



STAES 2017

III SEMINÁRIO DE TECNOLOGIAS
APLICADAS EM EDUCAÇÃO E SAÚDE

Sistema de Aquisição de Sinais de EMG e ECG para Dispositivos Android

Maurício B. Santana¹ André A. Nascimento² Leandro B. Santos³

^{1,2} Faculdade UNIME

³ Centro Universitário SENAI CIMATEC

Resumo

Esse projeto tem por objetivo desenvolver o protótipo para um sistema de coleta de sinais mioelétricos (EMG) e de eletrocardiograma (ECG) que se comunica com dispositivos Android através de rede wireless utilizando o protocolo de comunicação Wi-Fi. O desenvolvimento desse protótipo tem por finalidade monitorar, em tempo real, os sinais EMG e ECG de voluntários em pesquisas científicas. Para realizar tal tarefa, o sistema é composto por um dispositivo responsável pela aquisição, interpretação e envio dos sinais, uma API para armazenar e enviar as amostras coletadas, além de um aplicativo Android para visualização dos sinais em tempo real. O desenvolvimento deste trabalho abre oportunidades para um novo conjunto de produtos, capazes de integrar a tecnologia existente em *smartphones* e *tablets* à tecnologia de instrumentação biomédica aplicada ao monitoramento remoto de sinais biológicos.

Palavras-chave: EMG; ECG; Processamento digital de sinais; Wireless; Android; Monitoramento;

Contatos:

{mauriciobarbosa, andreanivaldo,
lsbritto}@gmail.com}

1. Introdução

Os sinais biológicos são sinais oriundos das atividades celulares e dos processos fisiológicos que o corpo humano realiza. Como resultado desses processos, sinais elétricos podem ser medidos através de eletrodos localizados na superfície da pele. Dentre os sinais elétricos gerados pelo corpo, destacam-se: Eletrocardiograma (ECG), atividade elétrica gerada pelo coração; Eletromiograma (EMG), atividade elétrica gerada pelas células musculares; Eletroencefalograma (EEG), atividade elétrica usada pelo cérebro e por nervos localizados na cabeça; Eletro-oculograma (EOG), atividade elétrica associada ao movimento dos olhos; entre outros.

Devido à facilidade de aquisição e às suas importâncias fisiológicas, os sinais biológicos de

ECG e EMG são os mais utilizados em aplicações portáteis. O estudo desses sinais pode ser utilizado para diversas finalidades, tais como: processamento de dados coletados para o diagnóstico de doenças e anomalias em diferentes órgãos; controle de próteses de membros musculares; aprimoramento físico de atletas; ferramenta de acessibilidade por pessoas com deficiência motora; dentre outros.

Dispositivos de *hardware* para coleta e processamento de sinais biológicos foram desenvolvidos nos últimos anos por empresas e pesquisadores. Inclusive dispositivos responsáveis por monitorar e processar remotamente o sinal de ECG com o objetivo de diagnosticar doenças cardíacas em tempo hábil. Um exemplo são os sistemas *Holters* de Eletrocardiograma portáteis [Silva 2014].

Devido a evolução dos microprocessadores, foi possível a redução do consumo de energia e dos preços desses dispositivos. O trabalho de Silva [2009] mostra como essas arquiteturas mais modernas e eficazes também tem auxiliado no desenvolvimento de aplicações inovadoras. Nesse trabalho foi utilizado um processador do tipo ARM-Cortex para realizar a aquisição dos sinais de ECG de alta resolução e enviar os sinais adquiridos para um computador utilizando o protocolo de comunicação USB.

Aplicações que realizam o processamento de dados coletados de sinais ECG estão sendo utilizadas para detectar arritmias cardíacas e disponibilizar dados processados em fonte de dados distribuídos na Internet com o intuito de permitir a comparação entre casos patológicos semelhantes, auxiliando a melhorar a precisão e velocidade no diagnóstico de doenças cardiovasculares [Volpato 2005; Palodeto 2006].

O sinal de EMG também é utilizado para diversas finalidades. Albrecht [2010] desenvolveu uma ferramenta para auxiliar no controle de uma cadeira de rodas motorizada, utilizando o sinal de EMG. Este trabalho mostra como os sinais biológicos, aliados a eletrônica embarcada, podem ser utilizados para desenvolver tecnologias assistenciais inovadoras.



