caso sinais providos de um eletromiograma, notou-se dificuldades de medição e aquisição dos sinais. Os problemas interrompem a exatidão do sinal e as atividades fisioterapêuticas envolvendo o uso desse aparelho. Nessa perspectiva, o projeto surge a partir de uma pesquisa já vigente, possuindo natureza *ex-post-facto*. Um fator contribuinte para o desenvolvimento do projeto foi a percepção de que a área da eletromiografia continua em progressão com o avanço da tecnologia voltada a métodos de reabilitação. Com este conhecimento, o Laboratório de Fisiologia e Motricidade Humana da UFRN contará com mais uma forma de se estudar sinais biológicos, e também abre a possibilidade de interfaceamento com estudos biomecânicos.

Apesar do avanço tecnológico nas áreas da engenharia biomédica e da fisiologia, a produção de um dispositivo EMG em âmbito nacional é pequena do ponto de vista industrial, pois no geral, há somente importação de módulos capazes de amplificar e filtrar o sinal EMG. Por se tratar de um mercado específico com elevados gastos de desenvolvimento, certificação do produto e que gera constantes descobertas, os aparelhos de eletromiografia apresentam altos preços que torna o produto restrito e pouco acessível (BECHELI, 2017). Na tabela 1 é possível ver a relação de preços dos produtos oferecidos no mercado em comparação ao EMG que será desenvolvido. Outro fator é a difícil manutenção do aparelho, que necessita de pessoas qualificadas para realizá-la, dificultando a acessibilidade quanto ao reparo ou correção do eletromiógrafo.

O projeto consiste no desenvolvimento de uma plataforma, através de métodos experimentais, que estuda os potenciais elétricos musculares, utilizando técnicas de amplificação e filtragem, e componentes capazes de processar sinais, minimizando as interferências e ruídos influenciadores. Assim, a pesquisa é organizada de forma que analisa como o sinal de eletromiografia é adquirido, o tratamento envolvido em sua análise, o circuito de condicionamento necessário para permitir a aquisição correta do sinal e, por fim, os resultados dos experimentos.

**Tabela 1: Comparação dos preços dos dispositivos EMG disponíveis no mercado.**

| <b>Empresas</b>           | <b>Características</b>           | <b>Preço (R\$)</b> |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------|
| Motion Lab Systems        | 8 canais/ com goniômetro         | 71.044,93          |
| NORAXON                   | 12 canais/ com giroscópio        | 66.820,06          |
| DELSYS                    | 8 canais/ com giroscópio         | 40.469,46          |
| Bortec Biomedical Ltd     | 8 canais/ sem giroscópio         | 38.435,97          |
| EMG System do Brasil      | 8 canais/ sem giroscópio         | 23.990,00          |
| <b>Protótipo proposto</b> | <b>12 canais/ com giroscópio</b> | <b>300,00</b>      |

Fonte: Própria.

### 1.1 Objetivos geral e específicos

Objetivo geral:

- Desenvolver uma plataforma para o estudo dos sinais eletromiográficos com um custo mais acessível, que reduzam a influência das interferências causadoras de problemas de medição apresentados por alguns aparelhos EMG disponíveis no mercado.

Objetivos específicos:

- Investigar os problemas de medição apresentados pelos dispositivos EMG;
- Implementar mecanismos que minimizem as interferências contidas nos sinais eletromiográficos;
- Validar com experimentos a eficácia do aparelho EMG desenvolvido.

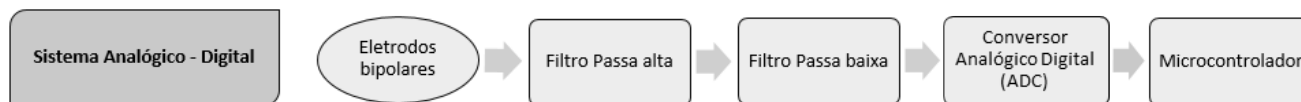
## 2. Metodologia

O estudo será desenvolvido explorando uma área recente da biomecânica. No primeiro momento, a pesquisa preocupa-se em investigar os elementos que determinam ou contribuem para a ocorrência das interferências nos aparelhos EMG, abarcando o método bibliográfico por meio de artigos e livros sobre eletromiografia e fisiologia muscular do corpo humano, selecionados nas bases de dados PubMed, Periódicos Capes, SciELO e ScienceDirect.

