

## PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS DE ELETROOCULOGRAMA UTILIZANDO TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

WILLIAN DA SILVA NOLASCO<sup>1</sup>; ANDREI BORGES LA ROSA<sup>2</sup>; CARLA DINIZ  
LOPES BECKER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – nolascowillian@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – andreilarosa@hotmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – becker.diniz@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

O Censo realizado em 2010, divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2012, indica que a deficiência motora atinge 7% da população brasileira, e é a segunda deficiência que mais causa dificuldade de inserção no mercado de trabalho, deixando 41,3% dos homens e 27,1% das mulheres em idade ativa desempregados, ficando atrás apenas da deficiência mental ou intelectual.

O ex-ator Christopher Reeve, que ficou tetraplégico após um acidente equestre em 1995, deixou claro que o software controlado por voz que ele utilizava para o uso da internet, foi essencial para que ele tivesse uma melhor qualidade de vida diante suas novas limitações. Fornecendo-o mais independência e reduzindo o seu sentimento de isolamento.

As vantagens do método de captação de sinais com eletrooculograma (EOG) em relação a outras tecnologias como software controlado por voz ou por processamento digital de imagens é, não sofrer interferências sonoras, não necessitar da capacidade de fala do usuário e, além disso, possibilitar a realização da interpretação desse sinal em baixa luminosidade ou total escuridão.

O EOG é a captação de potenciais elétricos de pequena amplitude gerados entre retina e córnea do olho humano (MARTINS, 2005). No momento em que a luz atinge a retina ocorre a decomposição de substâncias químicas, originando a hiperpolarização da retina (GUYTON, HALL, 2006), formando um dipolo elétrico quando comparado com a córnea (MARTINS, 2005). Os sinais de EOG variam entre 50µV e 3,5mV, com as componentes de frequência entre 0,1Hz e 35Hz (MARTINS, 2005).

Uma das formas mais difundidas de captação de sinais bioelétricos é a utilização de eletrodos de superfície. De acordo com o fabricante de eletrodos *Medico Electrodes International*, os eletrodos de superfície servem como meio condutivo entre usuário e o equipamento eletrônico de captação. Devido à pequena amplitude dos sinais de EOG, utilizou-se o circuito de tratamento analógico de sinais bioelétricos desenvolvido recentemente (LA ROSA et al., 2015). Esse circuito é responsável por capacitar o sinal de EOG para que este possa ser digitalizado e processado digitalmente.

Valendo-se da característica diferencial de entrada do circuito de tratamento analógico de sinais, utilizaram-se cabos de duas vias revestidos para fazer a conexão entre eletrodo e hardware. Esse tipo de cabo é muito utilizado em casos que se deseja proteger a conexão de ruídos externos.

Para que o sinal de EOG possa realizar o controle de algum *software*, é necessário que este sinal seja digitalizado. Para que a digitalização de um sinal seja feita de forma confiável é necessário manter a taxa de amostragem do sinal suficientemente alta. De acordo com o critério de Nyquist a frequência de amostragem deve ser no mínimo duas vezes maior que a frequência do sinal analisado, no entanto, na prática, é aconselhável utilizar uma frequência ainda maior que duas vezes, com o intuito de eliminar erros por *aliasing* (LATHI, 2007). Com o sinal digitalizado em um computador pessoal (PC) é possível processar esse sinal digitalmente elaborando filtros de seleções de frequência, além disso, desenvolver uma interface gráfica buscando uma maior interatividade entre usuário e máquina.

## 2. METODOLOGIA

Pode-se observar na Figura 1 o esquema de funcionamento do projeto. Cada etapa do projeto será explicada detalhadamente ao longo do texto.