STAES2017

III SEMINÁRIO DE TECNOLOGIAS
APLICADAS EM EDUCAÇÃO E SAÚDE

O trabalho de Andrade [2006] evidencia a utilização de sinais de EMG para controle de próteses de membros musculares. Através dos sinais elétricos criados a partir de contrações voluntárias geradas pelo paciente, é possível a identificação de padrões na contração muscular e reconhecimento de movimentos através da análise computacional do sinal de EMG.

Outro campo em que equipamentos portáteis de EMG podem ser utilizados é no aprimoramento físico de atletas em competições como futebol e atletismo. No trabalho de Andrade [2006], foram utilizados sistemas computacionais com o intuito de detectar fadiga muscular utilizando o processamento digital do sinal EMG. Esse trabalho pode auxiliar na preparação física de atletas, identificando o momento exato da fadiga e auxiliando no desenvolvimento de metodologias de treinamento mais eficazes.

O setor de entretenimento é outro campo onde o sinal de EMG pode ser aplicado. O fabricante Thalmiclabs [2013] desenvolveu um aparelho denominado Myo que tem por objetivo coletar e analisar o sinal de EMG dos músculos do antebraço em tempo real para obter informações utilizadas no controle sem fio de ações em jogos eletrônicos, substituindo assim o *joystick* e *mouse*. Tecnologias como essa eleva o dinamismo dos jogos, e ainda podem ser utilizadas para permitir acessibilidade por pessoas com deficiência motora.

Alguns fabricantes de dispositivos eletrônicos disponibilizam circuitos integrados específicos para aquisição de sinais biológicos. Esses dispositivos são bastante utilizados em trabalhos acadêmicos como o trabalho de Oliveira e Balbinot [2014], e o trabalho de Zanetti [2013], os quais utilizaram como base do circuito de aquisição de sinais biológicos um *Front End* proprietário que permite a aquisição e processamento do sinal de ECG, o que reduz significativamente o tempo de desenvolvimento do sistema e reduz os riscos de interferência eletromagnética.

Apesar da grande quantidade de material acerca do tema, poucos trabalhos procuraram integrar os sinais de ECG e EMG e disponibilizá-los em dispositivos de uso pessoal como *smartphones* e *tablets*. No trabalho de Souza [2015], foi desenvolvido um protótipo de baixo custo para aquisição e envio dos sinais de ECG e EMG para *smartphones* e *tablets* Android, utilizando o protocolo de comunicação Bluetooth.

Entretanto, é possível desenvolver um protótipo que colete e envie os sinais de ECG e EMG para um repositório distribuído na Internet para posterior processamento e/ou transmissão. Dessa forma, seria possível utilizar a tecnologia disponível no mercado nacional, como *smartphones* e *tablets*, para processamento e exibição desses sinais coletados. Além disso, a disponibilização desses sinais na Internet possibilita ainda o cruzamento dos dados coletados para o estudo de características importantes nesses sinais, auxiliando por exemplo a melhorar a precisão e velocidade na identificação de patologias.

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver o protótipo de um sistema para coleta, tratamento e envio dos sinais de EMG e ECG para um repositório distribuído na Internet. Além disso, será desenvolvido um aplicativo Android para *smartphones* e *tablets* com o intuito de sincronizar e exibir os sinais coletados para análise e monitoramento.

O objetivo geral acima pode ser subdividido nos seguintes objetivos específicos:

- Construir um sistema para coleta e tratamento dos sinais de EMG e ECG, de baixo custo e alto poder computacional, capaz de coletar, condicionar e converter os sinais adquiridos do formato analógico para digital.
- Construir um sistema de comunicação *wireless*, utilizando o protocolo de comunicação Wi-Fi, para envio dos sinais coletados no formato digital ao repositório distribuído na Internet.
- Construir uma API capaz de receber requisições Http para envio e download dos sinais de EMG e ECG coletados. Essa API deve ser capaz de responder apenas as requisições de clientes previamente autenticados.
- Desenvolver um aplicativo Android para *smartphones* e *tablets* capaz de comunicar-se com a API, sincronizar e exibir os sinais de EMG e ECG para análise e monitoramento.

Nas próximas seções serão abordadas a fundamentação teórica necessária para realização deste trabalho, a proposta para construção do protótipo, a metodologia a ser utilizada e os resultados que se espera obter.

