

## Sistema de Aquisição do Batimento Cardíaco

Jorgiania Vanérica A. Dias, Ernano Arrais Junior, Náthalee C. de Almeida Lima

Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA

Laboratório de Análises de Sinais Biomédicos – LASBIO

Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento – (GDES)

vanericaalves@gmail.com, {ernano.arrais,  
nathalee.almeida}@ufersa.edu.br

**Abstract** – *The ECG is the record of the electrical potential generated by the heart electrical activity and its analysis enables the diagnosis of various cardiac pathologies. According to the World Health Organization (WHO), about 30 % of the death causes in the world are related to cardiovascular problems. In Brazil, this number is equivalent to 30 % of the population, according to the Ministry of Health, with men being the most affected, representing approximately 60 % of the victims. In this, cardiac atrial arrhythmias, especially tachycardia and bradycardia, will be studied. This paper presents a proposal to develop a platform for the acquisition of heart rate. The system developed consists of an electronic device, based on a stethoscope and instrumentation amplifier to pick up the beats. Thus, through the detection of the beats, several pathologies can be analyzed. This project is still in progress, with some experimental results that demonstrate how characteristics of the desired system.*

**Resumo** – *O eletrocardiograma (ECG) é o registro do potencial elétrico gerado pela atividade elétrica do coração e sua análise possibilita o diagnóstico de diversas patologias cardíacas. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 30 % das causas de morte no mundo estão relacionadas a problemas cardiovasculares. No Brasil esse número equivale a 30 % da população, segundo o Ministério da Saúde, sendo os homens os mais atingidos, representando aproximadamente 60 % das vítimas. Neste trabalho serão estudadas as arritmias auriculares cardíacas, em especial a taquicardia e a bradicardia. Este trabalho apresenta uma proposta de desenvolvimento de uma plataforma para aquisição do batimento cardíaco. O sistema a ser desenvolvido consiste num dispositivo eletrônico, fazendo-se uso de estetoscópio e amplificador de instrumentação para captar os batimentos. Assim, através da detecção dos batimentos, diversas patologias podem ser analisadas. Esse projeto ainda está em andamento, contudo possui alguns resultados experimentais que demonstram as características do sistema desejado.*

**Palavras Chaves:** *ECG; Bradicardia; Taquicardia; Batimento Cardíaco.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço dos sistemas eletrônicos e computacionais houve uma disseminação de algoritmos e ferramentas (equipamentos) para análise de sinais biomédicos, os chamados biopotenciais. Estas soluções são utilizadas tanto no auxílio a diagnósticos de patologias, quanto na utilização destes biopotenciais para controle de pequenas funções motoras, como por exemplo, aplicação em indivíduos com necessidades especiais [ARRAIS JÚNIOR 2016].

A análise dos biopotenciais é uma ferramenta poderosa para o monitoramento (acompanhamento) do comportamento físico/biológico das atividades do corpo humano. Assim, um monitoramento constante das atividades corpóreas poderá trazer diversos benefícios para os indivíduos, especialmente para aqueles que possuem patologias que apresentam um elevado índice de óbitos [SOUZA 2015].

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 30 % das causas de morte no mundo estão relacionadas a problemas cardiovasculares. No Brasil esse número equivale a 30 % da população, segundo o Ministério da Saúde, sendo os homens os mais atingidos, representando aproximadamente 60 % das vítimas.

Um dos exames mais utilizados para diagnósticos de patologias cardíacas é o eletrocardiograma (ECG) que é o registro do potencial gerado pela atividade elétrica do coração, e sua análise possibilita o diagnóstico de diversas patologias cardíacas. O eletrocardiograma tem por finalidade analisar graficamente os batimentos cardíacos de uma pessoa e verificar a normalidade do funcionamento de seu coração [MOREIRA 2016], porém, este exame só pode ser feito e interpretado por um especialista, o que torna às vezes inacessível para pessoas de baixa renda e pessoas com difícil acesso aos postos de saúde.

