

ELETROMIÓGRAFO E ELETROCARDIÓGRAFO DIGITAL: DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE SINAIS BIOELÉTRICOS

Samila Carolina Costa¹
Kenya Resende Mendonça²

¹Instituto Federal de Goiás/Campus Jataí/Engenharia Elétrica – PIBITI, samilac.costa@gmail.com

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

Resumo

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. As atividades dos diversos sistemas biológicos podem ser monitoradas através de seus biopotenciais. Os biopotenciais abordados neste trabalho são o Potencial Eletrocardiográfico (ECG) e o Potencial Eletromiográfico (EMG). O Eletrocardiograma (ECG) pode ser definido como o registro da atividade elétrica do coração. A atividade elétrica do coração coordena a sua atividade mecânica, sendo útil do ponto de vista da prática clínica, no diagnóstico de patologias cardíacas. A Eletromiografia (EMG) é uma técnica que consiste no registro da atividade elétrica presente no músculo. Atualmente, tem sido utilizada principalmente na detecção de doenças neuromusculares e no estudo do movimento humano, sendo que, nos últimos anos, seu uso vem crescendo e novas técnicas para sua análise estão sendo propostas. Diante disso, o presente trabalho teve como proposta o desenvolvimento de um sistema digital, eficiente e de baixo custo, de aquisição, visualização e análise de dois sinais bioelétricos, o sinal ECG e o sinal EMG. Para a elaboração do sistema proposto foi escolhida a plataforma de prototipagem Arduino, por conter diversos periféricos e diversas *shields* desenvolvidas especificamente para a mesma. Foi realizada a comunicação das *shields* de *display LCD* e *SD card* com o Arduino e em seguida os testes de funcionamento desta etapa do protótipo. Para o desenvolvimento do *software* de exibição e aquisição dos sinais de ECG e EMG foi utilizado o *software* MATLAB®. Dentro do ambiente do MATLAB® foram criadas as telas da *interface* com o usuário por meio da ferramenta Guide oferecida mesmo.

Palavras-chave: Eletromiografia, Eletrocardiografia, Engenharia Biomédica, Microcontrolador, Processamento de sinais.

INTRODUÇÃO

As doenças neuromusculares (DNM) e as cardiopatias abrangem diferentes tipos de enfermidades. Em relação às DNM alguns exemplos são: doenças dos nervos (Neuropatia), doença dos músculos (Miopatia), perturbações da junção neuromuscular (Miastenia), doenças dos cornos anteriores da medula (Atrofia Espinal). No que tange as cardiopatias, algumas das mais relevantes são: infarto agudo do miocárdio (IAM), artérias bloqueadas, hipertrofia ventricular cardíaca, miocardite, cardiomiopatia, irregularidades no ritmo cardíaco (arritmia), no caso de cardiopatias (REED, 2002; BUENO 2015). As DNM e as cardiopatias podem ser diagnosticadas com o auxílio da análise dos biosinais.

Os biosinais são sinais oriundos das atividades celulares e dos processos fisiológicos realizados pelo corpo humano. A consequência desses processos é o surgimento de pequenos

sinais elétricos que podem ser medidos e registrados de maneira direta ou indireta por meio de eletrodos distribuídos sobre a superfície da pele. A análise dos biosinais torna possível identificar o funcionamento de algumas funções vitais do corpo humano tais como: funcionamento do coração (no caso de sinal de Eletrocardiograma), e o processo de recrutamento das células musculares (no caso da Eletromiografia) (SOUZA, 2015).

Atualmente, a eletromiografia (EMG), que consiste no estudo da função muscular por meio da interpretação do sinal bioelétrico existente no músculo, tem sido amplamente utilizada no diagnóstico de doenças neuromusculares, no estudo do movimento humano e na fisioterapia para a reabilitação muscular (MENDONÇA, 2013; WEBSTER, 1998 apud VELLOSO, 2004).

Na medicina, a EMG é utilizada para detectar atividade elétrica devido à propagação de impulsos elétricos nas fibras musculares causando a sua contração. A aquisição do sinal é dependente de diversos fatores, tais como propriedades anatômicas e fisiológicas e características de instrumentação usada durante a captação do sinal (LUIZ, 2015). O estudo da atividade elétrica muscular se tornou uma ferramenta de suma importância e de alta eficiência na análise de diversas mudanças causadas por diferentes patologias (VIDDELEER, 2004).