2. Fundamentação Teórica



STAES2017

III SEMINÁRIO DE TECNOLOGIAS
APLICADAS EM EDUCAÇÃO E SAÚDE

Nesta seção está presente a fundamentação teórica. São abordados os temas de sinais de EMG e ECG, processamento digital de sinais, e desenvolvimento de aplicativos para a plataforma Android.

2.1 O Sinal Mioelétrico (EMG)

O sinal mioelétrico (EMG) é proveniente do potencial de ação que percorre a fibra muscular levando-a a contração. Esse tipo de sinal foi observado primeiramente por Luigi Galvani, em 1791. Em 1849, Frenchman Dubois-Reymond descobriu que esses sinais representam o reflexo involuntário do músculo no momento em que há passagem de corrente elétrica [Albrecht 2010]. No entanto, somente no século XX os estudos a respeito dos sinais EMG foram intensificados, o que levou ao surgimento da Eletromiografia atual.

Os sinais de Eletromiografia são sinais biomédicos que correspondem às atividades elétricas das células musculares, comandadas pelos neurônios motores do Sistema Nervoso Periférico (SNP). O sinal EMG revela o estado das Unidades Motoras (UMs) durante o processo de contração muscular. As UMs formam as terminações neuronais localizadas nas fibras musculares [Albrecht 2010].

A terminação de um neurônio no músculo, também conhecida como Junção Neuromuscular, em conjunto com o axônio, corpo celular e todas as fibras que enervadas por esse neurônio formam uma unidade motora (UM), conforme ilustrado na Figura 1. A atividade dessas UMs é refletida no sinal EMG, ou seja, um estímulo propaga-se do cérebro até os músculos por meio dos axônios de um neurônio motor e ao receber esse estímulo, as fibras musculares despolarizam-se simultaneamente. Essa despolarização simultânea gera uma corrente elétrica e por consequência a contração muscular [Forti 2005].

A atividade elétrica gerada pela despolarização das fibras musculares é chamada de Potencial de Ação de Unidade Motora (PAUM), essa atividade propaga-se através dos tecidos e pode ser medida e registrada graficamente por meio de eletrodos. Esses sinais captados apresentam amplitudes na escala de *microvolts* [Forti 2005].

Os sinais de EMG podem ser coletados utilizando eletrodos na superfície da pele ou subcutâneos. Esses sinais possuem 5mV quando capturados por eletrodos de superfície e 10mV quando captados por eletrodos subcutâneos. Os sinais captados possuem maior energia em frequências abaixo de 500Hz e a energia dominante do sinal está compreendida entre as frequências de 50Hz e 150Hz [Velloso 2004; Andrade 2006; Sornmo e Laguna].

Figura 1: Ilustração de uma unidade motora e junção neuromuscular. [Souza 2015]

2.2 O Sinal de Eletrocardiograma (ECG)

O gráfico obtido através da aquisição dos sinais elétricos do músculo cardíaco, o miocárdio, é chamado de eletrocardiograma (ECG). Esses sinais podem ser detectados através de eletrodos colocados na superfície da pele na região do tórax e registrados por um equipamento, o eletrocardiógrafo, em uma fita de papel milimetrado ou em formato digital [Chaves e Moreira 2001].

Por ser um exame que ajuda no diagnóstico de diversas anomalias rítmicas do coração e outras cardiopatias, o ECG é largamente utilizado. Além disso, considera-se um exame rápido, barato e não invasivo. Esse exame também pode ser utilizado em outros animais para a identificação de doenças e pesquisas.

O ECG é bastante importante, uma vez que revela o comportamento do coração através da análise dos campos elétricos gerados durante a despolarização e repolarização do miocárdio [Chaves e Moreira; Gutiérrez 2006].

O sinal de eletrocardiograma mede o tempo entre o disparo do primeiro impulso no nó sinusal até o fim na contração dos ventrículos [Ryan 2015]. É possível dividir esse sinal em várias partes, conforme a seguir:

- O primeiro pulso positivo, chamado de onda P, é formado quando os átrios se contraem para passar o sangue aos ventrículos.
- O próximo segmento, em formato de pico, é determinado complexo QRS, e ocorre com a contração dos ventrículos para bombear o sangue para o corpo.



