

# Classificação de arritmia cardíaca utilizando Transformada *Wavelets* e Redes Neurais por meio de extração de características

Davi Shinji Mota Kawasaki\*, Higor Augusto Bassi Rozan†, João Vitor Bertoncini‡, Vinícius Drago Romano§

\*Engenharia da Computação, Cornélio Procópio/PR 86300-00

Email: kawasaki@alunos.utfpr.edu.br

†Engenharia da Computação, Cornélio Procópio/PR

Email: higorb.rozan@hotmail.com

‡Engenharia da Computação, Cornélio Procópio/PR 86300-000

Email: joaobertoncini@alunos.utfpr.edu.br

§Engenharia da Computação, Cornélio Procópio/PR 86300-000

Email: romano@alunos.utfpr.edu.br

## I. INTRODUÇÃO

O objetivo desse documento é apresentar a proposta de trabalho referente a análise de tráfego de dados por meio de transmissão sem fio. O enfoque será o envio de dados por meio de componentes eletrônicos - principalmente a plataforma aberta *Arduino* e *shields* complementares - para análise e tratamento, de forma que a verificação dos sinais dos pacotes seja analisada e modulada para possíveis correção de erros, os quais são provenientes, por exemplo, de interferência eletromagnética, distâncias de alcance e obstáculos de materiais [1]. Sendo assim, no tópico seguinte as propostas desse projeto serão apresentadas no maior detalhe.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### A. Coração

O coração consiste em um órgão localizado atrás da caixa torácica, na parte central do peito entre o pulmão direito e esquerdo [2]. Sua função consiste no batimento ou contração para bombeamento do sangue para todo o corpo por meio de um sistema de vasos sanguíneos [3].

Para realizar o processo de bombeamento de sangue, o coração depende da sua seção direita e esquerda, onde cada uma delas possui duas cavidades: átrio e ventrículo, sendo a primeira superior e a segunda inferior. O fluxo do sangue é realizado por meio de válvulas entre o átrio e o ventrículo, sempre seguindo a direção do primeiro para o segundo.

Por meio dessas válvulas é possível realizar o processamento do oxigênio e do gás carbônico, onde a seção esquerda do coração é responsável pelo envio de sangue com oxigênio para o corpo, enquanto a direita cuida do recebimento do sangue com gás carbônico de diferentes partes do corpo [2]. A cada contração de cada câmara do miocárdio - fluxo de sangue entre o átrio e o ventrículo - acontece o evento chamado de sístole, enquanto no relaxamento ocorre a diástole - processo

o qual é repassado para o pulmão para realização da troca de gases [2].

Uma das estruturas internas primordial para determinar o ritmo do coração chama-se nódulo sinoatrial (SA), ou também chamado de marca-passo. Localizada entre o átrio direito e a veia cava superior, ele atua controlando a frequência dos batimentos cardíacos, com cerca de 72 contrações por minuto. Por ter uma frequência alta, seus impulsos se espalham para os átrios e ventrículos, excitando todas as áreas e determinando o ritmo de batimento de quase todo o coração [4].

O coração, por meio do seu batimento, realiza vários eventos cardíacos chamados de ciclos cardíacos, começando pela geração de um potencial de ação propagado pelos átrios até chegar nos ventrículos. Esse ciclo cardíaco vai conter o relaxamento pela diástole (coração enche de sangue) e a sístole (contração das câmaras de bombeamento). Conforme representado pelos traçados da Figura 2, pode-se visualizar os períodos de pressão (mm Hg), volume (ml), eletrocardiograma, fonocardiograma, sendo o penúltimo a representação gráfica

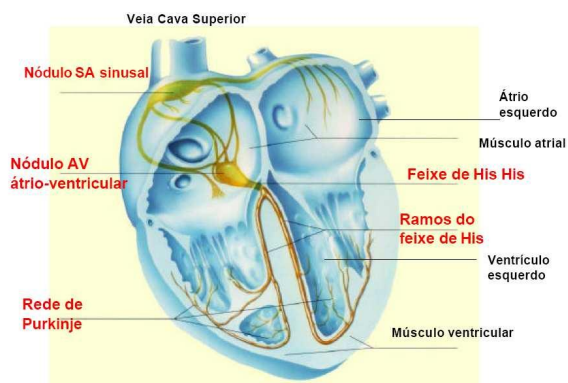


Fig. 1. Representação interna do coração e suas cavidades.

utilizada nesse trabalho para classificação de arritmias.