Neste trabalho será obtido o sinal cardíaco para posteriormente ser feita a detecção de arritmias de origem supraventricular, em especial a taquicardia e a bradicardia. As arritmias cardíacas são alterações elétricas que provocam irregularidade no ritmo das batidas do coração [SOBRAC 2015]. A bradicardia é um termo utilizado para nomear uma diminuição do ritmo cardíaco, sendo classificada como bradicardia fisiológica devido a variações normais do funcionamento do organismo ou bradicardia patológica devido à alguma doença [MEDTRONIC 2016]. A taquicardia é o oposto da bradicardia, ela é utilizada para nomear o aumento da frequência cardíaca, da mesma forma, pode ser classificada como taquicardia fisiológica e taquicardia patológica [LIMA 2015]. É considerada normal no ser humano uma frequência cardíaca entre 60 e 100 batimentos por minuto (bat/min) [ARRAIS JÚNIOR 2016].

De acordo com a Sociedade Brasileira de Arritmias Cardíacas [SOBRAC 2015], as arritmias cardíacas são responsáveis pela morte súbita de 300 mil brasileiros por ano. Diante disso, surgiu o questionamento de que forma a computação poderia contribuir para a diminuição desses índices, e essa problemática vem fazendo surgir diversos sistemas de monitoramento de pacientes, os chamados sistemas de telessaúde, os quais vêm crescendo bastante nos últimos anos [ARRAIS JÚNIOR 2016].

Por volta de 1960 começaram a surgir os primeiros estudos sobre o uso de computadores e sistemas inteligentes de sinal cardíaco. Foi a partir desta data que começaram a surgir discussões, ideias e debates dentro da comunidade científica. Um ano após essas discussões, Rikli et. al (1961) propuseram um programa computacional para identificar eletrocardiogramas normais de anormais. Anos após, Young e Huggnis (1964) apresentaram uma análise estatística implementada em computador que classificaria eletrocardiogramas. Ainda na mesma década as soluções foram sendo aprimoradas, Nomura, Takaki e Toyama (1966) propuseram um método computacional para diagnósticos de problemas cardíacos baseados na análise de eletrocardiogramas.

Utilizando bancos de dados de eletrocardiogramas, os primeiros algoritmos utilizavam parâmetros comportamentais, e com base nesses parâmetros criaram padrões de sinais de referências para a classificação. Mark et al. (1979) desenvolveram uma ferramenta portátil que era capaz de analisar em tempo real sinais ECG em pacientes. O método extraía características do sinal ECG baseando-se na classificação morfológica.

No decorrer dos anos, várias técnicas foram desenvolvidas de acordo com os comportamentos dos sinais de ECG. Com as descobertas de novas patologias e o desenvolvimento de novas tecnologias, a utilização das ferramentas computacionais que auxiliam nos diagnósticos médicos vem crescendo bastante nos últimos anos. Os estudos para evolução das técnicas desenvolvidas desde 1960 visam melhorar a autonomia, portabilidade e funcionalidade.

Quero et. al (2005) desenvolveram um sistema de Telecardiologia para o monitoramento contínuo de pacientes. O sistema funciona em um terminal portátil e um receptor central que presta supervisão e assistência médica 24h. O sistema inclui o processamento avançado do sinal para o reconhecimento de cardiologias usando redes neurais, compactação empregando wavelets, a enumeração e o GPS (*Global Positioning System*) para localizar o paciente em caso de desaparecimento.

Shanaz et. al (2015) desenvolveram um método de classificação de batimento cardíaco baseado na Transformada *wavelet* para a decomposição do sinal ECG obtidos por meio da decomposição em modo empírico (EMD). Os batimentos apresentam características distintas e estes parâmetros estatísticos são escolhidos conforme as características desejadas. Com os sinais de ECG utilizados, eles puderam classificar cinco classes de batimentos cardíacos que proporcionaram um desempenho de classificação satisfatório com a dimensão de recurso reduzida.

Atualmente, o uso desses algoritmos ou mesmo ferramentas móveis para a prática em telecardiologia para fins de acompanhamento das atividades cardíacas vem sendo muito utilizadas [ARRAIS JUNIOR 2016]. O sucesso alcançado com esses dispositivos, estão ligados diretamente com o avanço tecnológico e facilidades pelo uso dessas ferramentas computacionais, sendo elas em software ou em hardware.

As arritmias cardíacas podem ser detectadas no consultório a partir da ausculta cardíaca, associados a outros sintomas queixados por um indivíduo ou através do exame de ECG [ASSESSORIA MÉDICA FLEURY 2016]. O desenvolvimento de plataformas

de monitoramento cardíacos possibilita uma redução nos índices de óbitos das doenças cardiovasculares, pois, sua utilidade poderá permitir o acompanhamento domiciliar, ambulatorial e até hospitalar do ECG em pacientes que possuam a patologia, em atletas com o condicionamento fraco e até mesmo por indivíduos que costumam ter o hábito de verificar como forma de prevenção.