A Eletromiografia estuda a atividade da unidade motora (UM), definida como a menor unidade capaz de ser ativada por meio do esforço muscular e constituída basicamente por um motoneurônio, suas junções neuromusculares e pelas fibras musculares ligadas ao mesmo (CHAVES, 2001).

Cada motoneurônio envia impulsos elétricos a um determinado grupo de fibras musculares, levando tais fibras a se despolarizarem de forma quase simultânea. Esse processo de despolarização gera uma atividade elétrica que se manifesta como um potencial de ação da unidade motora (PAUM) que é registrado e exibido graficamente como um sinal eletromiográfico (MENDONÇA, 2004; CHAVES, 2001).

De modo que o sinal eletromiográfico pode ser definido como o somatório dos potenciais de ação de uma unidade motora em um determinado instante. Tal sinal é extremamente complexo, e pode ser afetado pelas propriedades anatômicas e fisiológicas dos músculos, pelo esquema de controle do sistema nervoso periférico, e pelas características dos instrumentos que são usados para aquisição e observação do mesmo (ANDRADE, 2000).

A Eletrocardiografia (ECG) está focada no estudo e aquisição dos sinais provenientes da atividade elétrica cardíaca e no diagnóstico de cardiopatias.

O eletrocardiograma é o gráfico obtido a partir da aquisição dos sinais elétricos do músculo cardíaco (miocárdio). Os sinais de ECG são definidos como o somatório elétrico da atividade celular do músculo cardíaco. Tais sinais são detectados por meio da colocação de eletrodos sobre a pele do tórax, punhos e tornozelos, e registrados pelo eletrocardiógrafo, em uma fita de papel milimetrado ou em formato digital (MENDONÇA, 2004; GUTIÉRREZ, 2006)

O ECG é capaz de revelar o comportamento do coração por meio da análise dos campos elétricos gerados durante a despolarização e repolarização das células do miocárdio (MENDONÇA, 2004; GUTIÉRREZ, 2006). Sendo assim o eletrocardiograma é um exame absolutamente necessário e de suma importância no diagnóstico de doenças cardiovasculares (BUENO 2015).

Nos últimos anos, o uso da ECG e EMG vem crescendo e novas técnicas para sua análise estão sendo propostas. Deste modo o propósito deste trabalho é apresentar um sistema digital de aquisição e análise dos sinais eletrocardiográficos e eletromiográficos, de baixo custo, eficiente, versátil e confiável.

Foi desenvolvido o Software de Exibição dos sinais eletrocardiográficos e eletromiográficos (SE_ECG_EMG), que, como o próprio nome sugere, realiza a aquisição e a plotagem do sinal adquirido. O mesmo foi desenvolvido em linguagem MATLAB® e possui

uma interface gráfica intuitiva de fácil navegação e que apresenta os gráficos dos sinais adquiridos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração do sistema de aquisição e análise de sinais bioelétricos foi realizado, inicialmente, um levantamento bibliográfico, sendo o mesmo dividido em três partes. Primeiro foram realizados estudos bibliográficos sobre aquisição e análise de sinais eletrocardiográficos e eletromiográficos, sobre as tecnologias já existentes e as novas tecnologias em evidência, para deste modo obter a definição do protótipo.

Em seguida foram realizados estudos bibliográficos visando um embasamento teórico a respeito dos conceitos básicos de célula nervosa, potencial de ação e de unidade motora, sobre o exame clínico de eletromiografia e seus principais parâmetros analisados, que são conceitos envolvidos no diagnóstico de patologias do sistema neuromuscular.

E por último foram realizados estudos bibliográficos visando um embasamento teórico a respeito dos conceitos básicos a respeito da atividade celular do músculo cardíaco (miocárdio), do somatório elétrico desta atividade, dos campos elétricos gerados durante a despolarização e repolarização das células do miocárdio, sobre o exame clínico de eletrocardiografia e seus principais parâmetros analisados, que são conceitos envolvidos no diagnóstico de cardiopatias.

Posteriormente, foi planejado e definido o protótipo do trabalho, devendo este contemplar a aquisição, registro e análise do sinal ECG e EMG adquirido. Em cada etapa foram definidos os elementos responsáveis pela execução do projeto.

