



INSTITUTO FEDERAL
GOIÁS

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E INOVAÇÃO

RELATÓRIO FINAL

“SISTEMA DE ANÁLISE DE SINAIS ELETROMIOGRÁFICOS MICROCONTROLADO”

NOME DO BOLSISTA: Kennya Resende Mendonça

NOME DO ORIENTADOR: Éderson Lacerda Fideles

DATA DE INGRESSO COMO BOLSISTA (MÊS/ANO): agosto/2011

NOME DO CURSO: Engenharia Elétrica

PERÍODO QUE ESTÁ CURSANDO: 9º período

É BOLSISTA DE RENOVAÇÃO: () SIM (x) NÃO

JATAÍ, JULHO DE 2012

Estrutura do relatório final

- 1 – Identificação do Projeto e Componentes;
- 2 – Introdução;
- 3 – Material e Métodos;
- 4 – Resultados;
- 5 – Conclusão;
- 6 – Perspectivas de continuidade ou desdobramento do trabalho;
- 7 – Publicações e participações em eventos técnico-científicos;
- 8 – Apoio e Agradecimentos;
- 9 – Referências Bibliográficas;
- 10 – Bibliografia.

1 – Identificação do Projeto e Componentes

Título do Projeto: Sistema de Análise de Sinais Eletromiográficos Microcontrolado

Bolsista: Kennya Resende Mendonça

Orientador: Éderson Lacerda Fideles

Local de execução: Jataí-GO

Vigência: agosto/2011 a julho/2012

2 – Introdução

A eletromiografia (EMG) é uma ferramenta importante na análise clínica da atividade elétrica presente no músculo. É utilizada principalmente na detecção de doenças neuromusculares e/ou miopatias e tem sido largamente utilizada no estudo do movimento humano, sendo aplicada nas mais diversas áreas de saúde humana, tais como fisioterapia, medicina esportiva, terapia ocupacional, fonoaudiologia, educação física e odontologia.

A eletromiografia é uma técnica que consiste no estudo e no registro da atividade elétrica presente no músculo, e no estudo da atividade da unidade motora. A unidade motora é a menor unidade que pode ser ativada por esforço voluntário, sendo constituída, basicamente, por um único motoneurônio, por suas junções neuromusculares e pelas fibras musculares ligadas a este motoneurônio.

A atividade elétrica do músculo refere-se à propagação de impulsos elétricos nas fibras musculares, excitadas pelos motoneurônios localizados na medula espinhal. Cada motoneurônio envia impulsos elétricos a um determinado grupo de fibras musculares, fazendo com que essas se despolarizem praticamente ao mesmo tempo. Essa despolarização produz uma atividade elétrica que se manifesta como um potencial de ação da unidade motora (MUAP) que é registrado e exibido graficamente como um sinal eletromiográfico (ECHTERNACH, 2010).

O sinal eletromiográfico (EMG) é o somatório algébrico de todos os sinais detectados em certa área, podendo ser afetado por propriedades musculares, anatômicas e fisiológicas, assim como pelo controle do sistema nervoso periférico e a instrumentação utilizada para a aquisição dos sinais (ENOKA, 2000).

Para a captação do sinal eletromiográfico são usados eletrodos, que são transdutores, ou seja, convertem uma forma de energia em outra. Os eletrodos de eletromiografia convertem o sinal bioelétrico, gerado pela despolarização das fibras musculares, em potencial elétrico capaz de ser processado por um amplificador.

O exame eletromiográfico é feito em diferentes músculos e estágios de contração. São feitas contrações voluntárias e contrações obtidas através de estímulos elétricos. Essas contrações podem ser fortes ou fracas. O músculo em repouso também é observado, sendo que um músculo normal relaxado exibe silêncio elétrico.

A análise e a classificação do sinal eletromiográfico são feitas através da decomposição do sinal EMG. Essa decomposição extrai os potenciais de ação da unidade motora (MUAPs) do sinal.

Em geral, os sistemas utilizados para a realização da detecção, análise e classificação do sinal eletromiográfico podem ser sistemas analógicos (sistemas tradicionais) ou digitais (sistemas modernos). Ambos necessitam da avaliação do profissional de saúde e exigem intervenção do operador.

