



Estudo, implementação e comparação de desempenho entre diferentes algoritmos de detecção do complexo QRS em sinais de ECG

RESUMO

Kelvin Tomaszewski

Kelvintomas15@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Regis Augusto Cardozo

Cardozo.regis@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Sergio Okida

sergiookida@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

OBJETIVO: O objetivo deste trabalho é analisar, implementar e comparar diferentes algoritmos de detecção do complexo QRS disponíveis na literatura. **MÉTODOS:** Dentre os diversos algoritmos desenvolvidos por vários pesquisadores ao longo dos últimos anos, foram escolhidos, descritos e implementados 3 métodos, que se diferem significativamente nas suas estruturas matemáticas. Para a avaliação dos algoritmos escolhidos, foi utilizado um reconhecido banco de dados de sinais de ECG. **RESULTADOS:** Obteve-se um vetor numérico indicando em quais amostras ocorre o pico central do complexo QRS, para cada um dos 48 sinais do banco de dados, utilizando cada um dos 3 métodos. Obteve-se então a quantidade total de detecções corretas e incorretas realizadas ou que deixou-se de realizar nos sinais. **CONCLUSÕES:** Conclui-se que o algoritmo proposto por Pan-Tompkins apresentou a maior quantidade de acertos dentre os métodos estudados, apresentando uma sensibilidade de 93.83% considerando todos os 48 sinais disponíveis no banco de dados, utilizando 108 mil amostras de cada registro.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrocardiograma. Detecção. Algoritmos. Comparação.

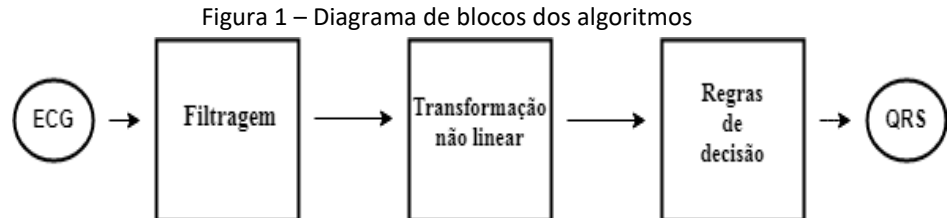
INTRODUÇÃO

Existem muitos motivos pelo qual é importante a detecção do complexo QRS. A maior parte das análises automáticas feitas em sinais eletrocardiográficos necessita da correta detecção deste fenômeno, sendo dois exemplos comuns a determinação da frequência cardíaca de um paciente, ou na detecção de arritmias cardíacas através de técnicas de inteligência computacional (Zong, 2003, p. 737). Com isso, a detecção do complexo QRS é uma parte importante de muitos equipamentos biomédicos (Pan, 1985, p. 230).

No entanto, é bastante difícil a detecção correta deste complexo, devido à variações presentes nos sinais e também por causa de diversos tipos de ruídos que distorcem o sinal. Os principais tipos de ruídos são: interferência da frequência da rede (60 hz no Brasil), ruído do contato do eletrodo com a pele, ruído causado pela respiração do paciente, todos correspondendo a uma alta frequência, e flutuação da linha de base do sinal, que corresponde a um ruído de baixa frequência (Ardhapurkar, 2012, p. 669). Portanto, os métodos de detecção precisam ser eficientes o suficiente para driblar estes obstáculos, e conseguir uma boa quantidade de acertos na detecção.

MÉTODOS

A maior parte dos algoritmos segue a seguinte sequência mostrada na figura 1:



Fonte: Autoria própria (2017).

Vemos na figura 1 que o sinal original de ECG primeiramente passa por um processo de filtragem, com o objetivo de remover ruídos e também frequências do sinal original fora do complexo QRS. Na sequência o sinal filtrado passa por uma transformação não linear (normalmente elevar ao quadrado) e por fim aplica-se regras de decisão, usualmente limiares, para classificar determinadas amostras como sendo o pico R.

1 BANCO DE DADOS MIT-BIH

Neste trabalho utilizou-se o banco de dados MIT-BIH arrhythmia Database. Este banco de dados é o mais utilizado por trabalhos relacionados ao processamento de sinais cardiológicos atualmente (Moody, 2001, p. 45). Trata-se de 48 medidas de meia-hora cada, extraídas no hospital Boston's Beth Israel no final da década de 70. A taxa de amostragem utilizada na aquisição dos dados foi de 360 amostras por segundo.