Na etapa de aquisição foi escolhida a plataforma de prototipagem Arduino como sistema de controle, a escolha se deu pela sua praticidade 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 1.

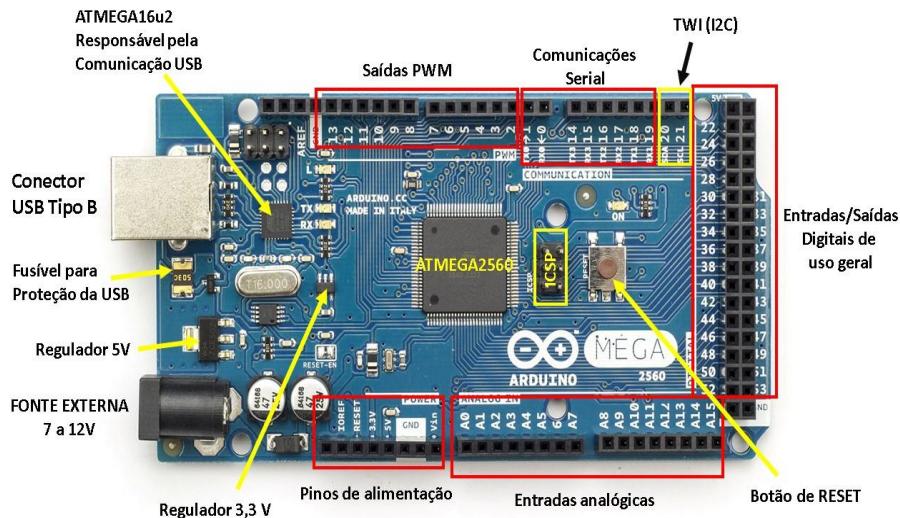


Figura 1: Recursos Arduino Mega

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 2.

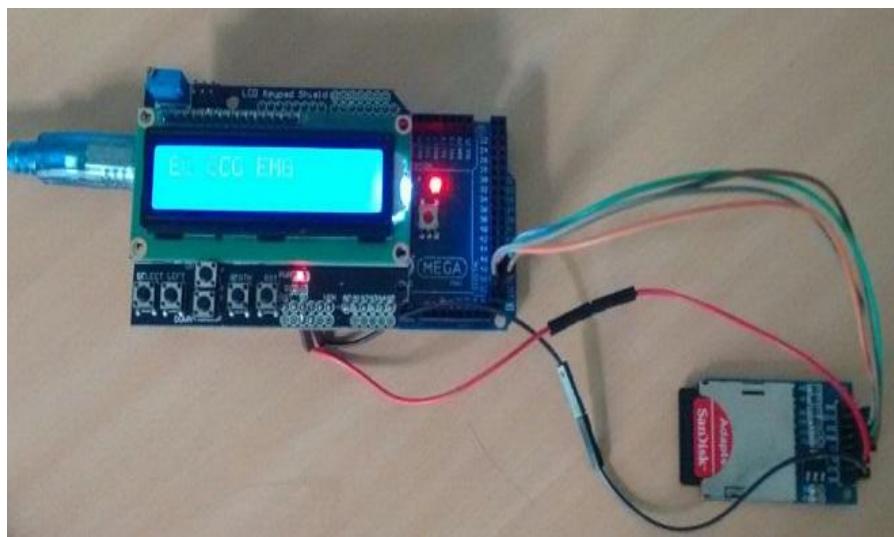


Figura 2: Protótipo do Sistema de Aquisição dos Biosinais – Sistema de Controle de Aquisição e Armazenagem

Para a aquisição dos sinais ECG e EMG serão utilizados eletrodos de superfícies, os mesmos serão ligados à placa de aquisição de biosinais, também sendo uma *shield* própria para o Arduino, a mesma é de fabricação da Olimex. O diagrama esquemático do dispositivo está ilustrado na Figura 3.