Nos últimos anos, o uso da EMG vem crescendo e novas técnicas para sua análise estão sendo propostas. O propósito deste trabalho é apresentar um sistema microcontrolado de detecção, análise e classificação do sinal eletromiográfico. Os sistemas microcontrolados caracterizam-se por apresentar baixo custo, redução do espaço físico do sistema, alta confiabilidade, versatilidade, baixo consumo, eficiência e outras vantagens. Assim, o sistema proposto prevê um método automático para

que os sinais captados sejam comparados com padrões e apresentados imediatamente, em tempo real, ao médico, propiciando precisão, confiabilidade e eficiência ao exame.

Foi desenvolvido o Software de Análise e Classificação de Sinais Eletromiográficos (SAC_EMG), que, como o próprio nome sugere, realiza a análise e a classificação de um determinado sinal EMG. Esse software foi desenvolvido em linguagem MATLAB e possui uma interface gráfica de fácil navegação e que apresenta o sinal e os resultados da análise e da classificação do sinal captado.

3 - Material e Métodos

3.1 - Materiais:

- Software MATLAB
- Software GUIDE (MATLAB)
- Software Turbo C
- Microcontrolador MK53DX256CLQ10 com núcleo ARM CORTEX - M4, Freescale
- Kit de periféricos para microcontrolador MK53DX256CLQ10, Freescale
- Sinais Eletromiográficos já capturados e arquivados;

3.2 - Métodos:

Para a execução deste trabalho, primeiramente, foi realizado um levantamento bibliográfico acerca de trabalhos e dissertações realizados na área de análise de sinais eletromiográficos. Também foi feito um levantamento bibliográfico visando um embasamento teórico sobre os conceitos básicos sobre célula nervosa, potencial de ação e de unidade motora e sobre o exame clínico de eletromiografia, seus principais parâmetros analisados e sua relação com o diagnóstico de patologias do sistema neuromuscular.

Posteriormente, foi planejado o protótipo do trabalho, este que deve contemplar aquisição, análise, classificação e registro do sinal eletromiográfico. Em cada etapa foram definidos os elementos responsáveis pela execução do projeto. Na etapa de aquisição, serão utilizados os eletrodos para a aquisição do sinal bioelétrico e o microcontrolador para o armazenamento e detecção das informações presentes no sinal. Na etapa de análise e classificação do sinal será utilizado um software com tela gráfica para a interação com o usuário.

Para a implementação do hardware, foi definido o microcontrolador a ser utilizado no protótipo, que é o MK53DX256CLQ10 com núcleo ARM CORTEX - M4 da Freescale, que é dedicado a soluções médicas. Este microcontrolador possui conversor A/D interno e amplificador de instrumentação interno.

Foi definida também a utilização de um kit de periféricos que contém o microcontrolador escolhido. Esse kit possui display LCD, saída de áudio, microfone, comunicação via infravermelho, conector USB, entre outros periféricos.

Para a implementação do software, foi definido que a programação do software de decomposição, análise e classificação do sinal eletromiográfico seja feita utilizando o software MATLAB®. Como referência para o algoritmo, foi utilizada a programação em linguagem C realizada pelo professor orientador em 1994, que contempla análise e classificação de sinais eletromiográficos.

Para os testes do algoritmo desenvolvido foram utilizados os sinais eletromiográficos que foram captados e armazenados durante o trabalho em que o professor orientador participou. Para a visualização dos algoritmos de referência foi utilizado o software Turbo C, ambiente que permite um desenvolvimento integrado e compilação de linguagem de programação C.

A interface gráfica do software foi desenvolvida utilizando o software MATLAB®, através do ambiente Guide. O Guide (Graphical user interface development environment, ou ambiente de criação de interfaces gráficas com o usuário) fornece um conjunto de ferramentas para a criação de GUIs (Interfaces Gráficas com o Usuário).

4 – Resultados

Este trabalho foi desenvolvido a partir da definição do protótipo do *Sistema de Análise de Sinais Eletromiográficos Microcontrolado* (Fig. 1).

