

Detecção do Complexo QRS Utilizando o Algoritmo de Pan & Tompkins Modificado

Walther Guillermo Alvarado Costa, Cecília de Moura Costa, Carlos Danilo Miranda Regis

Resumo—A utilização de métodos computacionais, para detecção de doenças relacionadas ao coração, têm se tornado cada vez mais importante, visto que essas doenças somam a maior causa de morte no mundo. Algoritmos de segmentação e análise do sinal de eletrocardiograma (ECG) permitem rapidez e precisão no diagnóstico dessas doenças. Pan & Tompkins desenvolveram um algoritmo de reconhecimento dos complexos QRS em tempo real, avaliado segundo o Banco de dados do *MIT-BIH arrhythmia database*. Neste artigo foram avaliados ajustes nos parâmetros desse algoritmo e inseridos limiares para se obter a detecção do QRS com menor erro. O algoritmo se mostra eficiente, ao apresentar um erro médio de 0,53% enquanto que o algoritmo original apresenta erro médio de 1,02%.

Palavras-Chave—Processamento Digital de Sinais, Eletrocardiograma, Complexo QRS, Algoritmo de Detecção.

Abstract—The use of computational methods for the detection of diseases related to the heart, has become increasingly important, since these diseases are added the largest cause of death in the world. Segmentation algorithms and analysis of electrocardiogram signal (ECG) allows speed and accuracy in the diagnosis of these diseases. Pan & Tompkins have developed a recognition algorithm of QRS complexes in real time, evaluated according to the Database *MIT-BIH arrhythmia database*. In this paper we evaluated adjustments to the parameters of this algorithm and inserted thresholds to detect the QRS with less error. The algorithm is efficient in presenting an average error of 0.53 % while the original algorithm has an average error of 1.02 % .

Keywords—Digital Processing of Signal, Electrocardiogram, QRS complex, Detection Algorithm.

I. INTRODUÇÃO

A importância no diagnóstico preciso de doenças relacionadas ao coração tem impulsionado a elaboração de métodos computacionais de detecção de cardiopatias.

As maiores causas de morte no mundo estão atreladas as cardiopatias [1], desta forma o monitoramento com base na observação do eletrocardiograma (ECG), torna-se fundamental para a prévia detecção de anormalidades capazes de indicar propensão ao desenvolvimento ou a existência dessas doenças [2].

O eletrocardiograma é um exame médico que registra os fenômenos elétricos decorrente da atividade cardíaca no tempo, medindo diferenças de potenciais com eletrodos dispostos em determinados pontos do corpo humano.

Esses fenômenos elétricos constituem as ondas que caracterizam o sinal de ECG: onda P, complexo QRS e onda T. Essas formas de onda são elementares para se entender um sinal de ECG e são apresentadas na Figura 1.

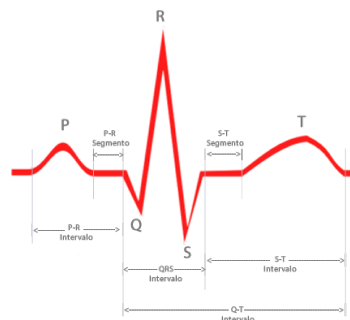


Fig. 1. Onda ECG característica.

A detecção de cardiopatias é realizada por meio de algoritmos que analisam o sinal de ECG, em tempo real, a partir da detecção de um complexo QRS válido. Vários algoritmos foram propostos pela comunidade científica dentre os quais se destacam o algoritmo de Okada [3], multiplicação das diferenças regressivas (MOBD) [4] e Pan-Tompkins [5].

Dos três algoritmos citados o MOBD e o Pan-Tompkins são os que apresentam melhor performance na detecção do complexo QRS [6]. O trabalho desenvolvido faz uso do algoritmo Pan-Tompkins, modificando parâmetros para obtenção de melhores resultados. O ajuste desses parâmetros é avaliado por meio de testes com o banco de dados do *MIT-BIH Arrhythmia database*.

No algoritmo Pan-Tompkins original, limiares são ajustados automaticamente à parâmetros como morfologia e frequência cardíaca do QRS, o que permite uma adaptação periódica as mudanças no ECG e também a passagem de ruídos significativos [5]. Modificações nesse algoritmo, como a inserção de novos limiares, auxiliam na redução dos efeitos do ruído sobre sinal e elevam a performance na detecção dos complexos QRS.

II. BANCO DE DADOS

Os laboratórios do Beth Israel Hospital de Boston em conjunto com o MIT *Massachusetts Institute of Technology* investigaram sobre a análise de arritmias e assuntos relacionados, e criaram o primeiro banco de dados de material de teste padrão para a avaliação de detectores de arritmias o *MIT-BIH Arrhythmia database*.

O banco contém 48 registros de batimentos cardíacos, de aproximadamente 30 minutos de duração, amostrados a 360 Hz, pertencentes a 47 pacientes. Os registros foram escolhidos em um conjunto de mais de 4000 registros de ECG ambulatorial coletados de uma população mista entre os anos de 1975 e 1979 [7].

III. DETECÇÃO DO QRS UTILIZANDO O ALGORITMO PAN & TOMPKINS

O Algoritmo Pan & Tompkins [5] faz uso de duas etapas de processamento: filtragem digital e regras de decisão. No processo de filtragem, o sinal de ECG passa por um filtro passa-faixa com frequências de corte de 5 Hz e 15 Hz, com o intuito de reduzir a influência das fontes de ruído e melhorar a relação sinal/ruído.

