



# ESTUDO DOS POTENCIAIS ELÉTRICOS E SUA APLICABILIDADE NA ÁREA DA SAÚDE

Palavras-Chave: BIOPOTENCIAIS, EXAMES NÃO INVASIVOS, ÁREA MÉDICA

**Autores(as):**

**ANA CLARA PADOVEZI – COTIL - UNICAMP**

**JOÃO VITOR RIBEIRO – COTIL - UNICAMP**

**NATALI DE CARLI ANDRADE – COTIL - UNICAMP**

**ALEXANDRE PEREIRA DA SILVA – FT - UNICAMP**

**LEONARDO CAMPIOTO DE SOUZA - FT - UNICAMP**

**Prof<sup>(a)</sup>. Dr<sup>(a)</sup>. LUCIANE RUIZ CARMONA FERREIRA - COTIL - UNICAMP**

**Prof. Dr. FRANCISCO JOSÉ ARNOLD - FT - UNICAMP**

---

## 1. INTRODUÇÃO:

No corpo humano há uma complexa rede de sinais elétricos que tem a sua origem a partir da atividade elétrica celular, devido a diferenças iônicas no interior da célula e no meio extracelular. Células do coração, cérebro, músculos e dos olhos apresentam atividade elétrica decorrentes de interações eletroquímicas, que são responsáveis pela transmissão de sinais nervosos.

A compreensão da atividade elétrica nas células ajuda a entender os sistemas biológicos. As variações dos potenciais elétricos nos neurônios e células musculares revelam importantes detalhes sobre a operação do sistema biológico em que estão contidos. A análise dos fenômenos elétricos em tecidos biológicos permite identificar as condições de operação dos sistemas. Esses fenômenos denominam-se biopotenciais.

O interior de uma célula contém uma solução proteica e seu revestimento é formado por uma membrana lipoproteica chamada de membrana plasmática. Essa membrana separa os meios interior e exterior da célula os quais apresentam diferentes concentrações iônicas e, com isso, potenciais elétricos distintos. A diferença de potenciais define o potencial de repouso da membrana (valor em torno de 70 mV). Essas concentrações são catódicas, isto é formada por íons positivos, e o meio interior da célula apresenta potencial negativo em relação ao exterior.

Variações rápidas do potencial de repouso são chamadas de potenciais de ação e são responsáveis pela transmissão dos sinais neurais. O desenvolvimento dessa transmissão ocorre em 3 fases: repouso, despolarização e repolarização. Na fase do repouso, o potencial se mantém em -70 mV.

Na despolarização, há uma rápida entrada de íons de Na<sup>+</sup> para o interior da célula, o que causa um abrupto aumento do potencial que chega entre 40 a 50 mV. Em seguida, na repolarização, os canais de entrada do Na<sup>+</sup> se fecham e os de K<sup>+</sup> se abrem, proporcionando a saída desses íons do interior da célula e reduzindo rapidamente o potencial até alcançar o potencial de repouso. Os processos de despolarização e repolarização completam-se em tempos da ordem de milissegundos (ms). Os potenciais de ação são gerados em pontos específicos da célula, mas se propagam por regiões adjacentes. O processo de propagação de biopotenciais ocorre tanto nas células nervosas (neurônios) quanto nas células musculares [1, 2].

Na medicina os biopotenciais são utilizados na realização de exames como o eletrocardiograma, o eletroencefalograma, o eletromiograma e o eletrooculograma, que auxiliam no diagnóstico de diversas doenças. Por ser a medida do biopotencial uma atividade complexa, faz-se necessária a observação de alguns critérios, considerando que para cada área e finalidade, haverá um material compatível, a fixação e disposição geométrica dos eletrodos, preparo da pele e bom isolamento elétrico. Tais cuidados geralmente são de responsabilidade dos profissionais da saúde, que compõem as equipes dos serviços de medicina diagnóstica [3,4,5].

Mediante tais considerações, conclui-se que o estudo dos biopotenciais é um tema interdisciplinar com inserções na física, engenharia, biologia e medicina. A visão segmentada de temas da física, como a eletricidade, e da biologia, como a fisiologia, abordados no ensino médio, frequentemente, não estabelece a conexão disciplinar tão desejada para despertar o interesse dos estudantes. Assim, neste trabalho foi proposto desenvolver um estudo que alie conceitos da física com a biologia, para estimular os alunos em campos que envolvam tanto a física médica como a engenharia biomédica.

## **2. METODOLOGIA:**

Além da teorização, mediante atividades em laboratório, foi construído, por meio de eletrodos e instrumentação eletrônica apropriada, dispositivo capaz de captar sinais provenientes do corpo humano, com o intuito de demonstrar a aplicabilidade de biopotenciais, simulando a realização de exames médicos não invasivos, como o sEMG facial (superficial), EMG no braço direito e EOG com o objetivo de analisar a movimentação vertical dos olhos.