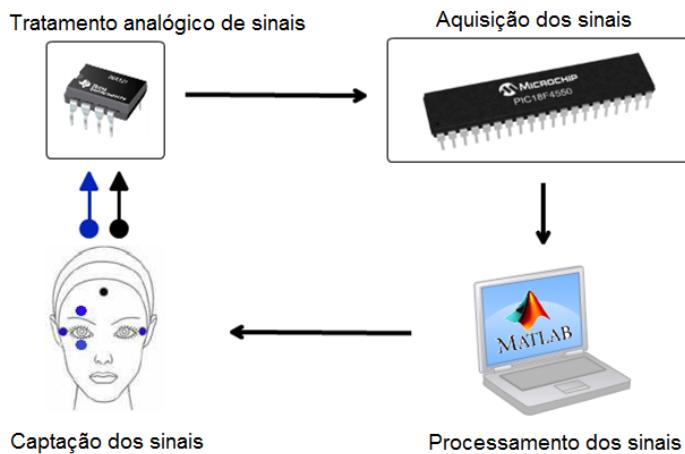


Figura 1 - Estrutura de funcionamento.

Os eletrodos de superfície utilizados nesse projeto para a captação dos sinais de eletrooculograma são eletrodos dedicados para captação de outro tipo de sinal bioelétrico, o eletrocardiograma. Foram utilizados estes eletrodos devido ao fato de serem mais acessíveis no mercado e apresentarem uma boa resposta para a captação de sinais oculares. Na Figura 1 pode-se observar o correto posicionamento dos eletrodos pelos pontos azul, sinais ativos, e ponto preto, referência para todos os sinais ativos (BAGGIO, 2003).

O módulo de aquisição dos sinais é constituído de filtros analógicos ativos que tem como função eliminar possíveis ruídos nos sinais captados e um microcontrolador PIC18F4550 responsável por converter os sinais captados a princípio, sinais analógicos no tempo para sinais discretos no tempo, utilizando seu conversor Analógico/Digital interno para posteriormente enviar os sinais discretos para o PC através do módulo USB do mesmo.

Para a etapa de processamento dos sinais, no computador, utilizou-se o software matemático *Matlab* onde foram escritos os algoritmos de comunicação USB com módulo de aquisição dos sinais, extração de características dos sinais através da transformada rápida de Fourier (FFT) e do classificador neural.

Após o sinal ser lido através da comunicação USB entre o módulo de aquisição de sinais e o computador, obtemos a descrição do sinal no domínio do

tempo. Na Figura 2 podem ser observados os sinais do usuário olhando para o centro, direita e esquerda, de cima para baixo respectivamente.

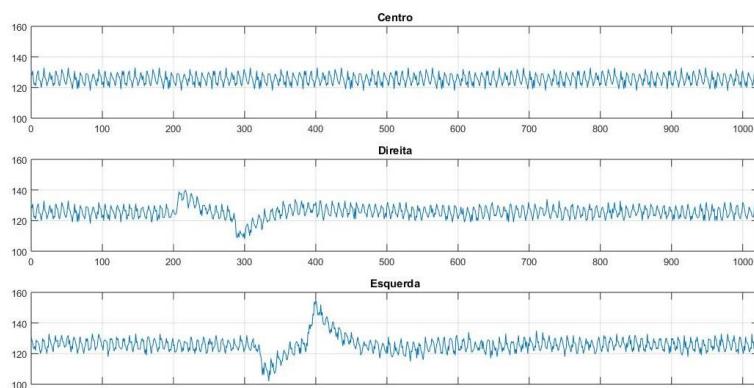


Figura 2 - Descrição dos sinais no domínio do tempo.

Com o sinal no domínio do tempo, aplica-se a transformada rápida de Fourier ao sinal afim de obter os coeficientes de frequência do mesmo. Os coeficientes de frequência relevantes para o EOG estão presentes entre a faixa 0,125 Hz e 6 Hz, com o intuito de diminuir o número de entradas do classificador neural foram calculadas a média e a energia do sinal.

O classificador neural é constituído por uma rede neural artificial com duas camadas, uma camada oculta e uma camada de saída. O algoritmo de aprendizado de máquina utilizado no projeto é o *backpropagation* com função de ativação tangente sigmoide.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a aprendizagem da rede neural artificial, foi gerado um banco de dados constituído de trinta sinais: dez com o usuário olhando para o centro, dez olhando para a direita e dez olhando para a esquerda. Posteriormente aplicou-se a FFT e calculou-se a energia e a média de cada um dos sinais como pode ser visto na Figura 3. Observando a Figura 3 nota-se que as amostras são linearmente separáveis o que possibilitou a utilização de uma rede neural artificial como técnica de classificação dos sinais.