Em seguida, afim de acentuar os pontos máximos e mínimos, o sinal é derivado, elevado ao quadrado e então integrado com uma média móvel. Após essa fase de pré-processamento é possível determinar os picos do sinal que serão possíveis picos R.

Os possíveis picos R são os pontos de máxima amplitude encontrados no sinal pré-processado. Entre um ponto máximo e outro é respeitado um intervalo que equivale a 20% da frequência de amostragem do sinal.

Após o pré-processamento, são realizadas as decisões que irão atestar se é ou não um pico R. O algoritmo define dois limiares como base para o sinal filtrado [5]. O limiar superior (LS) é tomado como sendo 50% do pico máximo encontrado no sinal filtrado e o limiar inferior (LI) será 50% do LS. A utilização desses limiares permite, ainda, que sejam realizadas análises para determinar os intervalos R-R (distância entre um pico R e o próximo).

Do ponto de vista fisiológico, a menor distância considerada entre cada pico R é de 40 amostras que equivalem a 200ms, assim nenhuma onda R-R pode ocorrer abaixo desse intervalo. A análise de cada intervalo R-R é extraída da média dos oito picos R subsequentes.

Com as localizações dos picos R podemos determinar onde se encontram os vales referentes as ondas Q e S, que estarão localizados 100 amostras antes do pico R para determinar Q e 100 amostras depois para o pico S. O resultado final do detector são as localizações dos complexos QRS.

A precisão do algoritmo foi otimizada por meio da variação dos valores do limiar superior (LS) e do limiar inferior (LI). Foram desconsiderado valores abaixo de 30 e acima de 60% do pico máximo encontrado por apresentarem uma taxa de erro de detecção (TED %) muito alta nos primeiros testes.

IV. RESULTADOS

Esse trabalho analisou os parâmetros limiar ótimo superior e limiar ótimo inferior do método de Pan & Tompkins na detecção do complexo QRS. A Tabela I relaciona os resultados do desempenho do código desenvolvido, em termos da taxa de erro de detecção (TED %).

Apresenta, para cada registro, o número de complexos detectados pelo algoritmo de Pan & Tompkins sem modificações, em comparação com o número de complexos detectados pelo algoritmo com modificações.

Os valores ótimos foram testados numa faixa percentual de 30 a 60% do pico máximo encontrado nos 48 sinais de ECG da base de dados. O menor erro encontrado na detecção dos picos R, foi para LS igual a 60% do pico máximo e LI como 30% do LS.

Dos sinais avaliados, 15 foram detectados sem nenhum erro e o maior erro de detecção foi encontrado no sinal 108 com TED igual 38,16%. Se desconsiderarmos o registro 108, o algoritmo de Pan & Tompkins (P&T), sem modificação, tem uma taxa de erro de detecção de 1,02% e desvio padrão de 0,0316 nestes registros.

Para esses registros, a média da taxa de erro de detecção baixou para 0,53% com um desvio padrão de 0,0115 no algoritmo modificado.

TABELA I

Resultados na Detecção do Complexo QRS.

Nr	MIT-BIH	P&T 50-50	TED (%)	P&T 60-30	TED (%)
100	2273	2273	0,00	2273	0,00
105	2572	2614	1,63	2610	1,48
112	2539	2539	0,00	2539	0,00
116	2412	2392	0,83	2395	0,70
124	1619	1612	0,43	1619	0,00
203	2980	2918	2,08	2951	0,97
208	2955	2932	0,78	2936	0,64
214	2262	2259	0,13	2263	0,04
221	2427	2424	0,12	2427	0,00
234	2753	2752	0,04	2753	0,00

V. CONCLUSÕES

Esse trabalho apresenta modificações no algoritmo de Pan & Tompkins para a detecção do complexo QRS. Essas modificações apresentam-se eficientes no que se propõe, pois detecta os complexos QRS com erro médio de 0,53% nas mais variadas condições dos sinais contidos no banco de dados.

Como trabalho futuro pretende-se detectar as patologias Infarto Agudo do Miocárdio e Extra-sístole Ventricular uma vez que, com a correta detecção do QRS, torna-se possível identificar e analisar as demais componentes do sinal de ECG.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFPB/PIBITI, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), IFPB Campus João Pessoa pelo apoio à pesquisa e extensão, o que tornou possível o desenvolvimento desse projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] W. H. Organization *et al.*, *Health statistics and health information systems*. World Health Organization, 2012.
- [2] C. Pastore, C. Pinho, H. Germiniani, N. Samesima, and R. Mano, "Diretrizes da sociedade brasileira de cardiologia sobre análise e emissão de laudos eletrocardiográficos," *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, vol. 93, no. 3, pp. 1-19, 2009.
- [3] M. Okada, "A digital filter for the QRS complex detection," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, no. 12, pp. 700-703, 1979.
- [4] Y. Sun, S. Suppappola, and T. A. Wrublewski, "Microcontroller-based real-time QRS detection," *Biomedical instrumentation & technology/Association for the Advancement of Medical Instrumentation*, vol. 26, no. 6, pp. 477-484, 1991.
- [5] J. Pan and W. J. Tompkins, "A real-time qrs detection algorithm," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, no. 3, pp. 230-236, 1985.
- [6] S. Suppappola and Y. Sun, "Nonlinear transforms of ECG signals for digital qrs detection: a quantitative analysis," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 41, no. 4, pp. 397-400, 1994.
- [7] "Mit-bih arrhythmia database," <http://www.physionet.org/physiobank/database/mitdb>.