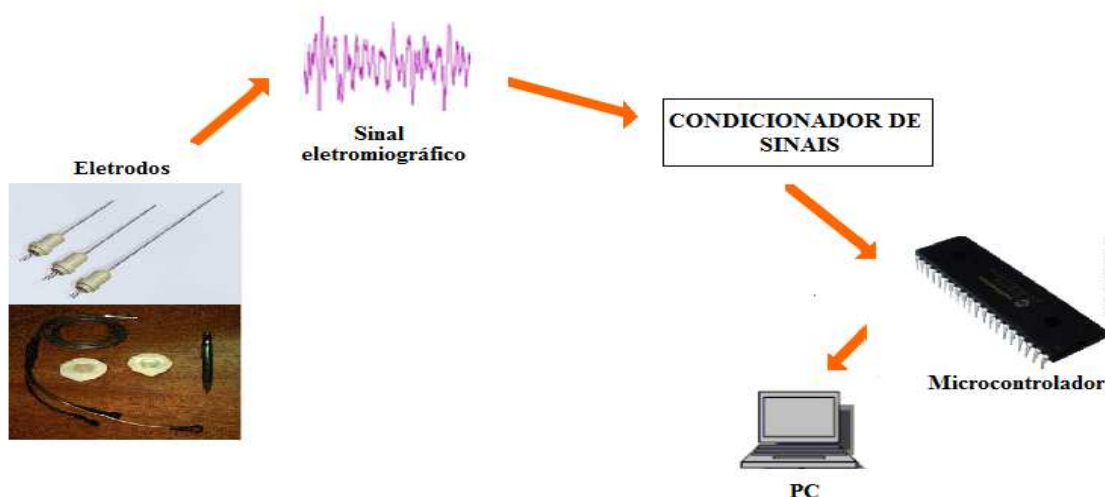


Figura 1 – Esquema do protótipo planejado.

Neste protótipo, o sinal eletromiográfico é obtido com uso de eletrodos de agulha ou de superfície. Esses eletrodos, que captam o sinal EMG em mV, são conectados a um condicionador de sinais, que amplifica o sinal e serve como filtro para a atenuação de ruídos. O condicionador de sinais é conectado ao microcontrolador, que faz a detecção e armazenamento das informações presentes nos sinais. Por fim, o microcontrolador é conectado através de comunicação USB a um PC, no qual um software fará a análise e a classificação dos sinais captados e apresentará os resultados ao operador, geralmente um médico, através de uma tela gráfica. A partir dos resultados, o médico emite o seu parecer/laudo ao indivíduo examinado.

A implementação do hardware do trabalho não pôde ser realizada, pois o microcontrolador e o kit de periféricos escolhidos, por impossibilidade de aquisição, não foram adquiridos a tempo do término do programa. Portanto, a programação do microcontrolador, o condicionamento dos sinais eletromiográficos e a aquisição do sinal físico não foram implementados, apesar de terem sido planejados e definidos.

O Software de Análise e Classificação de Sinais Eletromiográficos (SAC_EMG) foi desenvolvido em módulos, com a finalidade de facilitar a navegação do usuário.

O programa foi dividido em três módulos principais: exibição do sinal EMG, classificação dos MUAPs e relatório de resultados. Esses módulos podem ser acessados separadamente pela tela do menu principal do programa (Fig.2).