Este trabalho apresenta uma proposta de desenvolvimento de uma plataforma em *hardware* para posteriormente a detecção e análise da frequência cardíaca, com aplicação voltada para a área da telessaúde.

Este artigo está organizado da seguinte forma: Na seção 2, é apresentada a descrição do sistema. Na seção 3, é apresentada a arquitetura do sistema. Finalmente, na seção 4 são apresentadas as conclusões do trabalho.

## 2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema em *hardware* reconfigurável, utilizando FPGA (*Field-Programmable Gate Array*), para análise do batimento cardíaco. Com base no batimento cardíaco pode-se aferir se o indivíduo apresenta algum tipo de arritmia cardíaca, como bradicardia e taquicardia [EXTRA 2014].

O método baseia-se na captação do som das contrações ventriculares, sendo captado por um estetoscópio e sensor de som, onde o som é amplificado gerando um sinal a cada batimento. O sinal é obtido a partir de um estetoscópio que é conectado junto ao sensor de som que é ligado ao amplificador e é posto sobre a pele próximo ao coração para ser captado o batimento da frequência cardíaca.

Na Figura 1, pode-se observar a forma de como o sistema irá funcionar. O estetoscópio é posto no indivíduo e conectado ao sistema, e esse sistema será conectado a um PC (*personal computer*), que mostrará os batimentos/minuto.

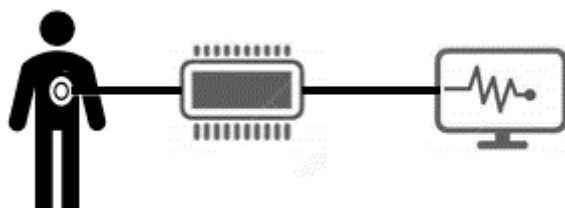
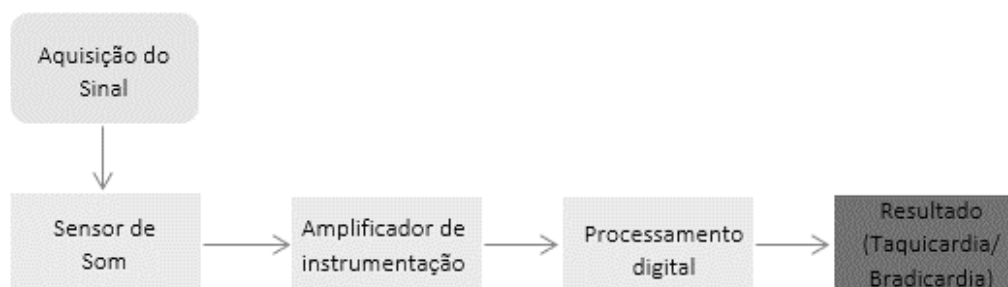


Figura 1: Esquema de funcionamento do sistema.

## 3. DESCRIÇÃO DA ARQUITETURA

É necessária uma alimentação para o amplificador que pode ser obtida através de uma fonte de até 10 V. O circuito de amplificador de instrumentação utilizado possui 3 amplificadores operacionais. Foi escolhido para este trabalho, o LM324 que é conhecido pelo seu alto ganho e por funcionar a partir de uma única fonte de

alimentação. A Figura 2 apresenta a arquitetura do sistema. O amplificador possui topologia padrão de circuitos de instrumentação [SEDRA 2010], [RAZAYI 2008].