2 ALGORITMO PAN-TOMPKINS

Este é o mais citado algoritmo para detecção do complexo QRS, e foi proposto inicialmente por Jiapu Pan e Willis Tompkins em 1985. Seguindo a abordagem de Tompkins, primeiro passamos o sinal por um filtro passa-baixa com frequência de corte de 11 Hz. Em seguida, utilizou-se um filtro passa-alta em cascata com esse passa-baixa. Portanto, o cascadeamento dos filtros produz um passa-faixa nas frequências 5-11 Hz, próxima à faixa de frequências do complexo QRS. Na sequência passou-se o sinal por um filtro derivador, que utiliza duas amostras abaixo subtraídas de duas acima para produzir a amostra atual, encerrando-se a etapa de filtragem linear.

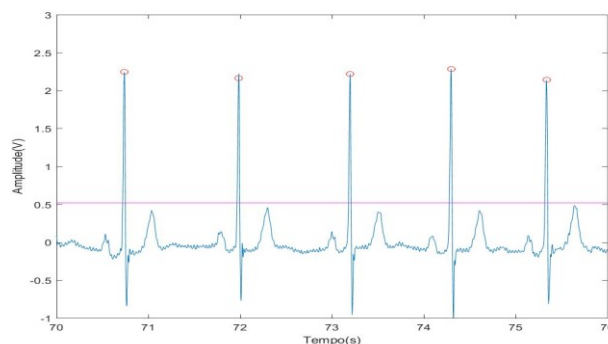
Para a etapa não linear, o sinal é elevado ao quadrado amostra por amostra e então é passado por uma integração janelada, com um comprimento de 150ms. Na sequência, o sinal é comparado com o limiar especificado que determina se trata de um pico R ou não.

3 ALGORITMO SILVA

Guilherme Silva e Cleidiane Soares, 2015, descrevem um método diferente de detecção dos picos R, que baseia-se na transformada Wavelet discreta. A principal vantagem da transformada wavelet discreta é separar o sinal em dois grupos de coeficientes, um contendo as menores frequências (chamado de aproximação do sinal) e outro contendo as maiores frequências (chamado de detalhe).

Seguindo a metodologia de sucessivas decomposições utilizando a wavelet, o sinal é constantemente separado em diferentes frequências. De acordo com Silva, para a detecção do complexo precisa-se manter apenas os coeficientes do quarto detalhe, e zerarmos o resto. Como trata-se de sinais com frequência de amostragem de 360 Hz, isto corresponde a manter-se apenas as componentes de frequências do intervalo 11.25 – 22.5 Hz, que é aproximadamente o do QRS. Usou-se na decomposição a wavelet db6, por ser parecida com o sinal eletrocardiográfico. Em seguida eleva-se o sinal ao quadrado e utiliza-se um limiar de 15% do valor máximo para classificar como pico R. Este método foi implementado no software Matlab, com a ajuda da Toolbox wavelet. Um exemplo de classificação dos picos utilizando este limiar é apresentado na figura 2:

Figura 2 – Detecção dos picos R utilizando o método de Silva.



Fonte: Autoria própria (2017)

3 ALGORITMO KIM-SHIN

Este algoritmo foi idealizado por Jinkwon Kim e Hangsik Shin em 2016, com a premissa de não utilizar sofisticadas ferramentas matemáticas, que necessitam de muito poder computacional. Ele é baseado em dois critérios: O primeiro é ver se a energia em determinada faixa de frequências do ECG é maior do que um limiar, e o segundo é ver se a mesma começa e acaba depois de um certo período, que corresponde a duração do complexo QRS.

Após o sinal ser filtrado por um passa-faixa, com uma frequência de 5-25 Hz, eleva-se o sinal ao quadrado e calcula-se a energia do sinal resultante a intervalos de 150 ms. Caso a energia exceda um limiar adaptativo, considera-se esta amostra como uma possível candidata a ser um pico R, e para verificar se realmente trata-se de um pico, o segundo critério é derivar o sinal que havia sido elevado ao quadrado e calcular sua energia. Se a energia do sinal derivado satisfizer determinados critérios, então conclui-se que trata-se de um pico R, ou senão a hipótese é descartada e analisa-se o próximo trecho do sinal.

RESULTADOS

Para fazer a comparação entre os algoritmos, utilizou-se todos os 48 registros do banco de dados de arritmia do MIT. A comparação foi feita utilizando a derivação II na maioria dos sinais, exceto nos registros 102 e 104, que por não ser fornecido a derivação II, utilizou-se a derivação V5 em ambos.