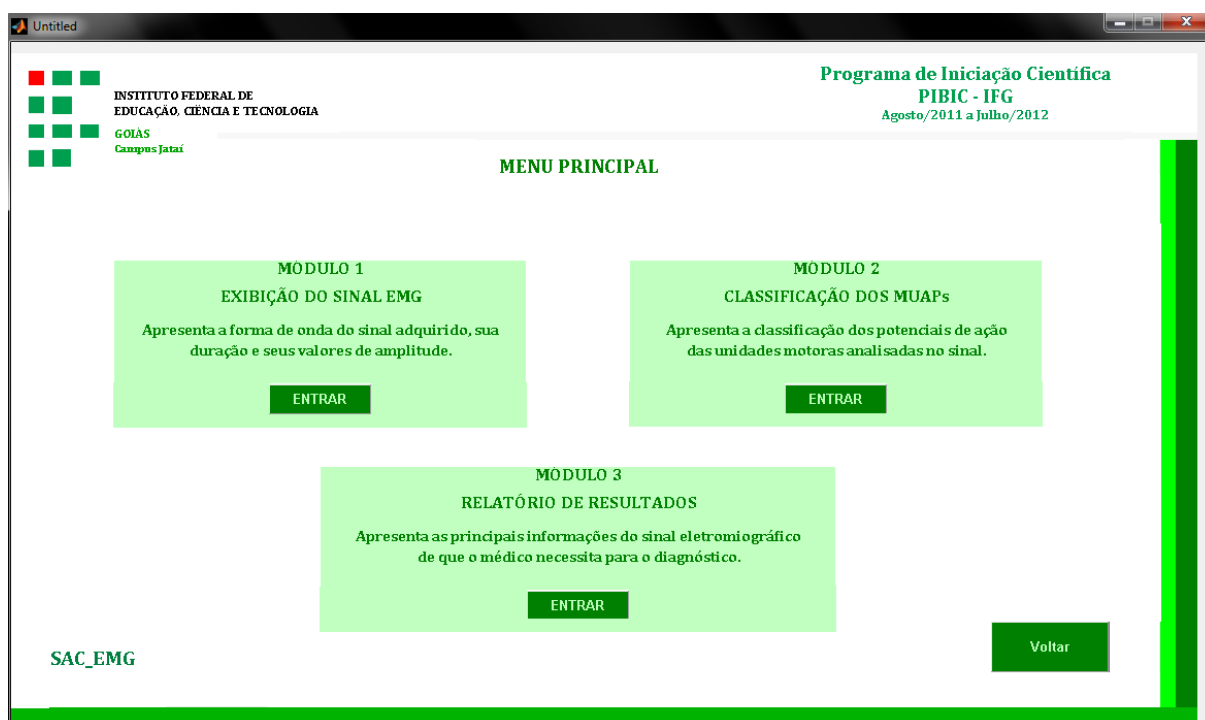


Figura 2 – Tela do Menu Principal do software desenvolvido (SAC_EMG).

O módulo de exibição do sinal EMG apresenta a forma de onda do sinal adquirido, sua duração e seus valores de amplitude. O módulo de classificação dos MUAPs apresenta a classificação dos potenciais de ação das unidades motoras analisadas no sinal. Por fim, o módulo de relatório de resultados apresenta as principais informações do sinal eletromiográfico de que o médico precisa para que o mesmo possa dar seu diagnóstico.

De acordo com o trabalho de Valter Fernandes Avelino (AVELINO, 1992), O processo de classificação pode ser feito, basicamente, utilizando duas técnicas: comparação com padrão e análise de agrupamentos.

A técnica de comparação com padrão consiste na escolha de um padrão de forma de onda para cada unidade motora e na subsequente comparação deste padrão com cada nova forma de onda detectada. A técnica de análise de agrupamento caracteriza-se pela escolha de um conjunto de parâmetros que represente adequadamente os sinais detectados. A partir desses parâmetros utiliza-se alguma medida de distância no espaço multidimensional de parâmetros de forma a identificar agrupamentos que correspondam a potenciais de unidade motora gerados por unidades motoras específicas. (AVELINO, 1992).

No módulo 2 do SAC_EMG, a classificação dos MUAPs é feita seguindo a técnica de análise de agrupamentos. Essa escolha segue os mesmos critérios de escolha apresentados no trabalho de Valter (AVELINO, 1992), que são:

A seleção da técnica de classificação utilizada no presente trabalho foi baseada nos seguinte aspectos:

A – Não existe uma técnica de classificação automática claramente superior às outras, pois só são atingidos níveis de precisão elevados quando existe uma forte interação do processo de classificação com o operador. Sem a intervenção do operador (modo totalmente automático) a precisão obtida por qualquer uma das técnicas fica entre 70 e 80%.

B – Deseja-se um algoritmo eficiente (rápido) que possa ser utilizado na rotina clínica.

C – O algoritmo de classificação deve permitir uma interpretação intuitiva dos resultados, para facilitar o seu desenvolvimento.

Dentre as técnicas de classificação consideradas a comparação com padrão é a que, potencialmente, permite maior precisão, porém é um algoritmo pouco eficiente e que geralmente exige muito auxílio do operador, contrariando o critério B.

Assim, a técnica de classificação escolhida foi a análise de agrupamentos, sendo que optou-se por uma parametrização associada às características físicas da

forma de onda, visando permitir uma avaliação intuitiva dos resultados (critério C). A parametrização também é necessária para reduzir a dimensão do espaço de atributos, objetivando um aumento da eficiência do algoritmo de agrupamento.

5 - Conclusão

A construção do software de análise e classificação dos sinais EMG com a utilização do MATLAB se mostrou promissora, devido à grande versatilidade de programação que o MATLAB proporciona, além de se tratar de um software destinado à Engenharia.

Embora os objetivos de elaborar um software de análise e classificação de sinais EMG automático, que proporcione uma maior interação entre o usuário e a interface e que diminua a dependência da participação do operador para sua execução, tenham sido alcançados, algumas atividades propostas inicialmente não foram implementadas, a exemplo da comunicação do software ao hardware, este que faria a aquisição do sinal EMG. Isto se deve ao fato da não aquisição do microcontrolador e do kit de periféricos escolhidos a tempo do término do programa. Portanto, a programação do microcontrolador, o condicionamento dos sinais eletromiográficos e a aquisição do sinal físico não foram implementados, apesar de terem sido planejados e definidos. Entretanto, considera-se que estas falhas observadas durante a implementação do sistema possam ser tema de trabalhos futuros, no sentido de aprimorar o aspecto interdisciplinar, inserindo o tema “Microcontroladores” e “Engenharia Biomédica”, aos estudantes de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Goiás, Campus Jataí.