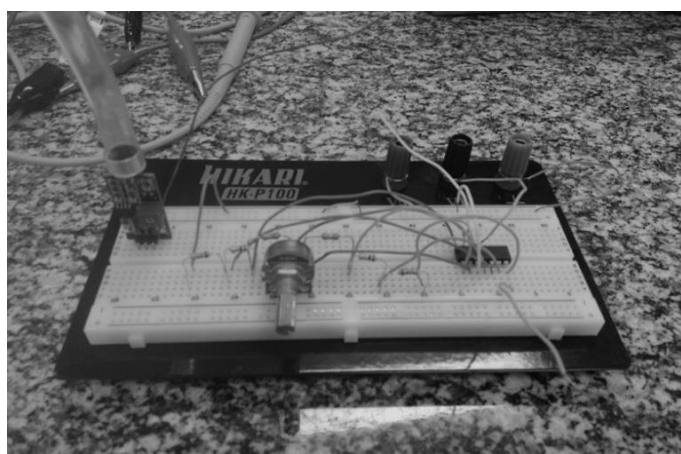


**Figura 2: Arquitetura do sistema.**

Ao final de todos os estágios, pode-se obter o comportamento em tempo real do batimento cardíaco. O estágio de processamento digital será implementado futuramente, e sua saída será o resultado da classificação das arritmias de ênfase nesse trabalho, taquicardia ou bradicardia. Para atingir uma boa qualidade do sinal de ECG foi necessário atender algumas especificações, como o amplificador possuir um ganho diferencial de 10,26 V/V e CMRR (*Common Mode Rejection Ratio*) de 40 dB.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

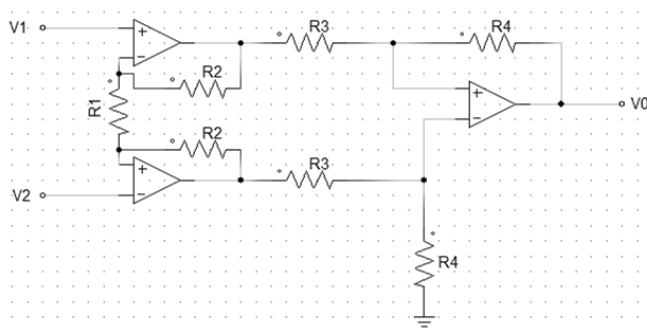
Na Figura 3, é apresentado a montagem do amplificador. O dispositivo funciona através de um tubo condutor por onde o som é conduzido até o sensor e uma *campânula* e/ou um *diafragma* é posto na ausculta cardíaca para o som dos batimentos serem amplificados. Os testes realizados em laboratório foram satisfatórios e animadores para as implementações futuras do sistema, os batimentos foram captados sem ruídos no sinal.



**Figura 3: Sistema de captação dos batimentos**

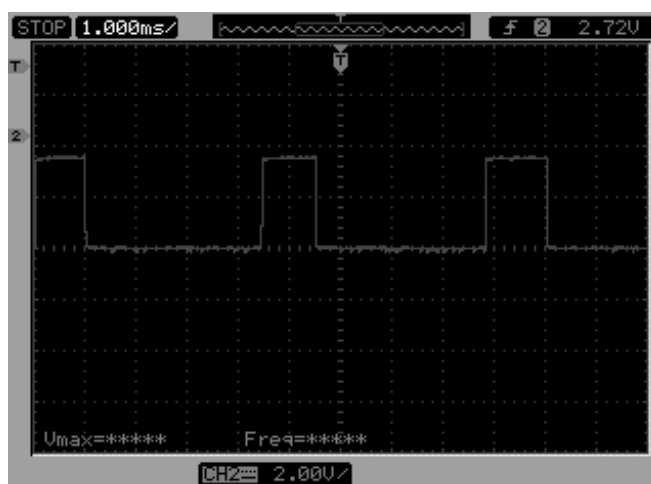
Na Figura 4, pode ser visualizado o amplificador implementado. O amplificador possui um ganho de 10,26 V/V e CMRR de 40 dB. De acordo com o Datasheet, o

CMRR satisfaz o requisito do LM324 [TEXAS INSTRUMENTS 2016]. Isso pode otimizar e facilitar o desenvolvimento dos resultados, podendo ser ajustáveis.



**Figura 4: Amplificador implementado**

Na Figura 5, cada pico como mostrado na tela do osciloscópio representa um batimento. Os batimentos variam de acordo com a frequência cardíaca de cada indivíduo, cada batimento obtido pelo estetoscópio é amplificado e transmitido para o osciloscópio, onde pode ser visualizado em tempo real.



**Figura 5: Teste prático do sistema.**

## 5. CONCLUSÕES

Foi apresentada uma proposta de sistema de aquisição de ECG, com ênfase nas arritmias cardíacas. Neste trabalho foi utilizado um amplificador ECG e sensor de som que serão implementados em FPGA, futuramente. O FPGA tornará o sistema reconfigurável, podendo ser implementado de forma fácil e barato. O dispositivo ainda está em desenvolvimento com o objetivo de beneficiar pessoas que possuam problemas cardíacos. Sua utilidade está em permitir o acompanhamento domiciliar, ambulatorial e até hospitalar do eletrocardiograma em pacientes que possuam a patologia.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), ao Laboratório de Análise de Sinais Biomédico (LASBIO) e ao Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento (GDES) da UFERSA pelo suporte ao longo do trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS

