

## DESENVOLVIMENTO DE ELETROENCEFALOGRAMA DIGITAL: SISTEMA DE AQUISIÇÃO E VISUALIZAÇÃO EM TEMPO REAL DE SINAIS EEG

Thaysa Ferreira Silva<sup>1</sup>  
Kennya Resende Mendonça<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Goiás/Campus Jataí/Engenharia Elétrica – PIBITI, thaysaeng@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto Federal de Goiás/Campus Jataí/Departamento de Áreas Acadêmicas, kennyaresende@gmail.com

### Resumo

Muitos órgãos do corpo humano, como o cérebro, por exemplo, manifestam suas funções através de atividade elétrica. Esta atividade do cérebro produz um sinal chamado Eletroencefalograma (EEG) que apresenta informações de sua atividade funcional, partindo disso o EEG é uma importante ferramenta que permite registro, diagnóstico, análise e acompanhamento das atividades elétricas do cérebro. O presente trabalho teve como proposta a construção de um Eletroencefalograma Digital, microcontrolado, eficiente e de baixo custo, capaz de realizar a aquisição e a visualização em tempo real de sinais EEG. Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de obter informações sobre os conceitos da área de Engenharia Biomédica, tais como: potencial de ação, sinais bioelétricos, métodos para aquisição do sinal EEG, entre outros. Logo após foi realizado a parte de *hardware* do sistema de aquisição que inclui a programação (utilizando a plataforma arduino) do módulo LCD e do módulo do cartão SD onde serão armazenados os sinais coletados. Os sinais são armazenados no cartão SD para depois obterem-se os gráficos das coletas. A construção da interface gráfica do sistema foi feita utilizando o GUIDE que é uma ferramenta do *software* MATLAB que permite a construção de várias janelas de navegação para que o usuário escolha o que deseja fazer: realizar nova coleta, visualizar coletas anteriores, plotar gráficos, etc. Sendo assim, o presente sistema é composto por um *hardware* microcontrolado, por eletrodos de superfície que fazem a aquisição do sinal EEG; e por um *software*, que permite a visualização do sinal EEG captado em tempo real, porém não foi possível realizar a comunicação dos drivers da placa de aquisição com o computador, impossibilitando, assim, a aquisição dos sinais EEG de fato. O projeto terá continuação como Trabalho de Conclusão de Curso da autora onde se buscará resolver o problema mencionado acima, finalizar o sistema e realizar testes e aquisições.

**Palavras-chave:** Eletroencefalograma, Engenharia Biomédica, Microcontrolador, Processamento de Sinais.

### INTRODUÇÃO

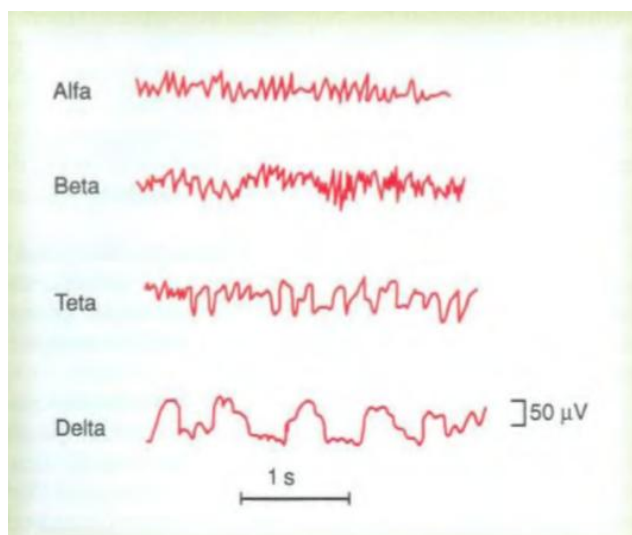
O emprego de novas técnicas na aquisição, processamento e análise de sinais bioelétricos, têm contribuído significativamente para o melhoramento dos processos de monitoramento fisiológico de indivíduos. Com o desenvolvimento de equipamentos de monitoração adequados, é possível captar diversas formas de fenômenos bioelétricos com relativa facilidade, permitindo a análise dos sistemas biológicos associados a eles (CAPARELLI, 2007). A união de dispositivos eletrônicos com a medicina proporciona novas pesquisas na área de Engenharia Biomédica, envolvendo, por exemplo, sensoriamento remoto, sistemas

biomédicos, instrumentação analógica/digital e processamento de sinais elétricos inerentes do ser humano (NÄHR, 2007).