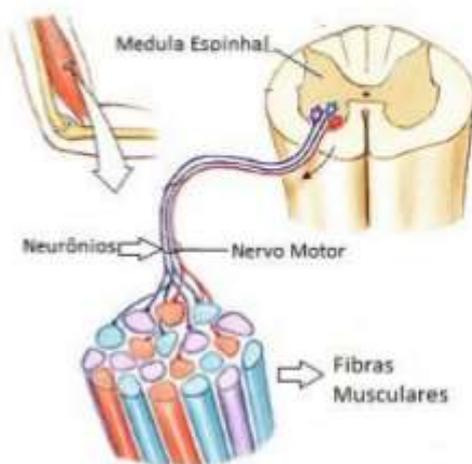
STAES2017

III SEMINÁRIO DE TECNOLOGIAS
APLICADAS EM EDUCAÇÃO E SAÚDE

- O segmento ST, mede o tempo entre o fim da contração dos ventrículos e o início do período de repouso.
- Por fim, existe outro pulso positivo, a onda T, que mede o tempo de repouso entre os ventrículos começarem a se movimentar novamente para iniciar um novo ciclo de bombeamento [Ryan 2015].

A Figura 2 ilustra o sinal de ECG e os segmentos que o compõem. Um ponto importante a ser considerado quanto à aquisição do sinal de ECG e seu processamento é o ruído. Diferentes tipos de ruídos podem comprometer o sinal. Dentre eles, destacam-se [Friesen 1990]:

- Interferência da rede elétrica;
- Ruído de contato do eletrodo;
- Contração muscular;



- Movimento do paciente;
- Ruído de instrumentação
- Ruído eletrocirúrgico.

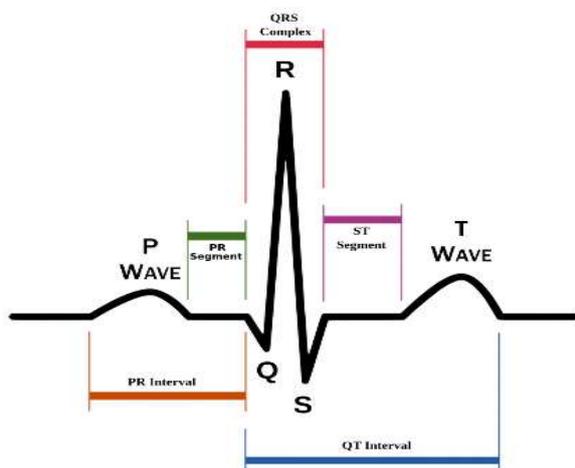


Figura 2: Ilustração do Sinal de ECG e seus segmentos. [Ryan 2015]

De forma análoga aos potenciais de ação das unidades motoras, os potenciais de ação das células do miocárdio possuem baixa amplitude. O sinal de ECG apresenta amplitudes que podem variar de 1 até 5mV e possui uma largura de banda que varia de 0,05 até 250Hz. No entanto, para um monitor cardíaco é utilizado apenas a banda de frequência que possui frequências no intervalo de 0,05 até 100Hz, pois as frequências superiores a 100Hz são geralmente utilizadas para exames de ECG de alta resolução [Sormo e Laguna; Silva 2009].

2.3 Processamento digital de sinais

A construção de um sinal digital a partir de um sinal analógico é constituída de três passos: a transdução/captação do sinal, o condicionamento e a digitalização. O primeiro passo é a captação do sinal e a transdução para a forma elétrica. Depois é necessário condicionar o sinal transduzido para um formato adequado para a digitalização. No processo de condicionamento do sinal, geralmente são aplicadas operações como amplificação e filtragem do sinal analógico. Por fim, o sinal é digitalizado por meio de uma interface analógica/digital e o resultado é uma sequência de amostras. A digitalização é composta por duas etapas: a discretização temporal, denominada “amostragem”, e a discretização de amplitude, denominada “quantização”.

Para capturar os sinais eletrofisiológicos, são utilizados eletrodos metálicos, que transformam os potenciais em partes diferentes do corpo humano em uma diferença de potencial elétrica que varia ao longo do tempo. A maior dificuldade na captura desses sinais está relacionada à sua amplitude, que em geral é muito baixa (normalmente na ordem de dezenas ou centenas de microvolts). Além disso, também é comum a interferência de ruído de 60Hz causado pela proximidade com a rede de energia elétrica. A solução comumente aplicada para esse problema é o uso de amplificadores diferenciais no módulo de condicionamento de sinais. Esses amplificadores são sensíveis a diferença de potencial entre dois pontos. Como a tensão induzida pela rede elétrica é, em geral, quase igual nos fios por meio dos quais a captação é feita, um amplificador diferencial permite reduzir essa interferência, permitindo capturar, majoritariamente, o sinal eletrofisiológico.