A posteriori, o projeto englobará uma pesquisa aplicada e o método experimental, no qual busca-se o desenvolvimento do sistema de condicionamento dos sinais eletromiográficos através de experimentos. Tal procedimento metodológico envolve a elaboração da placa de circuito impresso, idealizada no software de automação de design eletrônico (Eagle, versão 9.1.0) contendo mecanismos de amplificação e filtragem dos sinais eletromiográfico. As etapas do sistema de aquisição e condicionamento do sinal estão descritas na Figura 1.

Durante o processo investigatório, surgiram problemas de conflitos diante de expectativas e teorias já existentes. Assim, o estudo tem caráter hipotético dedutivo, propondo soluções que sejam possíveis de serem testadas, com ênfase na observação e no método explicativo, revelando o motivo dos fatores através dos resultados oferecidos, determinando causas e efeitos.

A validação da placa é feita a partir de testes, inserindo um eletrodo de superfície em um músculo de um indivíduo. O sinal analógico é captado e convertido em digital para análise das variáveis, feita por meio do software computacional Scilab que gera os gráficos a partir dos valores adquiridos. Abordando o problema pelo método quantitativo, as interpretações dos dados coletados serão analisadas com suporte teórico, delineando-se nos parâmetros já vigentes sobre a eletromiografia. Toda essa pesquisa será realizada no Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Campus Santa Cruz em parceria com alunos da pós-graduação em fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Campus Santa Cruz.

**Figura 1 - Diagrama do sistema proposto.**

Fonte: Própria.

## 3. Resultados e Discussões

Testes foram realizados com o protótipo, como mostrado na Figura 2, a fim de averiguar a funcionalidade dos efeitos da pré-amplificação e filtragem dos sinais. Depois de concluída a etapa de projeto da filtragem analógica, utilizou-se o conversor Analógico Digital do microcontrolador Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3, que converte o sinal de saída em valores binários (digitais).

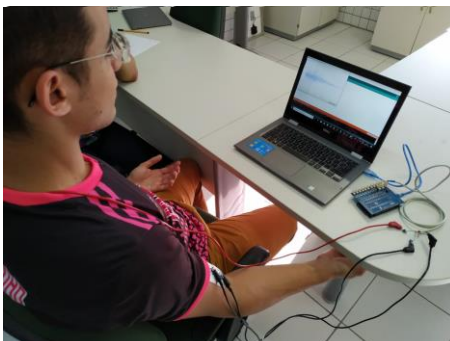
A partir da conversão AD (analógica-digital) é possível coletar os valores amostrados para a construção do gráfico, através do software de cálculo numérico Scilab, averiguando o funcionamento dos filtros projetados e sendo possível obter o espectro do sinal após processamento. Com o efeito do condicionamento do circuito idealizado foi possível recuperar os pequenos potenciais dos músculos e amplificá-los, de acordo com a banda de interesse. Para o sistema captar os biosinais utilizaram-se eletrodos não invasivos. Testes foram realizados com um estudante como mostrado na Figura 3, posicionando os eletrodos bipolares no músculo do bíceps, e o eletrodo de referência na terceira vértebra da região cervical. Na figura 4, é possível visualizar o sinal EMG do músculo referido durante contrações sucessivas, partindo do repouso do músculo.

**Figura 2: Protótipo da plataforma.**



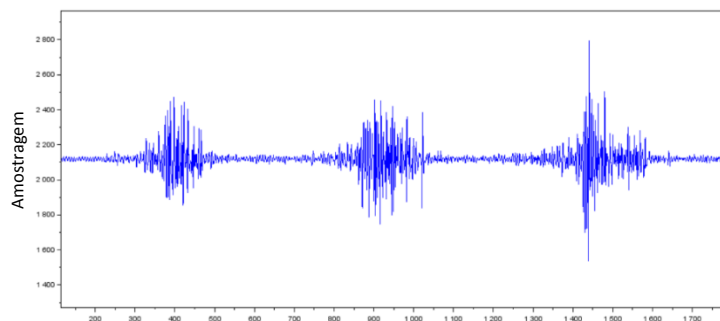
Fonte: Própria.