## B. Eletrocardiograma (ECG)

Conforme visualizado no t3pico anterior, o n3dulo sinoatrial (SA) determina o ritmo do cora33o por seus impulsos com uma frequ3ncia alta. A partir dessa excita33o, ocorre paralelamente a propaga33o de correntes do campo el3trico no m3sculo card3aco e nos tecidos das regi3es vizinhas, inclusive atingindo a superf3cie do corpo. Como esse fluxo ocorre entre diversos locais do corpo, pode-se captar diferen3as de potenciais por meio de eletrodos na pele, em pontos opostos do cora3o. Essas medidas podem ser coletadas por meio de 12 deriva33es cl3ssicas, normalmente se baseando pelo tri3ngulo de Einthoven, representado pela Figura 3.

Por meio de um amplificador, esses potenciais s3o adquiridos por um per3odo de tempo, em localiza33es conforme estabelecidas pelas deriva33es. Esse processo trata-se da eletrocardiografia, tamb3m conhecida como o exame de eletrocardiograma (ECG), apresentando a excita33o card3aca de forma gr3fica para an3lise patol3gica por um cardiologista. Esse exame de baixo custo permite a an3lise de uma cardiopatia/arritmia no momento de ocorr3ncia da mesma, analisando

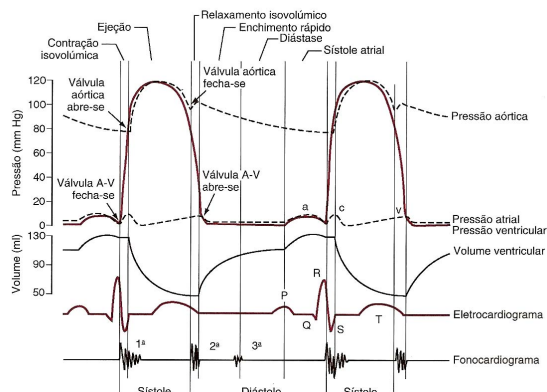


Fig. 2. Eventos do ciclo card3aco representados por diferentes tra3os no ventr3culo esquerdo.

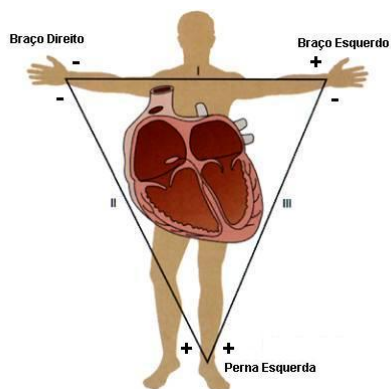


Fig. 3. Representa33o do tri3ngulo de Einthoven, com eletrodos sobre os pulsos (RA e LA) e no tornozelo esquerdo (LL).

normalmente os segmentos, intervalos e ondas do sinal de ECG.

Um registro de ECG, representado na Figura 4, 3e representado por meio da voltagem plotada no eixo y pelo tempo no eixo x, onde seu sinal traduz o registro das despolariza33es e repolariza33es por meio de cinco etapas, representadas pelos formatos de onda P, Q, R, S e T [5].

Al3m dos formatos de onda, o ECG apresenta alguns subper3odos que s3o importantes para uma an3lise mais detalhada, como o intervalo entre a onda P e R que representa o tempo de condu33o do est3mulo atrav3s do n3dulo atrioventricular; o complexo QRS, que representa a despolariza33o ventricular.

Antes de qualquer tratamento de dados em transmiss3es sem fio, tem-se como o objetivo realizar a conex3o dos m3dulos de r3dio frequ3ncia com as plataformas abertas *Arduino*. O trabalho visa utilizar dois m3dulos transceptores *nRF24L01* de 2.4GHz e dois *shields* de *Arduino UNO*, de forma que os m3dulos transceptores s3o conectados as portas seriais dos *Arduinos UNO* por meio de 8 portas, comunicando-se com o *shield* em quest3o por meio do protocolo SPI (Serial Peripheral Interface) e por meio da modula33o GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*) do sinal, sendo esse 3ltimo um m3todo de invers3o da frequ3ncia por meio de um filtro Gaussiano [6] j3 incluso no dispositivo eletr3nico. Por ser um transceptor, esses m3dulos utilizados permitem a comunica33o *full-duplex*, pois permitem a transmiss3o e a recep33o durante o mesmo per3odo de tempo [7]. A representa33o do diagrama de bloco do transceptor utilizado, com entradas (conectadas ao protocolo SPI), controle de r3dio, filtros e modulador/demodulador utilizados, podem ser visualizadas na figura ??.