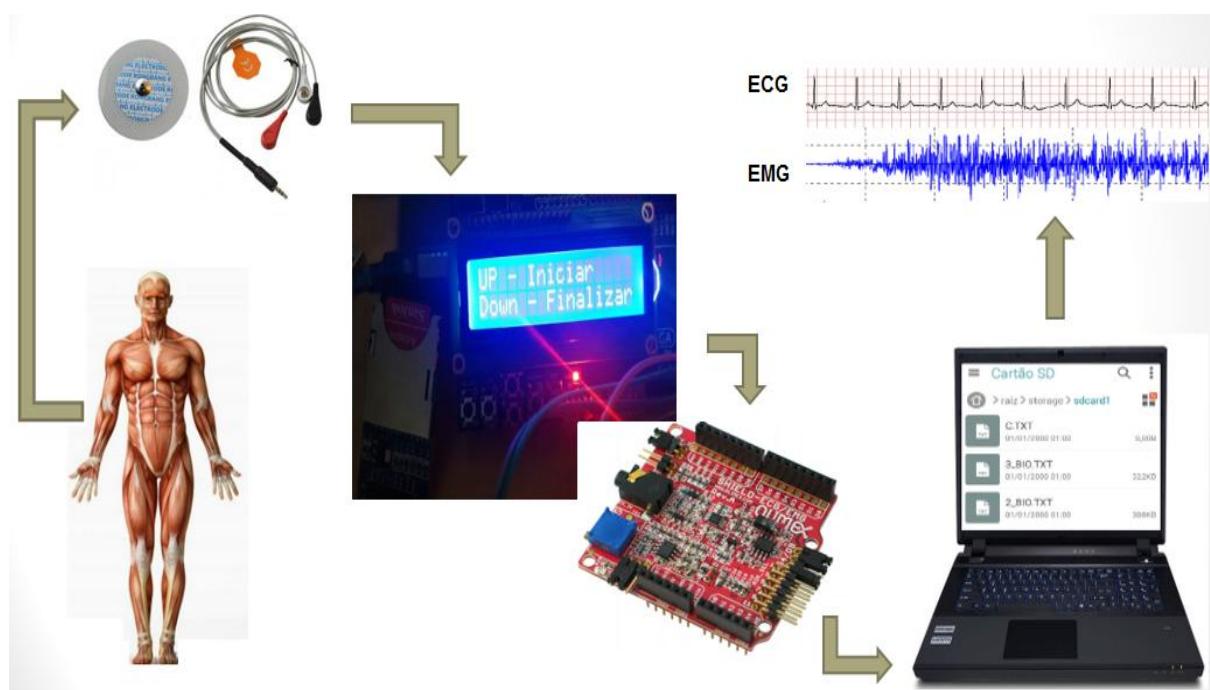


Figura 3: Diagrama Esquemático do Protótipo Planejado

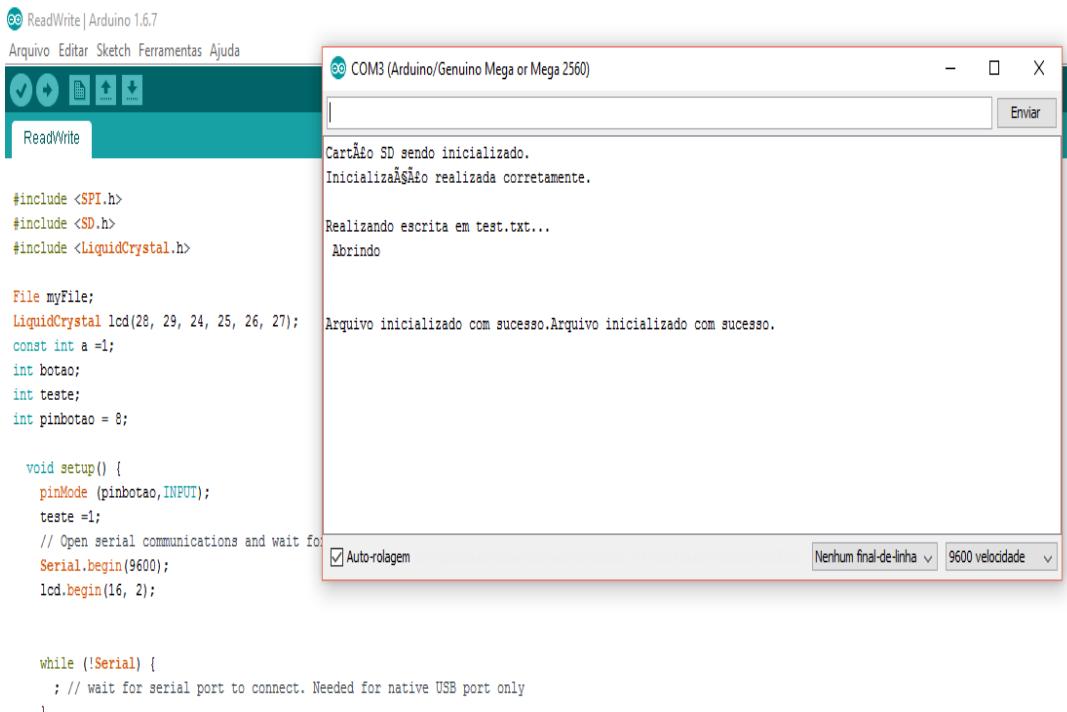
Para a implementação do *software* exibição e análise do sinal adquirido, foi definido que a programação do mesmo seria feita utilizando o *software* MATLAB® seguindo a metodologia utilizada pela professora orientadora em sua dissertação de mestrado. A interface gráfica do *software* foi desenvolvida 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. Foram elaboradas a Tela Inicial, onde é apresentada a opções de exibição e análise do sinal adquirido e a opção dos créditos do desenvolvimento do *software*, a Tela de Escolha de qual sinal se deseja visualizar e a Tela de Exibição do sinal escolhido.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