**Figura 3: Testes com o protótipo.**



Fonte: Própria

**Figura 4: Sinal do músculo bíceps.**

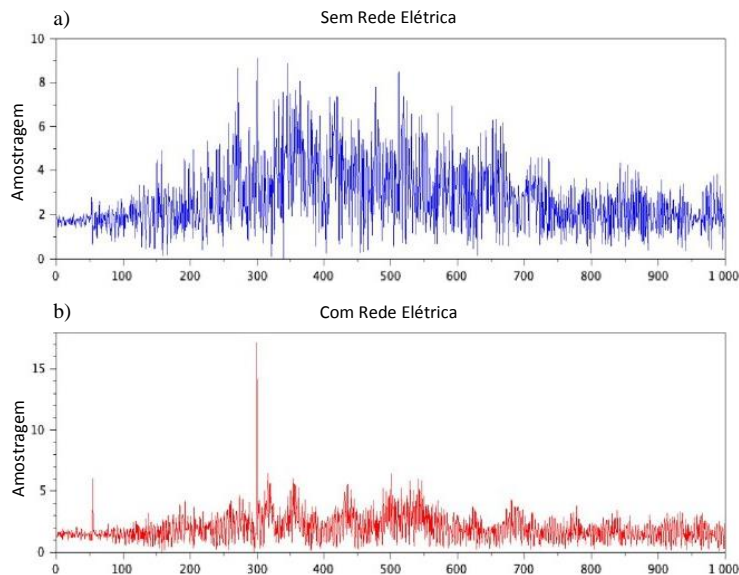


Fonte: Própria.

Adicionalmente, a partir dos coeficientes de amostragem do sinal, foi possível converter os valores em espectros de frequência. Foram realizados testes com o aparelho conectado diretamente com a rede elétrica. A posteriori, essa conexão direta foi retirada, buscando constatar a influência dos 60 Hz em um sistema com o filtro e sem a isolamento da rede. Na figura 5 é possível comparar os espectros de frequência de amostragem predominantes do músculo

bíceps durante a contração, com o protótipo submetido aos dois experimentos supracitados. É possível notar que a amplitude do sinal amostrado, na faixa de frequência próximo a 60 Hz e 300 Hz, é elevada. Tal efeito provém da interferência presente na rede elétrica, que altera a amplitude do espectro determinado e seus harmônicos, conforme é evidenciado no segundo gráfico da Figura 5 (BRONZINO, J. D, 2006).

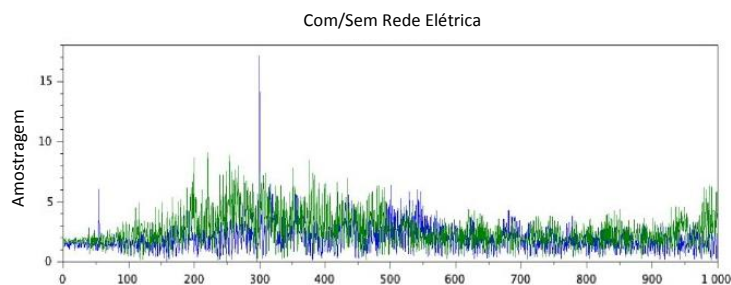
**Figura 5: a) Sinal EMG sem estar conectado à rede elétrica. b) Sinal EMG conectado à rede elétrica.**



Fonte: Própria.

Por meio dos experimentos foi constatado que o sistema atua de forma a corresponder às expectativas, atenuando as frequências que estão fora da banda de interesse, garantido a minimização de interferências do sinal, como a influência gerada pelos eletrodos e ruídos de baixa frequência. Outro fator importante é a limitação do sinal de entrada mediante à implementação do filtro passa baixa, limitando o efeito aliasing (BECHELI, 2017). A Figura 6 evidencia a minimização da interferência de 60 Hz mediante a retirada da conexão direta do protótipo com a rede elétrica. O sistema construído também conta com um eletrodo de referência não aterrado, sobre o qual o sinal EMG varia a partir de um referencial do próprio indivíduo, eliminando o aterramento (BRONZINO, J. D, 2006). A implementação de um sistema sem aterramento minimiza a probabilidade quanto a choques elétricos, garantindo a segurança do paciente e do aparelho.