Foram utilizados eletrodos descartáveis, com espuma de polietileno, coberto com adesivo acrílico hipoalergênico, gel condutivo adesivo, pino metálico de aço inox e contra pino de polímero ABS reforçado com fibra de vidro recoberto com tratamento de prata/cloreto de prata, que foram conectados em pontos do corpo para captar biopotenciais oriundos de contrações musculares. Os eletrodos foram conectados ao sensor AD8232 e este ligado a um microcontrolador. As informações coletadas pelo microcontrolador foram processadas por um software e os resultados traçados em forma de gráfico. A figura 1 apresenta o esquema utilizado.

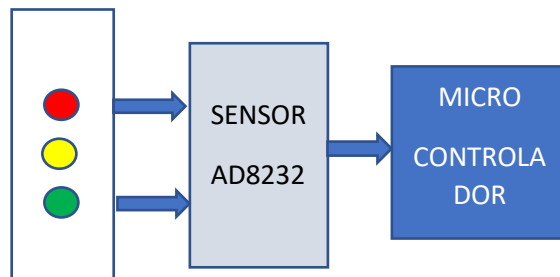


Figura 1. Diagrama em blocos do circuito de medidas



Figura 2: Posicionamento dos eletrodos com a indicação de cada eletrodo, sendo A) para aquisição de EMG e B) de EOG. (Fonte: [https://www.researchgate.net/publication/320237776\\_Desenvolvimento\\_de\\_um\\_circuito\\_para\\_aquisicao\\_de\\_EOG\\_e\\_de\\_EMG\\_facial](https://www.researchgate.net/publication/320237776_Desenvolvimento_de_um_circuito_para_aquisicao_de_EOG_e_de_EMG_facial))

### 3 e 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO COM BIOPOTENCIAIS

Os testes foram iniciados com o objetivo de capturar o movimento do músculo occipitofrontal, como pode ser observado na Figura 3, que apresenta o posicionamento dos eletrodos. A Figura 4 mostra o sinal obtido após a contração do músculo, ou seja, representa o somatório dos potenciais de ação responsáveis pelo movimento do referido músculo. Observa-se nas imagens (Fig. 4 e 5) que a onda (positiva ou negativa) tem origem no momento do estímulo do músculo, para contração ou relaxamento, havendo uma estabilização no sinal logo após.



Figura 3: Posicionamento dos eletrodos para captura do movimento do músculo occipitofrontal (sEMG), através dos eletrodos amarelo e vermelho (verde: eletrodo de referência).

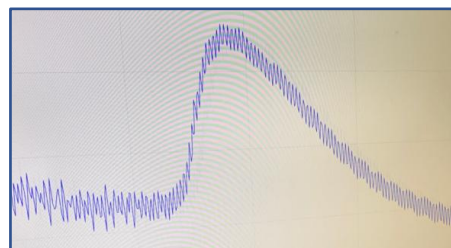


Figura 4: Músculo occipitofrontal contraído

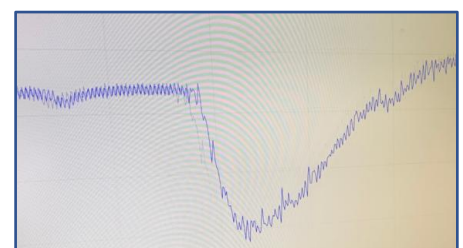


Figura 5: Músculo occipitofrontal relaxado

A seguir, os eletrodos foram posicionados para a aquisição do sinal de EOG, através da captura do movimento do músculo orbicular do olho, como pode ser observado na Figura 6. As figuras 7 e 8 apresentam o resultado da aquisição do sinal, em que se observa (Fig.7) um pico negativo e 1 pico positivo, que foram originados durante o movimento dos olhos para baixo e para cima, respectivamente. Já na Figura 8 é possível verificar uma sequência de picos de onda, produzidos durante o piscar rápido dos olhos.



Figura 6: Posicionamento dos eletrodos para captura do movimento do músculo orbicular do olho (EOG), através dos eletrodos amarelo e vermelho (verde: eletrodo de referência).