As atividades dos diversos sistemas biológicos podem ser monitoradas através de seus biopotenciais. Os biopotenciais originam-se da diferença de níveis de concentração iônica entre os meios celulares, gerando diferenças de potencial elétrico através das membranas celulares de praticamente todas as células do corpo. Algumas destas células são excitáveis, podendo ter seu potencial de membrana alterado por algum estímulo e, depois de algum tempo, reestabelecem seu potencial inicial. Este processo pode se propagar pela membrana e excitar células vizinhas, constituindo assim o chamado potencial de ação. Biopotenciais podem então ser definidos como reflexo da somatória dos potenciais de ação existentes nas proximidades de um sensor posicionado nas imediações da região onde eles ocorrem, e são, portanto, um reflexo do funcionamento de determinado sistema biológico, possuindo características e mecanismos únicos (CAPARELLI, 2007).

O termo Eletroencefalografia se refere à captação e ao registro da atividade elétrica do cérebro (potenciais de campo). Como resultado dela, obtém-se, então, o sinal chamado Eletroencefalograma (OCAZIONEZ, 2009). O EEG, portanto, constitui-se no registro das atividades elétricas geradas pelo encéfalo o qual possui grande interesse clínico nos estudos e diagnósticos de diferentes tipos de epilepsia, na localização de tumores cerebrais, no estudo de doenças mentais e na polissonografia (ADUR, 2008).

A Eletroencefalografia é a análise do registro das atividades elétricas cerebrais (CABOCLO, 2013). Os registros elétricos da superfície do cérebro ou mesmo da superfície externa da cabeça demonstram que existe atividade elétrica contínua no cérebro. Tanto a intensidade quanto os padrões dessa atividade elétrica são determinados pelos níveis de excitação de distintas partes do sistema nervoso central resultante de sono, vigília ou doenças cerebrais. As ondulações nos potenciais elétricos registrados, ilustrados na Figura 1, são chamadas de ondas cerebrais, e toda a medição é chamada de eletroencefalograma (EEG) (GUYTON; HALL, 2006).

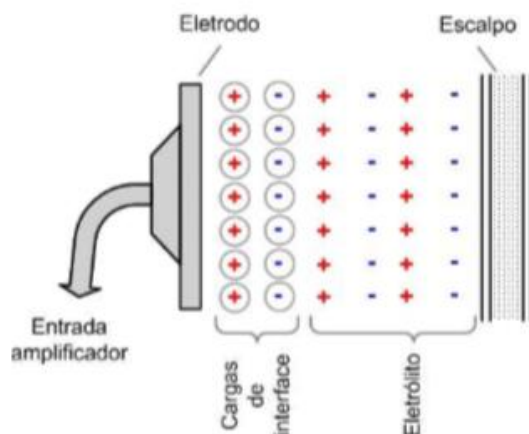


**Figura 1 - Diferentes tipos de ondas cerebrais**

Como sendo uma das formas de modelar o cérebro, o EEG é uma importante ferramenta que permite registro, diagnóstico, análise e acompanhamento das atividades elétricas do cérebro

(PAIVA, 2012). Os impulsos elétricos presentes no neurônio são resultantes de diversos tipos de estímulos captados por receptores sensoriais. Tais estímulos, traduzidos em correntes iônicas, produzem mudanças nos potenciais entre membranas gerando o chamado potencial de ação que é transmitido entre neurônios por uniões neuronais chamadas sinapses. As correntes iônicas produzem campos elétricos e magnéticos que podem ser captados tanto no cérebro quanto em tecidos adjacentes. Desta forma, o EEG é então o sinal que representa a mudança dos campos resultantes da atividade elétrica de grupos de neurônios concentrados em áreas específicas. A sua amplitude se encontra normalmente entre 0,5  $\mu\text{V}$  e 100  $\mu\text{V}$  com componentes em frequência entre 0 e 100 Hz (OCAZONEZ, 2009).