**Figura 6: Em azul o sinal que o EMG apresenta quando conectado na rede elétrica e em verde o sinal que o EMG apresenta quando não está conectado à rede elétrica.**



Fonte: Própria.

#### 4. Considerações Finais

O presente trabalho possibilitou o conhecimento aprofundado em temas acerca das áreas de fisiologia humana e engenharia elétrica, averiguando o funcionamento empírico das investigações realizadas a respeito da problemática abordada na pesquisa. O aparelho mostrou comportamento adequado, provando seu funcionamento, dado que a proposta é o desenvolvimento de um sistema simples que realize a aquisição de dados para fins de pesquisa à comunidade acadêmica. A inclusão do acelerômetro no sistema permite o monitoramento dos movimentos, medindo a angulação e aceleração do músculo.

A sincronização dos movimentos musculares com o sinal adquirido, possibilita uma análise fisiológica mais precisa sobre as atividades dos músculos de determinada região corporal. A alimentação sem contato direto com a rede elétrica proporciona a minimização da interferência de 60 Hz, garantindo maior eficiência nesse espectro do sinal. Evidencia-se a utilização do sistema como uma ferramenta de aquisição de dados para diversos fins de pesquisa, como por exemplo o desenvolvimento de próteses biomecânicas artificiais e de equipamentos para a reabilitação pós AVC. Este trabalho inicial poderá ser desdobrado em análises futuras, com a implementação do microcontrolador ESP32, que incorpora a utilização de WiFi, Bluetooth e microprocessamento, além do conversor analógico – digital ADS124S08 de alta precisão, com resolução de 24 bit e inclusão de filtros digitais configuráveis que oferecem resultados de conversão de baixa latência e rejeição de 60Hz.

## Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Federal do Rio Grande do Norte Campus Santa Cruz (UFRN/FACISA), por nos convidar para realizar uma parceria na idealização da pesquisa integrando a área técnica com o ensino superior, contribuindo para a elaboração de novos estudos, promovendo o desenvolvimento científico da região. Além disso, gostaríamos de agradecer ao IFRN- Campus Santa Cruz por nos dar suporte infraestrutural, através dos excelentes profissionais, laboratórios, e do auxílio financeiro à pesquisa, permitindo, por consequência, a arrecadação do material necessário para a confecção do projeto.

## Referências

- BRONZINO, J. D. **Biomedical engineering fundamentals**. Handbook (3rd edition). Boca Raton, FL: CRC Press-Taylor & Francis Group. 2006.
- BECHELI, Marcelo Haddad. **Módulo de Eletromiografia**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Londrina, 2017.
- SOUZA, P. V. E. de. **Sistema de aquisição de sinais de EMG e ECG para a plataforma android**. Universidade Federal de Pernambuco, 2015.
- CALIXTO, Gustavo M. et al. **EMG Instrumentation for Educational Physiotherapy Research**. In: IEEE International Symposium on Consumer Electronics, São Paulo, 2016.
- SOUSA, Vagner Ribeiro de; SOUZA, Marco Aurélio da Silva e; ROMERO, Jesus Franklin Andrade. Circuito de Condicionamento de Sinais Eletromiográficos. In: 120 ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA – XII ENCITA, 2006, São José dos Campos, SP, Brasil. **Anais [...]**. São Paulo: [s. n.], 2006.
- ROSA, Igor da Guia. **Deteção automática de contração muscular utilizando a eletromiografia de superfície**. 2005. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- FORTI, Fabiana. **Análise do sinal eletromiográfico em diferentes posicionamentos, tipos de eletrodos, ângulos articulares e intensidade de contração**. 2005. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) - Universidade Metodista de Piracicaba, 2005.
- CORREA, Cleiton Silva; COSTA, Ricardo; PINTO, Ronei Silveira. **Utilização de diferentes técnicas para o controle do posicionamento dos eletrodos de superfície na coleta do sinal eletromiográfico**. Rev. Acta Brasileira do Movimento Humano, Porto Alegre, n. 2, p. 5-13, abr. 2012.
- JUNIOR, E. Agostini et al. Circuit Design of Amplification and Filtration for Surface Electromyography Data Acquisition. **IEEE Latin America Transactions**, [S. l.], n. 10, p. 3193-3200, out. 2015.