A comparação foi feita utilizando 5 minutos de cada sinal do banco de dados, totalizando 108000 amostras de cada registro, num total de 18209 batimentos cardíacos. Os resultados são apresentados no quadro 1:

Quadro 1 – Resultados dos 3 algoritmos implementados

Picos R	Silva			Pan Tompkins			Kim-Shin		
	V.P.	F.P.	F.N.	V.P.	F.P.	F.N.	V.P.	F.P.	F.N.
18209	15489	2102	2720	17085	1342	1124	17028	1240	1181

Fonte: Autoria própria (2017).

Utilizou-se no quadro 1 o seguinte critério de avaliação: Picos R classificados de maneira correta são chamados de Verdadeiros Positivos (VP). Picos que são demarcados como sendo do complexo QRS, mas de acordo com as anotações do banco de dados não são, são chamados de Falsos Positivos (FP). Por fim, os picos que deveriam ser encontrados pelo método, mas não foram, são chamados de Falsos Negativos (FN). Embora não mostrado no quadro 1, mas também levou-se em conta os verdadeiros negativos (VN), que são amostras do sinal que não representam o pico R, e não foram classificadas como sendo.

DISCUSSÃO

Concluímos neste trabalho que o algoritmo desenvolvido por Pan-Tompkins apresentou o melhor resultado entre os três métodos implementados. Podemos afirmar isso devido ao fato que este método detectou mais complexos QRS corretamente, apresentando uma sensibilidade de 93,83%, contra 93,51% do Kim-Shin e 85,06% do Silva. Embora o método de Kim-Shin tenha detectado

menos falso positivos, o método de Tompkins ganha no quesito menos falso negativos. Isto é uma vantagem devido ao fato que normalmente em métodos de detecção automática um profissional da medicina verifica as detecções realizadas para validá-las, e poderá corrigir os falso positivos, mas terá mais dificuldade em localizar os falso negativos.

Study, implementation and performance comparison among different QRS complex detection algorithms on ECG signals

ABSTRACT

OBJECTIVE: The objective of this paper is to analyze, to implement and to compare different algorithms of QRS complex detection available in the literature. **METHODS:** Among several algorithms developed by several researchers over the last years, 3 methods were chosen, described and implemented, which are different in their mathematical structures. For an evaluation of the chosen algorithms, it was used a recognized database of ECG signals. **RESULTS:** A numerical vector was obtained indicating which samples the central peak of the QRS complex occurs for each of the 48 database signals using each of the 3 methods. The total amount of correct and incorrect detections was obtained and also the ones that left to be performed on the signals. **CONCLUSIONS:** It has been concluded that the algorithm proposed by Pan-Tompkins presented the highest hit rate among the methods studied, presenting a sensitivity of 93.83% considering all 48 signals available in the database, using 108 thousand samples of each record.

KEYWORDS: Electrocardiogram. Detection. Algorithms. Comparison.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação Araucária FA - Paraná/Brasil. Os autores agradecem também ao apoio oferecido pela UTFPR, CAPES e pelo departamento acadêmico de eletrônica do Campus Ponta Grossa.

REFERÊNCIAS

ZONG, W.; MOODY, G. B.; JIANG, D. A robust open-source algorithm to detect onset and duration of QRS complexes. **IEEE Computers in Cardiology**, p. 737-740, 2003.

ARDHAPURKAR, S.; MANTHALKAR, R.; GAJRE, S. ECG denoising by modeling wavelet sub-band coefficients using kernel density estimation. **Journal of Information Processing Systems**, v. 8, n. 4, p. 669-684, 2012.

MOODY, G. B.; MARK, R. G. The impact of the MIT-BIH arrhythmia database. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine**, v. 20, n. 3, p. 45-50, 2001.

PAN, J.; TOMPKINS, W. J. A real-time QRS detection algorithm. **IEEE transactions on biomedical engineering**, n. 3, p. 230-236, 1985

SILVA, G. M. A. SOARES, C. P. Teoria Wavelet na análise de sinais de ECG como ferramenta de auxílio na detecção de arritmias cardíacas. **XII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI)**, 2015.

KIM, J.; SHIN, H. **Simple and robust realtime qrs detection algorithm based on spatiotemporal characteristic of the qrs complex**. PloS one, v. 11, n. 3, p. e0150144, 2016.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

TOMASZEWSKI, K. et al. Estudo, implementação e comparação de desempenho entre diferentes algoritmos de detecção do complexo QRS em sinais de ECG. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Kelvin Tomaszewski

Rua Rebouças, número 6, Bairro Dal Col, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