STAES2017

III SEMINÁRIO DE TECNOLOGIAS
APLICADAS EM EDUCAÇÃO E SAÚDE

Conforme mencionado anteriormente, na etapa de condicionamento do sinal eletrofisiológico é realizada a operação de amplificação com o intuito de eliminar ruídos que podem comprometer as características do sinal capturado. Além disso, nessa fase o sinal é decomposto em componentes senoidais através da análise de Fourier. Dessa forma, pode ser realizada operações de filtragem do sinal com o intuito de extrair parte do sinal biomédico que é indesejável e/ou atenuar alguma parte do sinal e enriquecer outra, de forma a facilitar algum aspecto da análise do sinal. Dentre os tipos de filtros utilizados, destacam-se:

- Filtro passa-baixa: Tem por objetivo remover componentes senoidais acima de determinada frequência.
- Filtro passa-alta: Filtro utilizado quando se deseja permitir a passagem de apenas partes do sinal acima de determinada frequência.
- Filtro passa-faixa: Como o próprio nome diz, permite a passagem apenas de componentes senoidais dentro de determinada faixa de frequência.
- Filtro rejeita-faixa: Remove partes do sinal dentro de determinada faixa de frequência.

Por fim, temos a etapa de conversão do sinal de formato analógico para digital. A interface analógica-digital, na grande maioria das aplicações, opera a taxa fixa de digitalização. Para cada aplicação existe uma taxa de amostragem mínima que é conveniente para representação digital do sinal. Caso essa taxa mínima não seja obedecida, ocorre um fenômeno denominado superposição de espectros, ou *aliasing*, que acarreta em perdas de informação na representação digital.

O teorema da amostragem, ou teorema de Nyquist, diz que a taxa de amostragem mínima para se amostrar um sinal é o dobro da frequência da componente do sinal com frequência mais alta. Por exemplo, se um sinal tem componentes de frequência com amplitude significativa em uma faixa de frequência de 0 a 100Hz, o sinal deve ser amostrado a uma taxa mínima de 200 amostras por segundo para que possa ser reconstruído sem perda de informação. O filtro passa-baixa também é conhecido como filtro *antialiasing* e tem finalidade de minimizar a superposição de espectros.

O sinal digital é representado por um conjunto de amostras quantizadas onde cada amostra é constituída por uma palavra digital, que é o número

correspondente a amplitude do sinal. A palavra digital é formada por bytes. É comum digitalizar sinais eletrofisiológicos com comprimento de palavra digital de dois bytes por cada amostra.

As técnicas que utilizam processamento digital de sinais vêm ganhando espaço em diversas aplicações, tais como: meteorologia, finanças, economia, sistemas embarcados, processamento de voz, áudio, imagem e vídeo, comunicações, automação e controle de processos, robótica, visão computacional, sismologia, instrumentação, reconhecimento e identificação de padrões, sistemas especialistas, navegação aeroespacial, guerra eletrônica, agricultura de precisão, biomecânica, química, medicina, biologia e todas as áreas em que é possível utilizar um computador digital para processar informações. Na engenharia biomédica também é possível verificar o grande avanço tecnológico dos equipamentos digitais. Exemplos disso são os modernos eletrocardiógrafos digitais, os equipamentos de tomografia computadorizada e os *scanners* de ressonância magnética nuclear.

Para o entendimento mais aprofundado da área de processamento digital de sinais, estão disponíveis diversas referências [Openheim et al. 1999; Proakis e Manolakis].

2.4 Desenvolvimento de aplicativos para a plataforma Android

A definição do próprio site diz que “O Android é um conjunto de softwares para dispositivos móveis que inclui um sistema operacional, um middleware e aplicações-chave.”. O sistema operacional tem como base o *kernel* do Linux, que é responsável pelo gerenciamento de processos, *drivers*, memória e energia. O middleware, por sua vez, controla a interação entre os aplicativos instalados no aparelho, facilitando a comunicação entre eles. E as aplicações-chave são programas comuns, como discador, navegador, contatos, mensagens e etc [Glauber 2015].