A obtenção do sinal EEG é feita através de eletrodos que são posicionados em certas áreas do escalpo (couro cabeludo). Os eletrodos para medição de EEG podem ser classificados em superficiais, basais e neurocirúrgicos. Os mais utilizados são os superficiais, que são eletrodos não invasivos, aplicados sobre o couro cabeludo. Estes eletrodos devem ser pequenos, de fácil fixação no escalpo e com impedância de contatos iguais e constantes (BORGES, 2009). Os eletrodos de superfície são geralmente dimensionados no formato de discos de metal, são presos no escalpo com gel condutivo e ligados aos amplificadores do eletroencefalógrafo por meio de fios metálicos. O diâmetro dos eletrodos pode variar de 4 a 10 mm e alguns modelos possuem um furo central pelo qual o eletrólito pode ser introduzido depois do processo de fixação do eletrodo no escalpo. Uma tensão entre o metal e o eletrólito (por exemplo, os fluidos corpóreos no escalpo e o gel condutivo) surge quando ambos são colocados em contato, como mostrado na Figura 2. Essa tensão surge devido à formação de uma camada de cargas elétricas na superfície do eletrodo e outra camada que é formada por cargas opostas no eletrólito (TYNER, 1983 Apud ADUR, 2008).



**Figura 2 - Cargas nas camadas de interface eletrodo-eletrólito**

O posicionamento dos eletrodos é feito seguindo o Sistema Internacional 1020, para que assim se possa ter uma padronização para garantirmos uma maior facilidade de comparação e discussão de registros desse sinal. O “10” e “20” referem-se ao fato das distâncias reais entre os eletrodos adjacentes serem 10% ou 20% da distância total da frente para trás ou para a direita-esquerda do crânio. Dois marcos anatômicos são usados para o posicionamento dos eletrodos: primeiro, o násion que é o ponto entre a testa e o nariz, em segundo lugar, o ínion que é o ponto mais baixo do crânio na parte de trás da cabeça, normalmente indicada por uma protuberância occipital (OPPENHEIM; SCHAFFER; BUCK, 1998 Apud ADUR, 2008). A figura 3 ilustra esse processo.

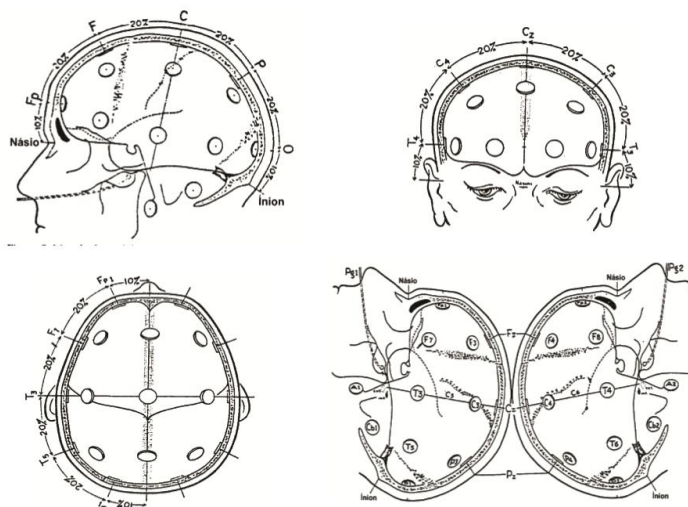


Figura 3 - Sistema 10-20

O sinal EEG é formado por diversas componentes em frequência. A frequência da onda cerebral está diretamente relacionada à atividade dos neurônios: quanto maior a energia metabólica despendida, maior será a frequência de onda registrada (STERN; ENGEL, 2004 apud PAIVA, 2012).

Para podermos analisar o EEG, classificamos as ondas cerebrais segundo a sua frequência (alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), delta ( $\delta$ ), theta ( $\theta$ ), gama ( $\gamma$ ), lambda ( $\lambda$ ), mi ( $\mu$ ), Ondas Fusiformes de Sono e Complexos K). A morfologia do sinal EEG está diretamente relacionada com o posicionamento dos eletrodos no escalpo. Dependendo da região em que eles são posicionados, irão captar uma forma de onda predominante (PARREIRA, 2006). É mais comum trabalhar com quatro tipos de ondas cerebrais, como mostrado na Tabela 1, que ocupam a faixa de frequência entre 0,5 e 30 Hz: delta, theta, alfa e beta (CARDOSO, 2005).