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 do protótipo para a aquisição dos sinais ECG e EMG se deu sem problemas durante a 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. As Figuras 4, 5 e 6 ilustram os resultados desta etapa.



The screenshot shows the Arduino IDE interface. On the left, the code for initializing an SD card and displaying data via serial port is visible:

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <LiquidCrystal.h>

File myfile;
LiquidCrystal lcd(20, 29, 24, 25, 26, 27);
const int a =1;
int botao;
int teste;
int pinbotao = 8;

void setup() {
  pinMode (pinbotao,INPUT);
  teste =1;
  // Open serial communications and wait for connection.
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);

  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
  }
}

void loop() {
  if (teste == 1) {
    myfile.open("test.txt", FILE_WRITE);
    myfile.print("Cartão SD sendo inicializado.");
    myfile.print("Inicialização realizada corretamente.");
    myfile.print("Realizando escrita em test.txt...");
    myfile.print("Abriindo");
    myfile.print("Arquivo inicializado com sucesso.Arquivo inicializado com sucesso.");
    myfile.close();
  }
}
```

On the right, the Serial Monitor window titled "COM3 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)" displays the output of the code:

Cartão SD sendo inicializado.
Inicialização realizada corretamente.
Realizando escrita em test.txt...
Abriindo
Arquivo inicializado com sucesso.Arquivo inicializado com sucesso.

The bottom of the monitor shows the serial settings: "Auto-rolagem" checked, "Nenhum final-de-linha" dropdown, and "9600 velocidade" dropdown.

Figura 4: Teste de Inicialização do SD card