Com o software proposto, espera-se que a análise e a classificação de sinais EMG sejam apresentadas aos médicos de forma mais eficiente e confiável, diminuindo a participação dos mesmos nessas etapas e diminuindo também a possibilidade de erros nos resultados finais.

6 – Perspectivas de continuidade ou desdobramento do trabalho

Durante o período ao qual se refere esse relatório, algumas etapas não foram concluídas. A continuidade, a correção de falhas e a conclusão do sistema serão alvo do trabalho de conclusão de curso (TCC) da autora a ser apresentado no IFG Câmpus Jataí para a obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Em trabalhos futuros poderão ser analisados os sinais de contrações fortes dos músculos (padrões de interferências), ou ser adotado outra técnica de decomposição do sinal eletromiográfico.

7 – Publicações e participações em eventos técnico-científicos

Participação no 2º Seminário Local de Iniciação Científica, 26/03 de 2012, Jataí, GO.

8 – Apoio e Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do IFG por meio do programa institucional de bolsa de iniciação científica PIBIC/IFG no período de agosto de 2011 a julho de 2012, edital 08 – agosto/2011 – julho/2012.

9 – Referências Bibliográficas

AVELINO, V. F. **Sistema de detecção e classificação para eletromiografia clínica**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1992.

ECHTERNACH, J. L.; PORTNEY, L. G.; ROY, S. H. Eletromiografia e testes de velocidade de condução nervosa. In: O’SULLIVAN, S. B.; SCHMITZ, T. J. **Fisioterapia: avaliação e treinamento**. 5ª Ed. Barueri, SP: Manole, 2010, p. 295-342.

ENOKA, R. M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. São Paulo: Manole, 2000.

10 – Bibliografia

AVELINO, Valter Fernandes. **Sistema de detecção e classificação para eletromiografia clínica**. Escola Politécnica da M Universidade de São Paulo, 1992.

BERNARDES, W. M. S.; ANDRADE, I. C.; SANTOS, L. O.; ANDRADE, A. O. **Decomposição e análise de sinais eletromiográficos**. Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

DINIZ, P. S. R.; DA SILVA, E. A. B. e NETTO, S. L. **Processamento Digital de Sinais – Projeto e Análise de Sistemas**, Bookman, ISBN: 8536304189

EBERSTEIN, A. & GOODGOLD J. **Electrodiagnosis of Neuromuscular Diseases**. 3rd. edition. Williams and Wilkins, 1983.

ENOKA, Roger. **Bases neuromecanicas da cinesiologia**. 2.ed. São Paulo: Manole, 2000.

FUGLSANG-FREDERIKSEN, A. **Electrical activity and force during voluntary contraction of normal and diseased muscle**. Acta Neurologica Scandinavica, Supplementum 83. Volume 63, 1981.

HAYES, M. H. **Processamento Digital de Sinais – Coleção Schaum**, Artmed, ISBN: 8560031065

LASKOSKI, G. T. **Sistema de biotelemetria para eletromiografia e goniometria**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MARCHETTI, P. H. & DUARTE, M. **Instrumentação em eletromiografia**. Universidade de São Paulo, 2006.

NEUROSOFT. **Neuro-MEP-Micro**. Version 2009. Russia. www.neurosoft.ru

NEUROSOFT BRASIL. www.neurosoftbrasil.com.br

NICKOLAEV, S. **Estudo da condução radicular usando a técnica do reflexo-T**. www.neurosoftbrasil.com.br

OLIVEIRA, J. L., ARAUJO, R. M., DUQUE, L. H. **Amplificador de eletromiografia com áudio**. Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente, vol. 13, n. 16, ano 2010. Faculdade de Negócios e Tecnologias da Informação.

SARTORI, G. F.; ROCHA A. F.; GONÇALVES, C.; VENEZIANO, W. H. **Programa para análise de sinais eletromiográficos**. Universidade de Brasília, CEFET-PR, Brasil, 2002.

QUEVEDO, A. A. F. **Desenvolvimento de um sistema de análise digital de sinais eletromiográficos**. Universidade Estadual de Campinas, 1993.