Tabela 1 – Algumas formas de ondas cerebrais e suas características

Ritmo (onda)	Frequência	A que se relacionam	Região cortical mais comum (em um adulto)
Delta	0,5 a 3,5 Hz	Sono profundo	Frontal
Theta	4 a 7 Hz	Hipnose; meditação; sensações de estar fora do corpo; estresse; sonolência; experiências emocionais;	Temporal e Parietal
Alfa	8 a 13 Hz	Vigília com olhos fechados; relaxamento mental; meditação.	Occipital (às vezes frontal e parietal)
Beta	13 a 30 Hz	Vigília; Estado de alerta.	Frontal (às vezes occipital)

A evolução crescente da tecnologia nas últimas décadas levou a Engenharia Biomédica a atuar no desenvolvimento de instrumentos para uso médico e na sua utilização adequada em ambiente médico-hospitalar. A Engenharia Biomédica não só contribui para a área de Saúde, mas também para os desenvolvimentos científicos, econômicos e sociais. Isto permite que um grande número de pessoas, com informações e vocações diversas, encontre na Engenharia Biomédica uma excelente oportunidade de aprimorar seus conhecimentos técnicos e científicos (DUARTE; TEIXEIRA, 2006). Dessa forma, tem-se que o desenvolvimento de pesquisas nesta área do conhecimento contribui para uma formação multidisciplinar e permite que os alunos de cursos de Engenharia desenvolvam e apliquem de forma prática seus conhecimentos científicos e técnicos.

Sendo assim, este projeto teve como proposta o desenvolvimento de um Eletroencefalograma Digital, microcontrolado, eficiente e de baixo custo, capaz de realizar a aquisição e a visualização em tempo real de sinais EEG.

## METODOLOGIA

Para elaboração do sistema de Eletroencefalograma Digital foi realizado, inicialmente, um levantamento bibliográfico com o objetivo de obter informações sobre os conceitos da área de Engenharia Biomédica e dos conceitos relacionados aos sinais eletroencefalográficos.

Posteriormente, foi realizada a etapa de definição e descrição detalhada do sistema e de suas partes e componentes definindo e descrevendo as características do *Hardware* e do *Software* que compõem o sistema. Após a definição do sistema e dos componentes a serem utilizados, iniciou-se o desenvolvimento da lógica de programação de controle.

A partir da aquisição dos materiais a serem usados, foi realizada a etapa de implementação. O *Hardware*, responsável pela aquisição do sinal EEG, é composto por eletrodos de superfície, microcontrolador, placa de aquisição de sinais e dispositivos de condicionamento de sinais. O *Software*, responsável pela visualização do sinal captado, foi desenvolvido no *software* Matlab®. A Figura 4 ilustra um esquema geral do sistema.