Ap3s a conex3o dos m3dulos com os *Arduinos*, pretende-se realizar a comunica33o entre os m3dulos por meio de uma biblioteca/driver chamado RF24, dado que o mesmo j3 possui m3todos prontos de atua33o de pot3ncia, taxas de transmiss3o,

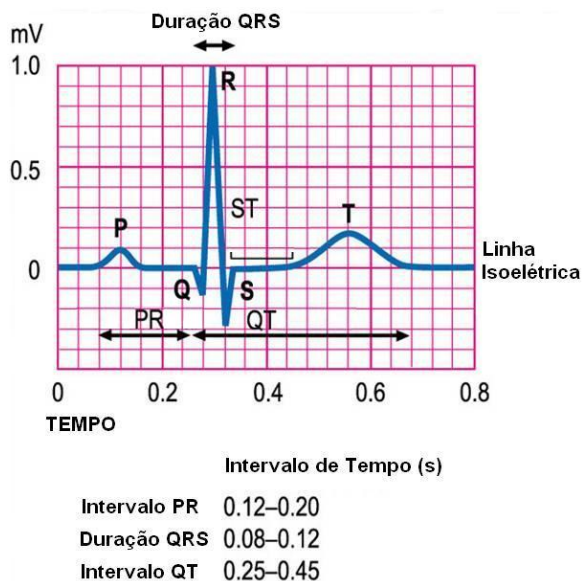


Fig. 4. Registro de eletrocardiograma com diferentes tipos de intervalos.

e até mesmo de estabelecimento de uma topologia de rede [8].

Por fim, com a obtenção da conexão e transmissão de dados sendo realizada efetivamente, os dados - inclusos em um arquivo *txt* - serão enviados para uma plataforma de tratamento de dados, que será apresentada no subtópico a seguir.

#### C. Arritmias

Para o tratamento estatístico das informações de transmissão, será utilizada a linguagem *Python*, na sua versão 2.7. Para a conexão com o *Arduino*, será utilizado o módulo *Pyserial* 3.0.1, que possui métodos para a comunicação da porta serial com a placa - seja do *Arduino* para o *Python* como a transmissão inversa. No código fonte gerado para o *Arduino*, são utilizados métodos que reproduzem as informações na porta serial. A *Pyserial* é responsável pela identificação de todos os dados impressos via porta serial, no quais são armazenados em vetores. O objetivo final dessa proposta é a conexão correta e completa entre os *Arduinos* de TX e RX (transmissão e recepção, respectivamente) e o *Python*, de forma que o próximo tópico - Transmissão e Tratamento de Sinais - seja realizado com sucesso.

#### D. Processamento do Sinal com Wavelets

Com os dados obtidos e transmitidos corretamente para o *Python*, além de usar os módulos *SciPy* e *Matplotlib*, tem-se a intenção de gerar gráficos estatísticos sobre a transmissão dos pacotes e os sinais transmitidos [9]. A partir dos valores obtidos e os gráficos representativos, pretende-se verificar possíveis taxas de erros na transmissão, perdas de pacotes e até variações na estabilidade de conexão segundo os mesmos tópicos apresentados na introdução desse trabalho [1].

A partir dessas propostas, o projeto pretende seguir uma linha de cronograma segundo o tópico seguinte, utilizando como ferramenta de gerenciamento de projetos o *Trello*.

#### E. Classificação de Sinais

Com os dados obtidos e transmitidos corretamente para o *Python*, além de usar os módulos *SciPy* e *Matplotlib*, tem-se a intenção de gerar gráficos estatísticos sobre a transmissão dos pacotes e os sinais transmitidos [9]. A partir dos valores obtidos e os gráficos representativos, pretende-se verificar possíveis taxas de erros na transmissão, perdas de pacotes e até variações na estabilidade de conexão segundo os mesmos tópicos apresentados na introdução desse trabalho [1].

A partir dessas propostas, o projeto pretende seguir uma linha de cronograma segundo o tópico seguinte, utilizando como ferramenta de gerenciamento de projetos o *Trello*.

#### F. Redes Neurais Artificiais

Com os dados obtidos e transmitidos corretamente para o *Python*, além de usar os módulos *SciPy* e *Matplotlib*, tem-se a intenção de gerar gráficos estatísticos sobre a transmissão dos pacotes e os sinais transmitidos [9]. A partir dos valores obtidos e os gráficos representativos, pretende-se verificar possíveis taxas de erros na transmissão, perdas de pacotes e até variações na estabilidade de conexão segundo os mesmos tópicos apresentados na introdução desse trabalho [1].

TABELA I  
CRONOGRAMA DE TEMAS DO PROJETO

Semana 27/03	Testes de Conexão <i>Arduino</i> e módulo RF
Semana 03/04	Testes de Conexão <i>Arduino</i> e <i>Python</i>
Semana 10/04	Proposta + Escrita do código de transmissão
Semana 17/04	Escrita do código de transmissão + Envio <i>Python</i>
Semana 24/04	Estudo de tratamento de dados (Teoria e <i>Python</i> )
Semana 08/05	Testes de códigos + Geração de gráficos
Semana 15/05	Apresentação do Andamento + Geração de gráficos
Semana 22/05	Estudo de tratamento de dados (Teoria e <i>Python</i> )
Semana 29/05	Estudo de tratamento de dados + Tratamento de Sinais
Semana 05/06	Escrita do Artigo + Possíveis modificações
Semana 12/06	Escrita do Artigo
Semana 19/06	Apresentação Final

A partir dessas propostas, o projeto pretende seguir uma linha de cronograma segundo o tópico seguinte, utilizando como ferramenta de gerenciamento de projetos o *Trello*.