- A. Hemdndez, G. Carrault and F. Mora, Model-based interpretation of cardiac beats by evolutionary algorithms, *Computers in Cardiology*, 2002, pp. 93-96, 2002.
- A. Sedra, and K. Smith, *Microelectronic circuits*, 6th ed., New York, Oxford, Oxford University, 2010.
- ARRAIS JUNIOR, Ernano. Sistema de Análise de Sinal Cardíaco para Aplicação em Telecardiologia. 2016. 157 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Computação., Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Natal, 2016.
- Arritmia Cardíaca. Disponível em: <<http://www.fleury.com.br/saude-em-dia/dicionarios/doencas/pages/arritimia-cardiaca.aspx>>. Acesso em: 20 fev. 2017.
- Arritmias Cardíacas e Morte Súbita. 2016. Disponível em: <[http://www.sobrac.org/publico-geral/?page\\_id=6](http://www.sobrac.org/publico-geral/?page_id=6)>. Acesso em: 10 fev. 2017.
- Arritmias e morte súbita vitimam 300 mil brasileiros por ano. Disponível em: <<http://www.sobrac.org/campanha/arritmias-e-morte-subita-vitimam-300-mil-brasileiros-por-ano/>>. Acesso em: 28 jan. 2016.
- B. Razavi, *Fundamentals of microelectronics*, John Wiley Professio, USA, 2008.
- C. Shahnaz, T. B. Anowar, R. H. M. Rafi, I. Ahmmed and S. A. Fattah, Cardiac beat classification based on wavelet analysis of empirical mode decomposed ECG signals, *TENCON 2015 - 2015 IEEE Region 10 Conference*, Macao, pp. 1-6, 2015.
- Campanha ensina a medir o pulso para detectar arritmia cardíaca que leva ao derrame. 2014. Disponível em: <<http://extra.globo.com/noticias/saude-e-ciencia/campanha-ensina-medir-pulso-para-detectar-arritmia-cardiaca-que-leva-ao-derrame-14536291.html>>. Acesso em: 08 fev. 2017.
- Doenças cardiovasculares causam quase 30% das mortes no País. 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2011/09/doencas-cardiovasculares-causam-quase-30-das-mortes-no-pais>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- FANCOTT, T.; WONG, D. H. A minicomputer system for direct high speed analysis of cardiac arrhythmia in 24 h ambulatory ecg tape recordings. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, BME-27, n. 12, p. 685–693, Dec 1980.
- LIMA, Ana Luiza. O que pode causar taquicardia. 2015. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/taquicardia/>>. Acesso em: 05 fev. 2017.

- LM324 Quadruple Operational Amplifier. Disponível em: <<http://www.ti.com/product/LM324>>. Acesso em: 24 fev. 2017.
- MARK, R. G. et al. Real-time ambulatory arrhythmia analysis with a microcomputer. *Computers in Cardiology*, p. 57–62, 1979.
- MOREIRA, Thiago. Projeto de circuito para Eletrocardiógrafo. 2016. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/projeto-eletrocardiografo/>>. Acesso em: 13 fev. 2017.
- NOMURA, Y.; TAKAKI, Y.; TOYAMA, S. A method for computer diagnosis of the electrocardiogram. *Japanese circulation journal*, v. 30, n. 5, p. 499–508, 1966.
- Quero, J.M.; Elena, M.M.; Segovia, J.A.; Tarrida, C.L.; Santana, J.J.; Santana, C., "CardioSmart: Cardiological Monitoring Intelligent system using GPRS," in Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina), vol.3, no.2, pp.152-158, April 2005.
- RIKLI, A. E. et al. Computer analysis of electrocardiographic measurements. *Circulation*, Elsevier, v. 24, p. 643–649, 1961.
- Sobre a Bradicardia (Ritmo Cardíaco Lento). 2016. Disponível em: <<http://www.medtronicbrasil.com.br/your-health/bradycardia/>>. Acesso em: 10 fev. 2017.
- SOUZA, Pedro Victor Eugênio de. Sistema de Aquisição de Sinais de EMG e ECG para Plataforma Android. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- YOUNG, T.; HUGGINS, W. Computer analysis of electrocardiograms using a linear regression technique. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, BME-11, n. 3, p. 60–67, July 1964.