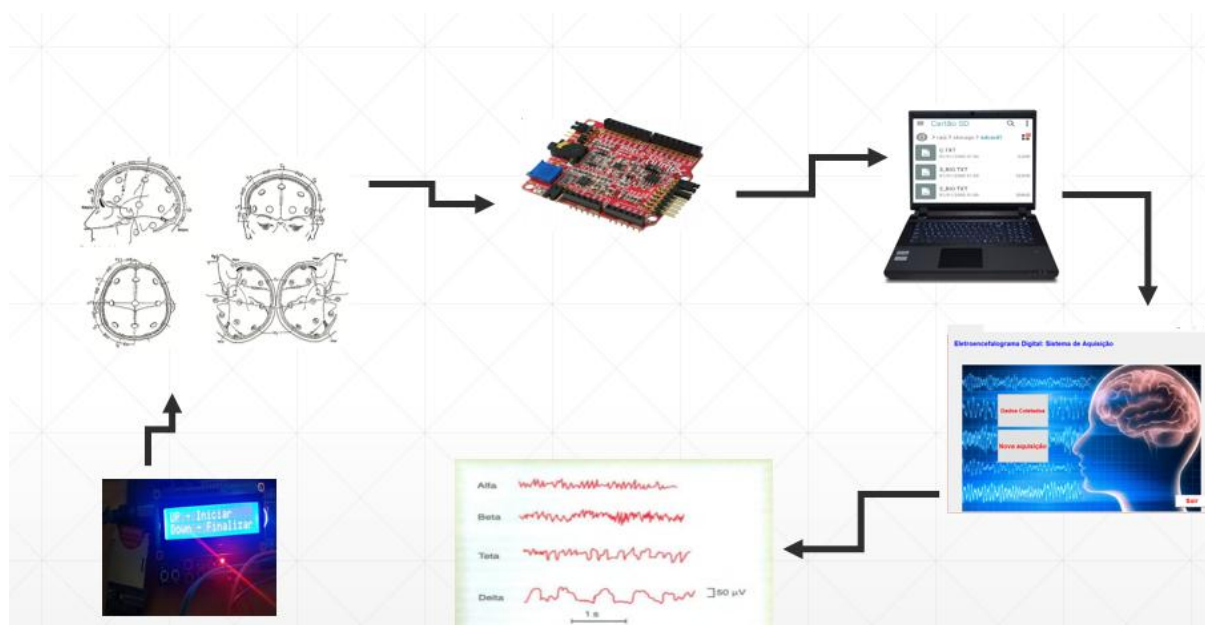


Figura 4 - Processo de aquisição do sinal EEG





Na etapa de aquisição foi escolhida a plataforma de prototipagem Arduino como sistema de controle, a escolha se deu pela sua praticidade e a mesma já contém em sua estrutura, um microcontrolador ATmega2560 da ATMEL e diversos periféricos necessários para a montagem do protótipo como mostra a Figura 5.

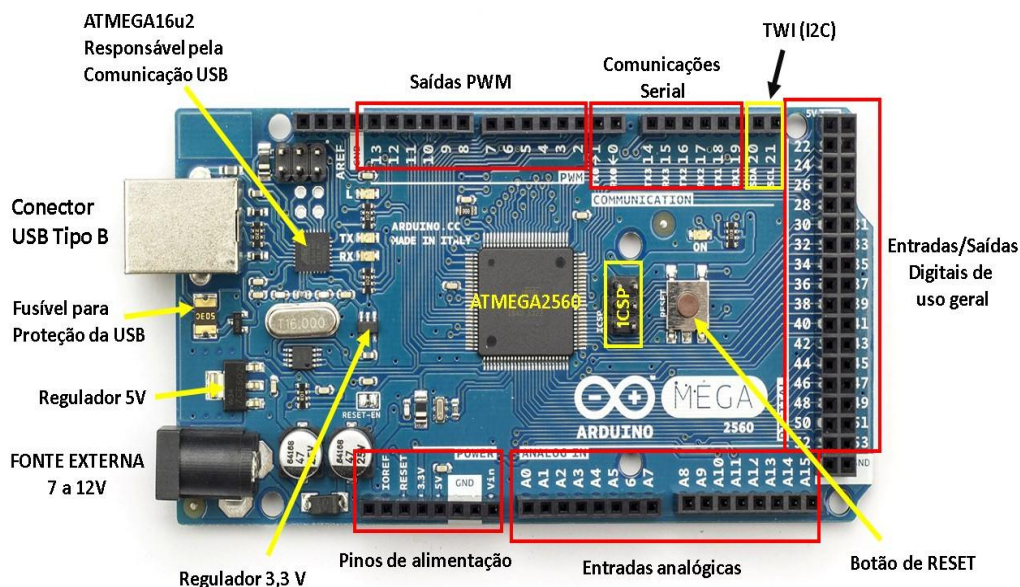


Figura 5 - Recursos Arduino Mega

A montagem do *hardware* de aquisição também contou com duas *shields* próprias para o Arduino, uma é o *display* LCD com seis botões e a *shield* do *SD card* para o armazenamento dos sinais adquiridos, como mostrado na Figura 6.