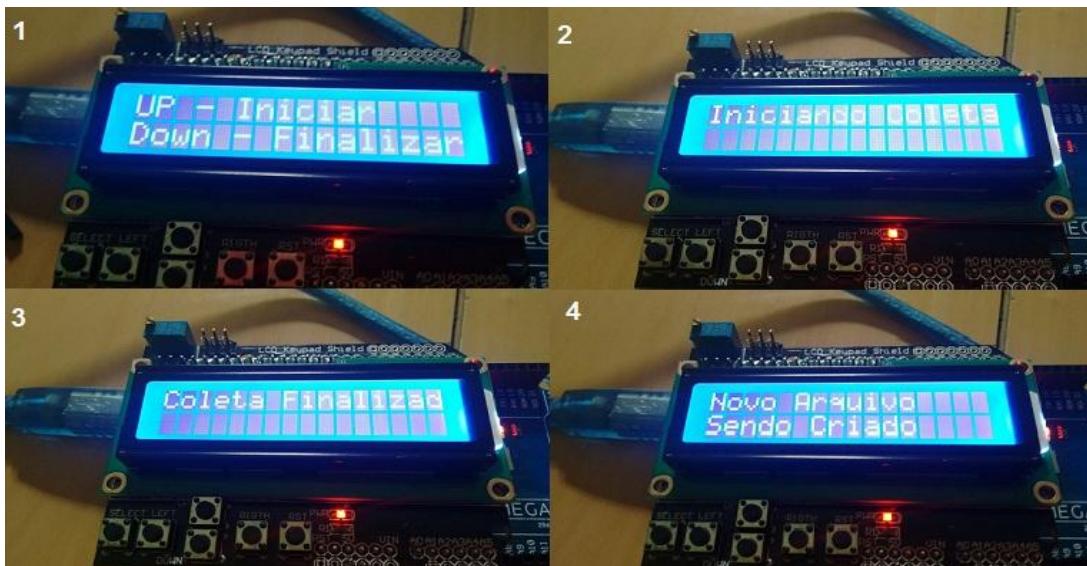


Figura 5: Testes dos Menu de Aquisição

A Figura 4 acima ilustra o teste de inicialização do cartão, e em seguida a Figura 5 ilustra as etapas 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 inicial a coleta um arquivo .txt é criado, ao finalizar a coleta esse arquivo é encerrado e um novo arquivo é criado com um nome diferente, para que se possa diferenciar as coletas realizadas.

A Figura 6 ilustra como os arquivos são gravados no cartão, para essa etapa de testes foi utilizado um texto padrão nos testes de aquisição para verificar o funcionamento do protótipo, e o resultado foi satisfatório, esta etapa do protótipo funciona de forma eficiente. O arquivo C.txt que aparece na imagem, é o arquivo de inicialização do cartão, e os demais arquivos são os gerados durante os testes de coleta.

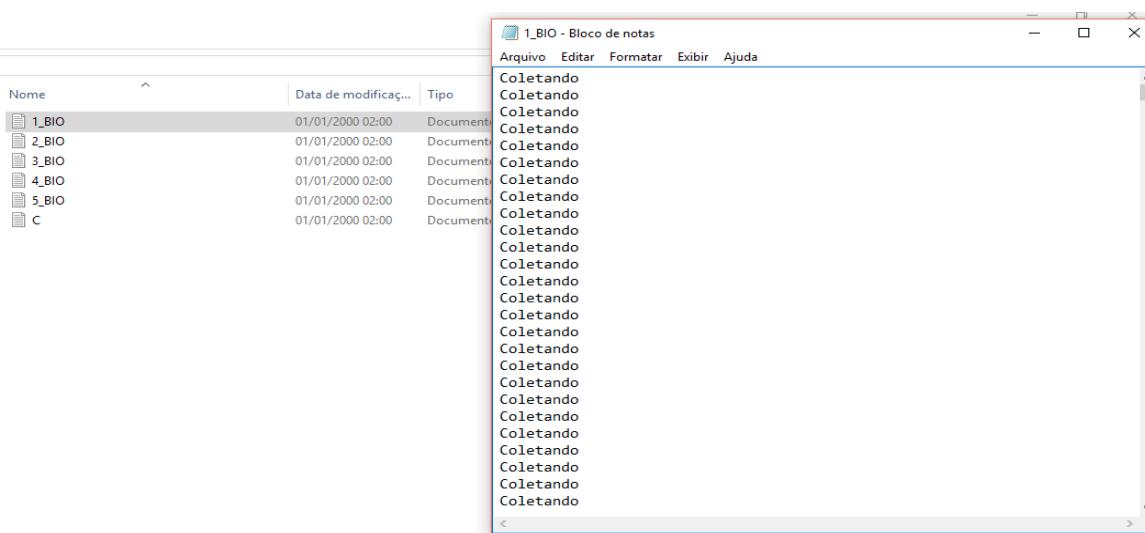


Figura 6: Leitura dos Arquivos Criados Durante a Aquisição Feita no Computador

O Software de Exibição e Análise dos Sinais ECG e EMG (SEA_ECG_EMG) foi desenvolvido com base na interação de telas, com a finalidade de tornar a navegação do usuário intuitiva. A Figura 7 ilustra a tela inicial do *software*.

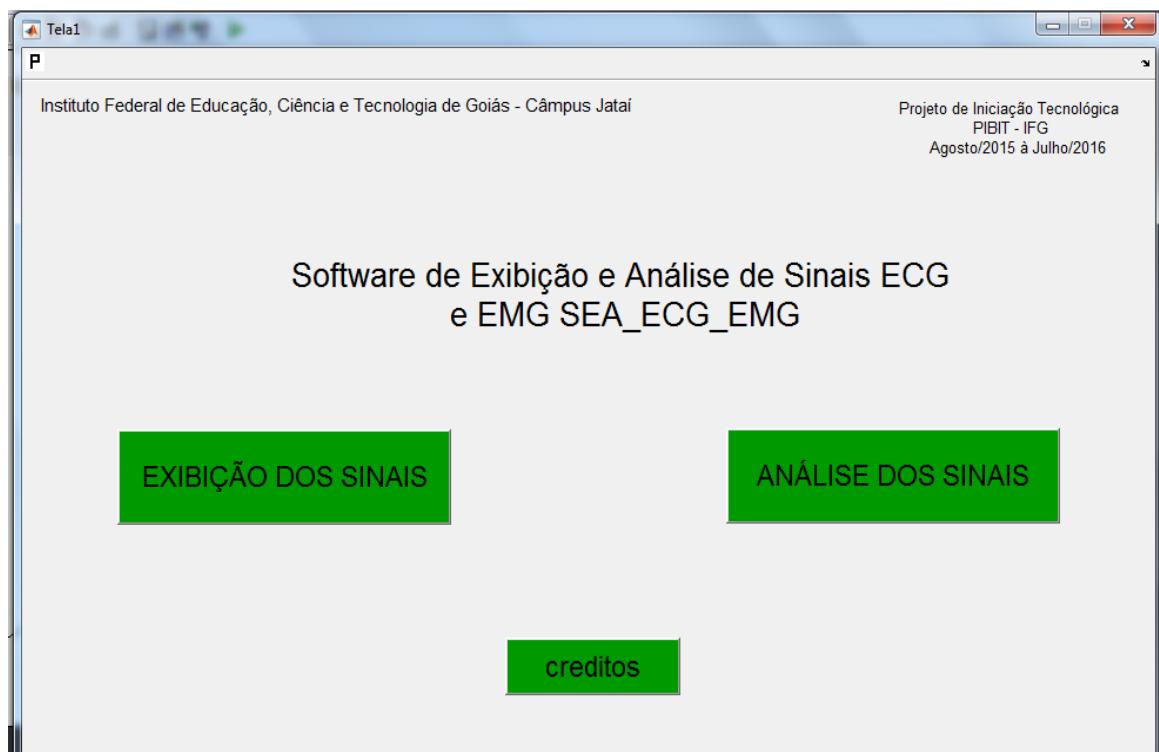


Figura 7: Tela Inicial do *Software* de Exibição e Análise dos Sinais ECG e EMG

O *software* foi dividido em três principais telas:

- Tela Inicial, onde o usuário pode escolher se deseja exibir um sinal ou efetuar a análise do mesmo;
- “EXIBIÇÃO”, onde o usuário pode escolher qual tipo de sinal quer visualizar (ECG ou EMG), como mostra a Figura 8, e ao selecionar um sinal a forma de onda do mesmo será exibida juntamente com sua duração e valores de amplitude.