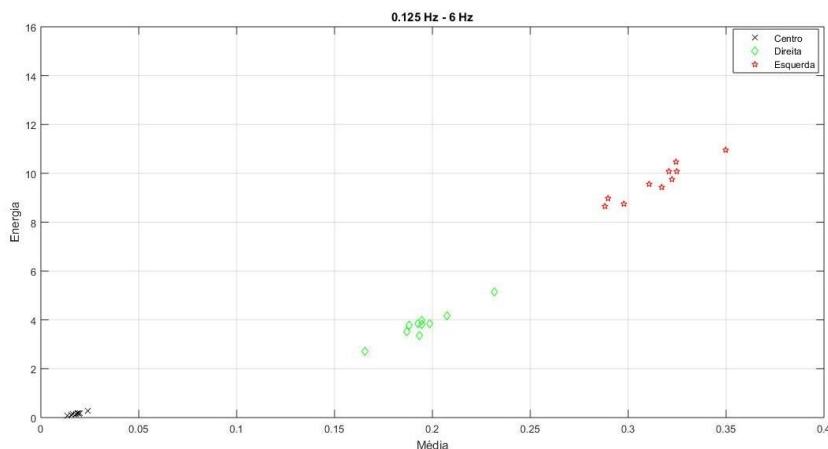


Figura 3 - Energia e média dos sinais.

Com as características extraídas dos sinais já compactadas em energia e média, aplicou-se as mesmas na entrada do classificador neural dando início ao treinamento da rede. Posteriormente com a rede já treinada aplicaram-se sinais

de entrada que não estavam presentes na fase de treinamento da rede e obteve-se cem por cento de acertos ao identificar se o usuário estava olhando para a esquerda, direita ou centro.

#### 4. CONCLUSÕES

O êxito alcançado nesse projeto possibilita que o sistema desenvolvido pode ser uma alternativa de comunicação para pessoas que possuem algum tipo de deficiência motora com dificuldades de locomoção e comunicação. Médicos poderão utilizar o sistema em conjunto com uma interface gráfica para se comunicar com pacientes com dificuldade de comunicação através de questionários, respondendo sim ou não com o movimento dos olhos. Possibilitar pessoas com os movimentos dos membros comprometidos, até mesmo com perda dos membros utilizarem um computador pessoal através de um rastreamento dos olhos, simulando o mouse do computador.

A utilização da transformada rápida de Fourier em conjunto com a rede neural artificial no projeto descarta a utilização de filtragem digital do sinal, resultando em um tempo de resposta mais rápido e a possibilidade de embarcar o sistema em um processador simples, o que reduz muito o custo do projeto.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAGGIO, R. E. R. **Dispositivo baseado em eletro-oculograma para auxílio de deficiente físico na utilização do computador**. 2003. Monografia (Graduação em engenharia da computação). Centro Universitário Positivo.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Elsevier Ltda, 2006.

HAYKIN S, **Neural Networks: A Comprehensive Foundation**. Prentice Hall. 1998.

IBGE, **Cartilha do Censo 2010**. 2012. Especiais. Acesso em: 8 out. 2015. Online. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

LA ROSA A. et al. Processamento analógico de sinais aplicado a EEG. In: **XXIV CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**. Pelotas. 2015. Editora da UFPEL, 2015.

LATHI, B. P. **Sinais e sistemas Lineares**. São Paulo: Bookman, 2007.

MARTINS, Vinicius Ruiz. **Desenvolvimento de uma placa de captura de sinais biológicos com interface com computador**. 2005. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Espírito Santo.

MICROCHIP. **PIC18F4550**. Microchip Technology, California, Estados Unidos da América, 2006. Especiais. Acessado em 28 Out. 2015. Online. Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>.