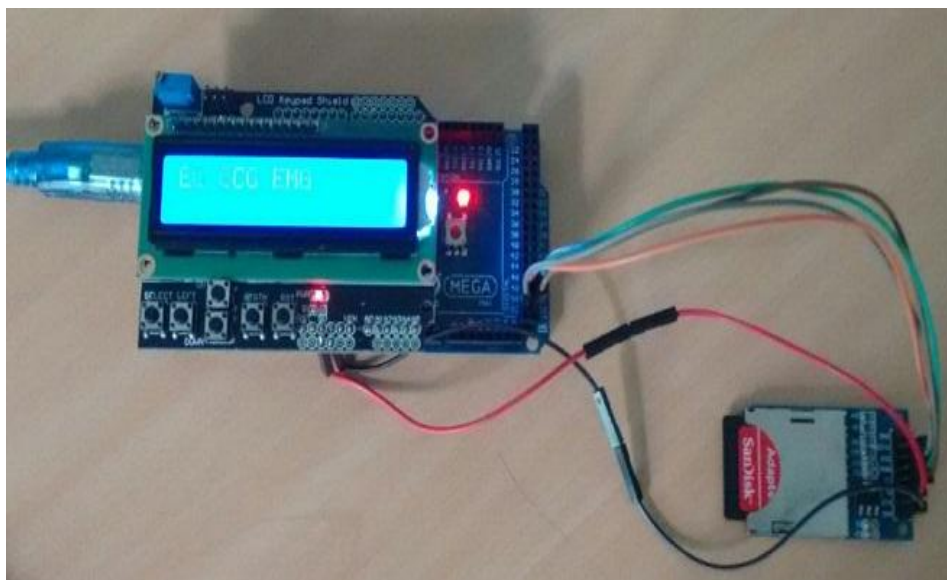


Figura 6 - Protótipo do Sistema – Sistema de Controle de Aquisição e Armazenagem



Para a aquisição do sinal EEG foram utilizados eletrodos de superfícies, sendo que os mesmos são ligados à placa de aquisição de biosinais, também sendo uma *shield* própria para o Arduino, a mesma é de fabricação da Olimex.

Para a implementação do *software*, foi definido que a programação do mesmo seria feita utilizando o *software* MATLAB®. A *interface* gráfica do *software* foi desenvolvida por meio do ambiente Guide (*Graphical user interface development environment*, ou ambiente de criação de interfaces gráficas com o usuário), ferramenta de criação de *interfaces* contida no próprio MATLAB®, o que torna ainda mais vantajosa a sua escolha. O Guide fornece um conjunto de ferramentas para a criação de GUIs (Interfaces Gráficas com o Usuário) de forma simples, eficiente e intuitiva. O desenvolvimento da *interface* se deu com base na interação de diferentes telas.

## RESULTADOS

Os estudos bibliográficos feitos propiciaram um maior entendimento sobre o assunto e também a definição de qual tecnologia usar, e qual metodologia seguir.

O desenvolvimento da fase de comunicação do *shields* LCD e *SD card* com a plataforma Arduino e os resultados obtidos após a realização dos testes para verificar o funcionamento do menu de aquisição, da gravação de dados no *SD card*, e da criação de novos arquivos a cada solicitação de aquisição de sinal se mostraram promissores. A Figura 7 ilustra os resultados desta etapa.

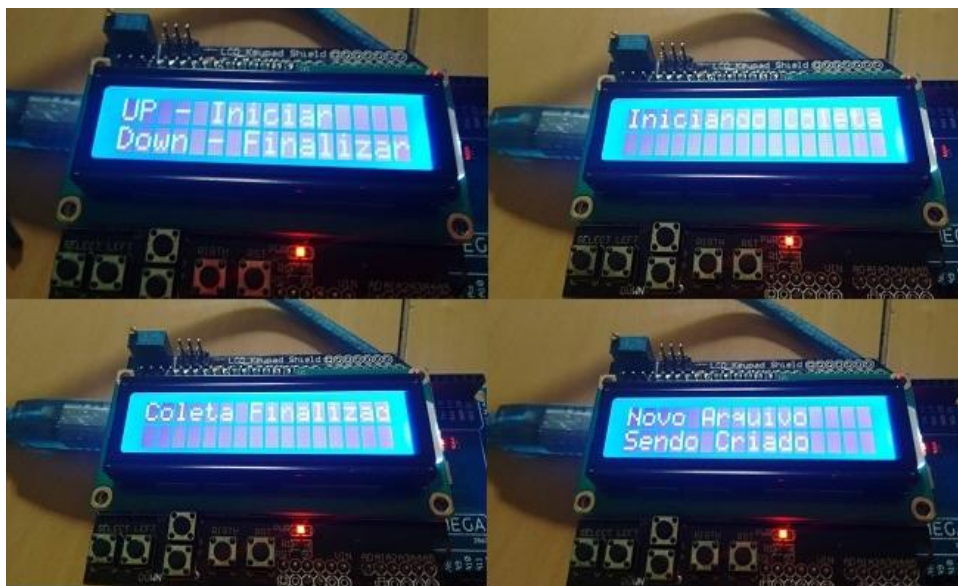


Figura 7 - Notificação, no display LCD, do processo de aquisição.

A Figura 7 ilustra a etapa para a aquisição, ao iniciar o protótipo, após ser mostrado no display o nome do protótipo seguido do nome de seus desenvolvedores as opções Iniciar e Finalizar são disponibilizadas ao usuário, as mesmas podem ser acessadas pelos botões *Up* e *Down* do *display* LCD. Ao iniciar a coleta um arquivo .txt é criado no cartão *SD*, ao finalizar a coleta esse arquivo é encerrado e gravado no cartão *SD* e um novo arquivo é criado com um nome diferente, para que se possa diferenciar as coletas realizadas.