- “ANÁLISE”, onde o usuário pode escolher qual tipo de sinal quer analisar (ECG ou EMG), e ao selecionar um sinal a análise do mesmo será exibida respeitando as singularidades de cada sinal (A tela de análise dos sinais é análoga à tela de exibição ilustrada na Figura 8).

Todas as telas têm a opção de “VOLTAR” para a tela anterior.

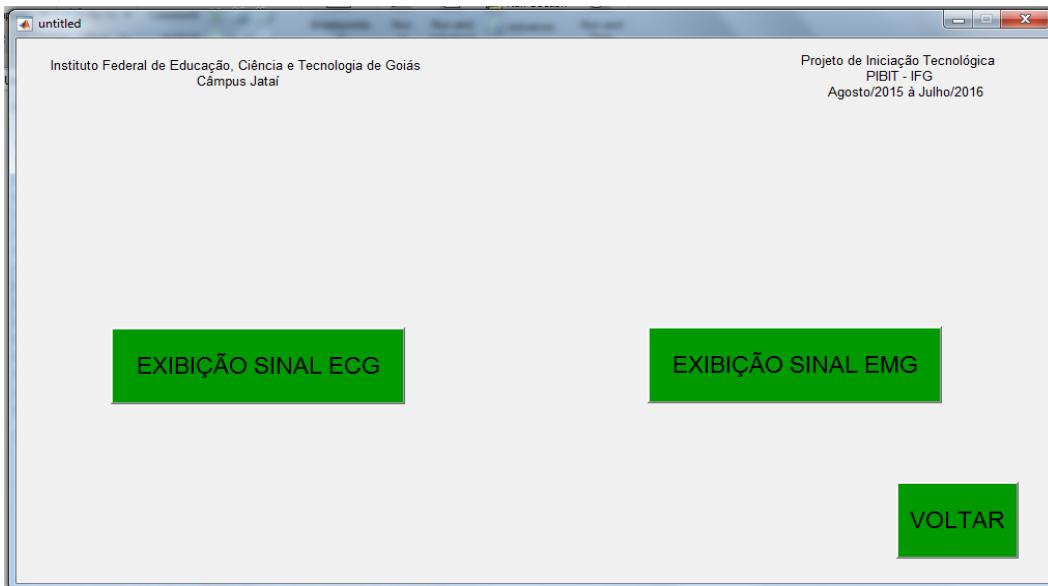


Figura 8: Tela de Seleção para a Exibição dos Sinais

A aquisição dos sinais não foi realizada, pois ao iniciar a etapa de comunicação da *shield* de aquisição de biosinais, encontrou-se dificuldades com os drivers da mesma. Após tentativas, tomou-se em reunião com a orientadora a decisão de prosseguir com as outras etapas do projeto, deixando as dificuldades com os *drivers* para serem analisadas e corrigidas durante o trabalho de conclusão de curso (TCC) portanto as telas de visualização e análise dos sinais não puderam ser concluídas.

CONCLUSÃO

O sistema de aquisição e análise dos sinais ECG e EMG não foi totalmente concluído, pois a aquisição dos biosinais e os testes em pacientes para a validação do protótipo não foram realizados, embora essas etapas já estejam planejadas e definidas. No entanto, a parte de controle do *hardware*, o código para aquisição e armazenamento dos sinais ECG e EMG, bem como o *software* para exibição e posterior análise dos sinais adquiridos, foram finalizados e os testes iniciais foram bem-sucedidos. O uso do *software* Matlab® para a construção do *software* de exibição e análise 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 análise dos sinais bioelétricos 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 N° 003/2015 08 – agosto/2015 – julho/2016.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. O. **Metodologia para Classificação de Sinais EMG no Controle de Membros Artificiais**, Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia – MG, Janeiro 2000.