Presente em mais de um bilhão de dispositivos, principalmente em *smartphones* e *tablets*, o Android também pode ser encontrado em muitos dispositivos, como automóveis, TVs, relógios e etc. Seu código-fonte é distribuído sob a licença da Apache, e isso permite que qualquer fabricante de aparelhos o utilize em seus produtos, faça as modificações necessárias e não o obriga a compartilhar essas mudanças com os concorrentes. Isso faz com que cada fabricante tenha



STAES2017

III SEMINÁRIO DE TECNOLOGIAS
APLICADAS EM EDUCAÇÃO E SAÚDE

um “Android customizado”. Entretanto, para que o aparelho saia de fábrica com os aplicativos do Google (Gmail, Google Maps, Google Play, Hangout, etc.), ele terá de ser homologado por meio de uma bateria de testes, para evitar que o fabricante, com suas modificações, afete alguma API que os desenvolvedores utilizam [Glauber 2015].

As aplicações do Android são desenvolvidas em linguagem de programação JAVA e utilizam o *Android Software Development Kit* (SDK) e executam sob a máquina virtual Dalvik. No entanto, o sistema operacional também possui suporte ao desenvolvimento de aplicações nativas em linguagem C e C++. Uma vez que a plataforma Android tem como base o kernel do Linux, ela herda várias características intrínsecas desse sistema operacional, como: gerenciamento de arquivos, núcleo, servidores de terminais, dentre outras [Brahler 2010].

Segundo dados mais recentes da empresa de consultoria Gartner, o sistema operacional Android está presente em 86,2% dos *smartphones* vendidos no mundo em 2016. Além disso, a plataforma está presente em diferentes tipos de dispositivos eletrônicos, como TVs, carros, dispositivos vestíveis e etc. A quantidade de material disponível para auxiliar no desenvolvimento de aplicativos para esta plataforma também é muito vasto. Esses fatos tornam este sistema operacional uma ótima plataforma de investimento no setor de desenvolvimento de aplicativos.

3. Proposta

Para construção do protótipo responsável por coletar, condicionar e converter os sinais de formato analógico para digital serão utilizados os seguintes componentes: Um sensor muscular para conversão de atividades elétricas musculares em sinais analógicos; Um microcontrolador Arduino para condicionamento dos sinais coletados.

O sistema responsável pela comunicação entre protótipo de coleta e o repositório distribuído na Internet é composto por um módulo Wi-fi, integrado ao microcontrolador Arduino, e um sistema embarcado desenvolvido em linguagem C++ para o envio dos sinais de EMG e ECG.

Para desenvolver a API será utilizada a plataforma Firebase, que é um *Backend as Service* (BaaS) que oferece diversos serviços para facilitar o

desenvolvimento de aplicações do lado do Servidor. Com integração com várias plataformas como Angular, Java Script, Node.js, Android e IOS, o Firebase auxilia os desenvolvedores a focar no desenvolvimento *front end* mobile e web.

Por fim, será desenvolvido o aplicativo para a plataforma Android que deverá funcionar em *smartphones* e *tablets*, utilizando a linguagem de programação Java, Ambiente de desenvolvimento Android Studio, e APIs disponibilizadas pela Google.

A Figura 3 exibe a arquitetura do sistema que se deseja construir.

4. Metodologia

Este trabalho, de caráter experimental e qualitativo, contém uma metodologia que está descrita a seguir:

- Com o estudo das referências encontradas acerca do tema, será desenvolvido o protótipo do sistema para aquisição, condicionamento e envio dos sinais de EMG para posterior utilização.
- Após a construção do sistema para aquisição, condicionamento e envio dos sinais de EMG, será desenvolvido o aplicativo Android para visualização dos sinais na tela do dispositivo.
- Por fim, será realizado testes com pacientes para validar se, após o condicionamento dos sinais de EMG, o sistema estará exibindo os gráficos dos sinais de acordo com o esperado.

A Tabela 1 expõe o cronograma de atividades para a realização do projeto. Vale ressaltar que as atividades foram estabelecidas prevendo a duração de 7 meses.

5. Conclusão

Ao final deste trabalho espera-se desenvolver um sistema capaz de capturar, condicionar e disponibilizar em um repositório na Internet sinais de EMG e ECG. Além disso, pretende-se construir um aplicativo para a plataforma Android, capaz de executar em *smartphones* e *tablets*, com o intuito de sincronizar e exibir na forma de gráficos os sinais coletados.