O Software foi desenvolvido com base na interação de telas, com a finalidade de tornar a navegação do usuário intuitiva. A figura 8 ilustra a interface gráfica que possibilita o controle do processo de aquisição/armazenamento.



Figura 8 - Interface gráfica para aquisição do sinal EEG

A aquisição dos sinais não pode ser realizada, pois ao iniciar a etapa de comunicação da *shield* de aquisição de biosinais, encontrou-se dificuldades com os *drivers* da mesma. Essas dificuldades com os *drivers* serão analisadas e corrigidas durante o trabalho de conclusão de curso (TCC) que será desenvolvido pela autora deste projeto.

## CONCLUSÃO

O sistema de aquisição e visualização de sinais EEG não foi totalmente concluído, pois a aquisição do biosinal e os testes em pacientes para a validação do protótipo não foram realizados, embora essas etapas já estejam planejada e definida. No entanto, a parte de controle do *hardware*, o código para aquisição e armazenamento do sinal EEG, bem como o *software* para exibição, foram finalizados e os testes iniciais foram bem-sucedidos. O uso do *software* MATLAB® para a construção do *software* de exibição dos sinais adquiridos se mostra promissora devida a versatilidade de programação que o MATLAB® oferece e devida ao mesmo ser um *software* voltado para a Engenharia. Deste modo pretende-se dar continuidade a este projeto e concluir o sistema de aquisição e visualização de sinais EEG no trabalho de conclusão de curso (TCC) da autora a ser apresentado no Instituto Federal de Goiás, Câmpus Jataí, para a obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Elétrica.



## APOIO E AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do IFG por meio do programa institucional de bolsa de iniciação tecnológica PIBIT/IFG no período de agosto de 2015 a julho de 2016, Edital Nº 003/2015 08 – agosto/2015 – julho/2016.

## REFERÊNCIAS

ADUR, R. **Sistema de Processamento de Sinais Biomédicos: Módulo Didático de Eletroencefalograma**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 2008.

BORGES, T. V. **Processamento de Sinais de Atividade Elétrica Neuronal a Partir de Ferramentas Matemáticas Clássicas**, 2009.

CABOCLO, L. O. **Bases da Eletroencefalografia**. Unidade de Pesquisa e Tratamento das Epilepsias: Hospital São Paulo- UNIFESP. Departamento de Neurofisiologia Clínica: Hospital Israelita Albert Einstein. São Paulo – SP, 2013.

CAPARELLI, T. B. **Projeto e desenvolvimento de um sistema multicanal de biotelemetria para detecção de sinais ECG, EEG e EMG**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

CARDOSO, R. R. **Uma Estratégia de Modelagem Tridimensional para Mapeamento de EEG de Superfície**, 2005.

DUARTE, M. A.; TEIXEIRA, Nelson Gomes. **Introdução à Engenharia Biomédica: uma disciplina interdisciplinar para o ensino de graduação nas áreas das ciências exatas e das ciências da saúde**. Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11 ed.: Tradução de Barbara de Alencar Martins...[et al.] Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 1115p.

NÄHR, M. **Aquisição de Eletrocardiograma com Processador Digital de Sinais**. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário FEEVALE, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Bacharelado em Engenharia Eletrônica. Novo Hamburgo, 2007.

OCAZONEZ, S. A. C. **Processamento no domínio da frequência de sinais de eletroencefalografia coletados durante um protocolo de estresse moderado**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Brasília/DF, 2009.

OPPENHEIM, A.V.; SCHAFER, R.W.; BUCK, J.R. **Discrete-time Signal Processing**. 2nd Edition. Prentice-Hall, Inc. United States of America, 1998.



PAIVA, L. R. M. **Caracterização da Atividade Eletroencefalográfica em Diferentes Faixas Etárias, por meio da Análise Discriminante Linear.** Tese de Doutorado - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia/MG, 2012.

PARREIRA, F. J. **Deteção de crises epiléticas a partir de sinais eletroencefalográficos.** Uberlândia, 2006.

STERN, J.M.; ENGEL, J. **Atlas of EEG patterns.** Lippincot Williams & Wilkins, 307 p., 2004.

TYNER, F.S. **Fundamentals of EEG Technology.** Volume 1 – Basic Concepts and Methods. Raven Press. New York, 1983.