- BUENO, N. M. **Classificação Automática de Cardiopatias Baseada em Cardiografia**, Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia – MG, Janeiro 2015.
- CHAVES, P. C. MOREIRA, A. L. **Eletrocardiografia**. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto. Porto, 2001.
- GUTIÉRREZ, E. M. **Telemetria: Aplicação de Rede de Sensores Biomédicos Sem Fio**. Universidade de Brasília. Brasília, 2006. p. 126.
- LUIZ, L. M. D. **Avaliação da Lesão Nervosa Periférica por meio da eletromiografia de superfície**, Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia – MG, Janeiro 2015.
- MENDONÇA, K. R. **Sistema Microcontrolado de Aquisição, Detecção e Classificação de Sinais Eletromiográficos**, Trabalho de Conclusão de Curso, IFG, Jataí – GO, Abril 2013.
- REED, U. C. **Doenças Neuromusculares**, Jornal de Pediatria - Vol. 78, Supl.1, 2002.
Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jped/v78s1/v78n7a12.pdf>>. Acesso em 9 Janeiro 2016.
- SOUZA, P. V. E. **Sistema de Aquisição de Sinais de EMG e ECG para Plataforma Android**, Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife – PE, Janeiro 2015.
- VELLOSO, R. P. **Protótipo de um Eletromiógrafo Digital**, Trabalho de Conclusão de Curso, IFURBFG, Blumenau – SC, Julho 2004.
- VIDDELEER, A. R. et al. **Sequential MR Imaging of Denervated and Reinnervated Skeletal Muscle as Correlated to Functional Outcome**. Radiology. v. 264, n. 2, p. 522-530. August 1, 2012.
- WEBSTER, J. G. **Medical instrumentation: application and design**. 3 ed. New York, John Wiley, 1998.