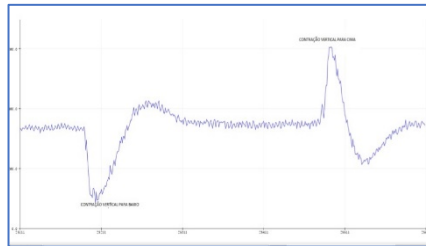


Figura 7: Olhar para cima e para baixo - EOG

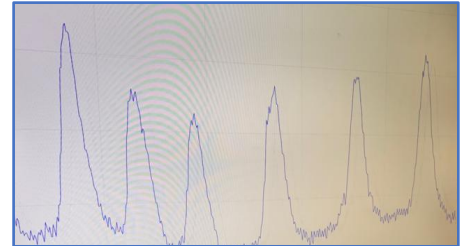


Figura 8: Piscar rápido dos olhos - EOG

O próximo passo foi o posicionamento dos eletrodos no antebraço direito, para a aquisição do sinal de EMG do músculo flexor longo do polegar (Figura 9). Após a colocação dos eletrodos, foi pedido para que fosse feita a flexão e extensão do dedo polegar, a fim de gerar potencial de ação no músculo e, conseqüentemente, captura do sinal, como pode ser observado na Figura 10.

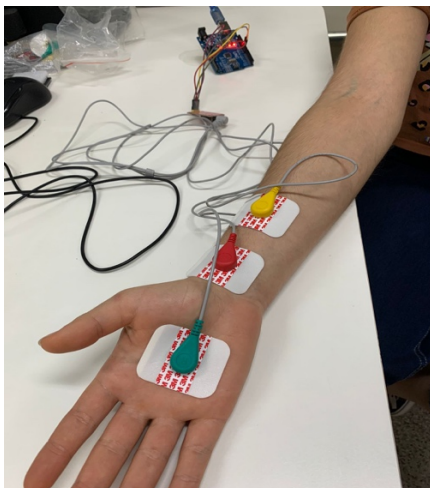


Figura 9: Posicionamento dos eletrodos para captura do movimento do músculo flexor longo do polegar (EMG), através dos eletrodos amarelo e vermelho (verde: eletrodo de referência).

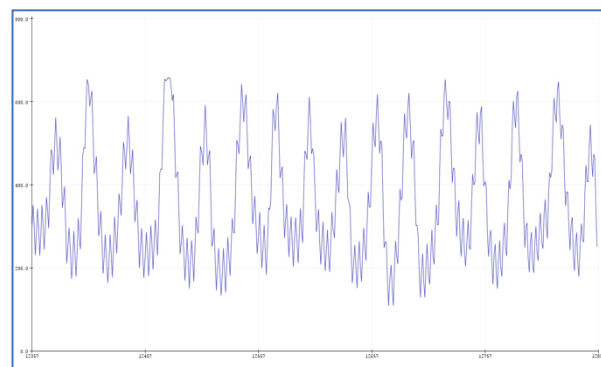


Figura 10: Movimento polegar direito (flexão e extensão) EMG

## 5. CONCLUSÕES

O trabalho teve como proposta a construção, por meio de eletrodos e instrumentação eletrônica apropriada, de um dispositivo capaz de captar sinais provenientes do corpo humano, com o intuito de demonstrar a aplicabilidade de biopotenciais, simulando a realização de exames médicos não invasivos, como o sEMG facial (superficial), EMG no braço direito e EOG. Durante o experimento foi constatado que o circuito desenvolvido se mostra eficaz na captura dos sinais a partir do movimento dos músculos selecionados, permitindo aos alunos envolvidos no estudo visualizar na prática, conteúdos anteriormente apenas teóricos.

O trabalho agrega conceitos qualitativos sobre aspectos da bioeletricidade por meio da demonstração do uso de sensores eletrônicos na captação da eletricidade. Dessa forma, alia-se conceitos de biologia, química e física com a instrumentação eletrônica.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] OKUNO, Emico, CALDAS, Iberê, CHOW, Cecil, **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**, Editora Harbra Ltda., São Paulo, (1986).
- [2] RATHKE, Juliano Elesbão. **Sistema de processamento de sinais biomédicos: módulos didáticos de ECG, EMG, EOG e conversão analógico-digital de biosinais**. Tese (mestrado em Engenharia Elétrica) - Repositório institucional da Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis; pg.176. 2008.
- [3] CARDOSO, Adriano Silva Vale. **Instrumentação e metodologias de medição de biopotenciais**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Repositório Institucional da Universidade Federal de Minas Gerais; p.141. 2012. Disponível em:<http://handle.net/1843/BUOS-BEAIKA>. Acesso em 15 de jul. 2023.
- [4] NEUMAN, Michael R. **Biopotential Electrodes**. in: BRONZINHO, Joseph D. The biomedical Engineering Handbook, Second Edition, 2000. (Boca Raton: CRC Press LLC).
- [5] HOLANDA, Juarez Alexandre O.; DINIZ, Igor Ramon F.; JUNIOR, Ernando Arrais. **Plataforma de Aquisição de Sinais Biomédicos Oculares**. Anais do Encontro de Computação do Oeste Potiguar ECOP/UFERSA 2017 ISSN 2526-7574 – Pau dos Ferros/RN, v. 1, p. 61-68, jun. 2017.