### III. CRONOGRAMA

O cronograma proposto para esse trabalho de análise de tráfego de dados por transmissão sem fio usando RF (rádio frequência) tem um prazo de aproximadamente 12 semanas de trabalho, começando na última semana de março e terminando na penúltima semana de julho (28 de março a 21 de junho). O trabalho consistirá de cerca de 8 semanas de prática e vários testes envolvendo os módulos RF, enquanto possuirá cerca de 6 semanas de estudo envolvendo tratamento de dados e sinais, os quais vão estar presentes nos testes - ressaltando que duas dessas semanas serão conjuntas com testes de tratamento dos sinais obtidos. Além disso, será destinada duas semanas a redação exclusiva do artigo final previamente determinado, o qual ocorrerá nas semanas do dia 05 a 19 de junho.

Por fim, a pretensão de temas a serem tratadas em cada semana pode ser melhor ilustrada na tabela I.

### IV. CONCLUSÃO

Como apresentado anteriormente, o objetivo desse trabalho é realizar não apenas a conexão entre dois módulos de rádio frequência, mas principalmente realizar a análise dos pacotes e dados enviados, verificando possíveis erros e perdas. Nesse quesito, o projeto deve apresentar, em sua entrega e apresentação, a transmissão de pacotes de dados em tempo real e a geração de gráficos e dados estatísticos que possam ilustrar a situação real dessa transferência sob diferentes aspectos do meio.

Caso seja possível, o projeto também pode visar o tratamento desses dados diretamente nos atuadores, visualizando possíveis situações que possam corrigir e inibir erros e atenuações que influenciam e impedem o tráfego dos dados da melhor maneira possível.

O projeto também poderá trabalhar com os seguintes artigos, dependendo do nível de desenvolvimento do estudo: [10], [11] e [12].

## REFERÊNCIAS

- [1] CISCO. (2009, Outubro) Troubleshooting problems affecting radio frequency communication. CISCO. [Online]. Available: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/8630-rf-problems.html#topic4>
- [2] L. National Heart and B. Institute, "Anatomy of heart," Novembro 2011. [Online]. Available: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hhw/anatomy>
- [3] H. Gray, *Anatomia*, ser. 35. Ed. Guanabara Koogan, 1979, vol. 2.
- [4] A. C. G. J. E. Hall, "Textbook of medical physiology," Textbook, 2006.
- [5] M. de Mello Aires, *Fisiologia*. Guanabara Koogan S.A., 1991.
- [6] S. H. Gerez, "Implementation of digital signal processing: Some background on gfsk modulation," *Implementation of Digital Signal Processing Course*, Março 2016. [Online]. Available: <http://wwwhome.ewi.utwente.nl/~gerezsh/sendfile/sendfile.php/gfsk-intro.pdf?sendfile=gfsk-intro.pdf>
- [7] *nRF24L01 Product Specification v2.0*, Nordic Semiconductor, Julho 2007. [Online]. Available: [https://www.nordicsemi.com/chi/content/download/2730/34105/file/nRF24L01\\_Product\\_Specification\\_v2\\_0.pdf](https://www.nordicsemi.com/chi/content/download/2730/34105/file/nRF24L01_Product_Specification_v2_0.pdf)
- [8] ManiacBug. (2015, Janeiro) Driver for nrf24l01(+) 2.4ghz wireless transceiver. [Online]. Available: <http://maniacbug.github.io/Rf24/>
- [9] E. W. Anderson, G. A. Preston, and C. T. Silva, "Using python for signal processing and visualization," *Computing in Science Engineering*, vol. 12, no. 4, pp. 90–95, Julho 2010.
- [10] P. Christ, B. Neuwinger, F. Werner, and U. Rückert, "Performance analysis of the nrf24l01 ultra-low-power transceiver in a multi-transmitter and multi-receiver scenario," in *Sensors, 2011 IEEE*, Outubro 2011, pp. 1205–1208.
- [11] A. Djemouai, M. Sawan, and M. Slamani, "An efficient rf power transfer and bidirectional data transmission to implantable electronic devices," in *Circuits and Systems, 1999. ISCAS '99. Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on*, vol. 2, Julho 1999, pp. 259–262 vol.2.
- [12] A. P. Kanjamala and A. F. J. Levi, "Precise selection of optical wavelength for data transmission using a rf signal," in *Lasers and Electro-Optics, 1997. CLEO '97., Summaries of Papers Presented at the Conference on*, vol. 11, Maio 1997, pp. 31–31.