STAES 2017

III SEMINÁRIO DE TECNOLOGIAS
APLICADAS EM EDUCAÇÃO E SAÚDE

Com esse trabalho espera-se contribuir com a área de engenharia biomédica de diversas maneiras. O aplicativo Android a ser desenvolvido pode ser utilizado para o monitoramento dos dados de ECG e EMG de pacientes, a qualquer lugar e em qualquer momento. O desenvolvimento da API permite a integração com outros sistemas capazes de cruzar os dados coletados com o intuito de extrair conhecimento, podendo auxiliar de diversas formas, desde a análise e identificação de patologias comuns, até a identificação do momento exato em que ocorre a fadiga muscular. Esse protótipo ainda pode ser utilizado como ferramenta auxiliar no desenvolvimento de novas pesquisas.

Este trabalho ainda pode servir de base para a realização de trabalhos futuros, como a construção de um acessório vestível capaz de capturar e enviar os sinais de ECG e EMG para a Internet, tornando assim a utilização do equipamento de forma ainda mais natural. Também pode ser desenvolvido um aplicativo para outras plataformas, como IOS, com o intuito de aumentar o público alvo do produto. Outro trabalho possível seria a utilização dos dados de ECG ou EMG para a criação de jogos que realizam ações em respostas a estímulos, podendo assim auxiliar pacientes no aprimoramento de deficiências motoras. Por fim, a arquitetura do sistema proposta pode ser utilizada para construção de um sistema capaz de coletar outros tipos de sinais biológicos, como os sinais de Eletroencefalograma (EEG) e Eletrooculograma (EOG).

Referências

- ALBRECHT, B. L., 2010. *Controle de uma Cadeira de Rodas Motorizada Através de Eletromiografia em uma Plataforma Embarcada*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 135.
- ANDRADE, A. D. O., 2006. *Metodologia para Classificação de Sinais de EMG no Controle de Membros Artificiais. Uberlândia*: Universidade Federal Uberlândia. p. 105p.
- ANDRADE, M. M. D., 2006. *Análise Tempo-Frequência de Sinais Eletromiográficos para Análise de Fadiga Muscular em Cicloergômetro*. p. 103.
- BARROS, Kety Rosa de et al, 2005. *Metodologia para classificação de sinais EMG para controle de próteses com baixo esforço computacional*.
- BORN, R. S., 2000. *Filtros Adaptativos Aplicados a Sinais Biomédicos*. p. 51.
- BRAHLER, S., 2010. *Analysis of the Android Architecture*. p. 43.
- CARDOSO, A, S, V, 2010. *Instrumentação e Metodologia de Medição de Biopotenciais*. p. 124.
- CHAVES, P. C.; MOREIRA, A. L., 2001. *Eletrocardiografia. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto*. Porto. p. 26.
- DE SOUSA, Vagner Ribeiro; SOUZA, MA da S.; ROMERO, J. F. A., 2006. *Circuito de Condicionamento de Sinais Eletromiográficos*. XII ENCITA.
- DE SOUZA, Pedro Victor Eugênio, 2015. *Sistema De Aquisição De Sinais De Emg E Ecg Para Plataforma Android Tm*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco.
- FAVIEIRO, Gabriela Winkler, 2009. *Sinais mioelétricos e seu uso em tecnologia assistida como interface homem-máquina*. Salão de Iniciação Científica (21.: 2009 out. 19-23: Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS.
- FERREIRA, E. L. C., 2007. *Análise da Interferência de Ruídos e Artefatos no Processo de Aquisição e Processamento Digital de um Sinal Biológico*. p. 126.
- FOLHA DE S. PAULO, 2015. *Número de smartphones em uso no Brasil chega a 168 milhões, diz estudo*. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2016/04/1761310-numero-de-smartphones-em-uso-no-brasil-chega-a-168-milhoes-diz-estudo.shtml>>. Acesso em: 25 de Novembro de 2016.
- FORTI, F., 2005. *Análise do Sinal Eletromiográfico em Diferentes Posicionamentos, Tipos de Eletrodos, Ângulos Articulares e Intensidades de Contração*. p. 134.
- FRIESEN, G. M. et al, 1990. *A Comparison of the noise sensitivity of nine QRS detection algorithms*.
- GARTNER, 2016. *Gartner Says Five of Top 10 Worldwide Mobile Phone Vendors Increased Sales in Second Quarter of 2016*. Disponível em <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3415117>>. Acesso em: 25 de Novembro de 2016.
- GLAUBER, N., 2015. *Dominando o Android - Do Básico ao Avançado*, 2a. Edição. São Paulo. p. 19.
- HUHTA, J. C.; WEBSTER, K. G., 1973. *60Hz Interference in Elettrocardiogram*. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. p. 91-101.



STAES2017

III SEMINÁRIO DE TECNOLOGIAS
APLICADAS EM EDUCAÇÃO E SAÚDE

- JOHNSON, D. E.; HILBURN, J. L.; JOHNSON, J. R., 1994. *Fundamentos de Análise de Circuitos Elétricos*.
- JUNIOR, A. P., 2003. *Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos: teoria, projetos, aplicações e laboratório*. 6^oed.
- LECHETA, R. G. et al., 2003. *O efeito da terapia de biofeedback por eletromiografia de superfície na flexão de joelho da marcha hemiparética*. p. 7.
- LOPES, Ricardo Filipe Gonçalves, 2014. *Processo de conversão A/D para aquisição de sinais mioelétricos*.
- MARCHETTI, P. H., 2006. *Instrumentação em Eletromiografia*. São Paulo. p. 28.
- OPENHEIM, A. V.; SHAFER, R. W.; BUCK, J. R., 1999. *Discrete-time Signal Processing*, 2a. Edição. Prentice-Hall.
- ORTOLAN, R. L., 2002. *Estudo e Avaliação de Técnicas de Processamento do Sinal Mioelétrico para o controle de Sistemas de Reabilitação*. Dissertação (Mestrado), São Carlos: Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. p. 113.
- OLIVEIRA, I; BALBINOT, A., 2014. *Eletrocardiograma Portátil Através De Aplicativo Para Sistema Operacional Android*. XXIV – Congresso Nacional de Engenharia Biomédica. Uberlândia.
- OLIVEIRA, M; RAMOS, C., 2009. *Redução de Ruído de 60Hz em Medidas de ECG Utilizando FPGA*. p. 10.
- PALODETO, V., 2006. *Sistema Computacional para o Processamento, a Análise e a Classificação do Sinal Eletrocardiográfico de Neonatos e Adultos*. p. 107.
- PASSOS, T. D. S., 2009. *Android, arquitetura e desenvolvimento*. p. 61.
- PROAKIS, J. G.; MANOLAKIS, D. K., 2006. *Digital Signal Processing*, 4a. Edição. Prentice-Hall.
- RAMINHOS, J. P. B. D. V., 2009. *Aquisição de Sinais Fisiológicos*. p. 93.
- ROCHA, A. F. da et al. *Processamento de Sinais Biológicos*. <<http://www.ene.unb.br/joaoluiz/pdf/adson-psb-capitulo.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2017.
- RYAN S. S., 2015. *Understanding the EKG signal* <<http://a-fib.com/treatments-for-atrial-fibrillation/diagnostic-tests/the-ekg-signal/>>. Acesso em: 19 de Novembro de 2016.
- SAUDE E MEDICINA, 2014. *Eletromiografia* <<http://www.saudemedicina.com/eletromiografia-emg/>>. Acesso em: 19 de Novembro de 2016.
- SILVA, G. A. C., 2009. *Projeto de um ECG de Alta Resolução com 12 Canais e Interface USB Utilizando Microcontrolador ARM*. p. 102.
- SORNMO, L.; LAGUNA, P., 2005. *Bioelectrical Signal Processing: in a cardiac and neurological applications*. San Diego: Elsevier.
- VELA, Jhon Freddy Sarmiento, 2016. *Protocolos e técnicas de análise de sinais EMG aplicados à avaliação motora e robótica*.
- VELLOSO, R. P., 2004. *Protótipo de um Eletromiógrafo Digital*. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau. p. 38.
- VOLPATO, E. C., 2005. *Processamento Digital de Eletrocardiograma: Estudo e Implementação de um Detector de Arritmias Cardíacas*. p. 73.
- ZANETTI, R., 2013. *Desenvolvimento de um Sistema Embarcado para aquisição de Sinais Biomédicos*. p. 94

