

Identificação, classificação e correção de intervalos anômalos para análise da variabilidade da frequência cardíaca

Marcos Vinícius Albuquerque da Silva (marcosvinicius09@gmail.com)
João Luiz Azevedo de Carvalho (joaoluiz@pgea.unb.br)

Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade de Brasília

Introdução

- ▶ A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é uma importante técnica não invasiva, que mostra a relação entre as influências simpática e parassimpática no ritmo cardíaco [1].
- ▶ Requer uma série de intervalos RR composta somente por intervalos associados a batimentos cardíacos normais.
- ▶ **Objetivo:** Desenvolver de um algoritmo que identifique, classifique e corrija principais tipos de anomalias.

Teoria

As principais anomalias que podem afetar a análise do sinal RR:

- ▶ Batimentos ectópicos seguidos de pausa compensatória
 - ▶ Resulta em dois intervalos de curta duração consecutivos no sinal RR.
 - ▶ A soma desses dois intervalos tipicamente equivale a um intervalo normal.
- ▶ Batimentos ectópicos seguidos de pausa não compensatória
 - ▶ Resulta em um intervalo de longa duração no sinal RR.
 - ▶ Esse intervalo tipicamente equivale a dois intervalos normais.
- ▶ Falsos positivos (detecta-se um batimento cardíaco que não ocorreu)
 - ▶ Resulta em um intervalo de curta duração (correspondente ao batimento prematuro) seguido de um intervalo de longa duração (a pausa compensatória).
 - ▶ A soma desses dois intervalos tipicamente equivale a soma de dois intervalos normais.
- ▶ Falsos negativos (batimento cardíaco não detectado).
 - ▶ Resulta em um intervalo de curta duração seguido por um intervalo normal.

Métodos: identificação

Existem diversos métodos para identificação de intervalos anômalos [2-4]. O método utilizado neste trabalho é o proposto por Liu et al. [4], que utiliza a média do sinal aplicada ao filtro descrito por McNames et al. [5]. Esse filtro pode ser descrito por

$$D(n) = \frac{|x(n) - x_m|}{1,48 \times \text{med}\{|x(n) - x_m|\}}$$

em que $\text{med}\{\cdot\}$ denota o operador mediana, $x(n)$ é a série de intervalos RR, x_m é a mediana de $x(n)$ e $D(n)$ é a saída do filtro.

Caso o valor de $D(n)$ seja maior que um determinado limiar τ , o intervalo RR referente é considerado anômalo. É utilizada uma janela deslizante, que melhora a atuação do filtro. O tamanho da janela é de 50 amostras e o limiar utilizado é $\tau=100$, conforme sugerido por Liu et al. [4]. Este método busca identificar intervalos anômalos, entretanto não os classifica.

Métodos: classificação

- ▶ Splines cúbicas são usadas para calcular novos valores nos instantes em que intervalos foram identificados como anômalos.
- ▶ Valores anômalos são comparados aos interpolados.
- ▶ É feita uma classificação com os seguintes critérios:
 - ▶ Falso positivo: a duração do intervalo anômalo e a do intervalo consecutivo são menores que a dos intervalos interpolados.
 - ▶ Falso negativo: a duração do intervalo anômalo é maior do que a do intervalo interpolado.
 - ▶ Batimento ectópico seguido de pausa compensatória: a duração do intervalo anômalo é menor que a do interpolado, e a do intervalo consecutivo é maior do que a do interpolado.
 - ▶ Batimento ectópico seguido de pausa não compensatória: a duração do intervalo anômalo é menor que a do interpolado.

Métodos: correção

- ▶ Intervalo associado a um falso positivo é somado ao seu intervalo posterior, gerando um único intervalo.
- ▶ Intervalos associados a batimentos ectópicos com pausa não compensatória são excluídos e o sinal é deslocado de forma a se manter a simetria do mesmo.
- ▶ Intervalos associados a batimentos ectópicos com pausa compensatória ou a falsos negativos são corrigidos por interpolação por splines cúbicas.
 - ▶ Falsos negativos: batimento ocorrerá em um tempo igual à subtração entre a amplitude após a aplicação das splines e antes da aplicação da mesma.
 - ▶ Batimentos ectópicos com pausa compensatória: feito o mesmo, mas as splines cúbicas são aplicadas ao intervalo associado à pausa compensatória e, com a duração do novo intervalo, obtêm-se a duração e o instante do anterior.

Métodos: avaliação

- ▶ Os métodos propostos foram testados em Matlab.
- ▶ Foram usadas duas bases de dados para os testes.
- ▶ Base 1: para avaliar as 3 etapas (incluindo correção).
 - ▶ 50 sinais RR reais, livres de intervalos anômalos, compostas por sinais de indivíduos saudáveis [6,7], indivíduos com doença de Chagas (formas digestiva e cardíaca) [7] e indivíduos com pressão alta leve ou moderada [8].
 - ▶ Foram artificialmente inseridas anomalias de cada uma das classes, de forma aleatória.
 - ▶ Os métodos foram testados para os 50 sinais, cada um com 1 dos 4 tipos de erros, totalizando 4 erros por sinal.
- ▶ Base 2: para avaliar detecção e classificação.
 - ▶ 25 sinais com arritmias reais, obtidos da base de dados de arritmias MIT-BIH.
 - ▶ Detecção das ondas R nesses sinais foi feita de forma automática, usando a ferramenta ECGLab [9].

Resultados

A Figura 1 apresenta um sinal RR real com uma anomalia de cada tipo introduzida artificialmente, e o sinal obtido após identificação, classificação e correção pelos métodos propostos. A Figura 2 apresenta o resultado da aplicação dos métodos propostos ao sinal no. 234 da base de dados de arritmias MIT-BIH.

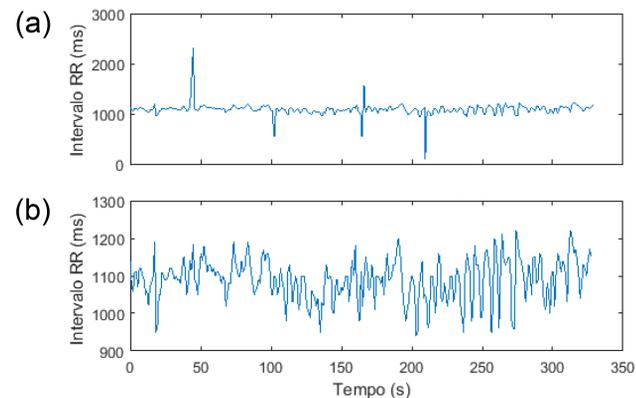


Fig. 1: Sinal RR real com intervalos anômalos inseridos artificialmente (a) e sinal corrigido (b).

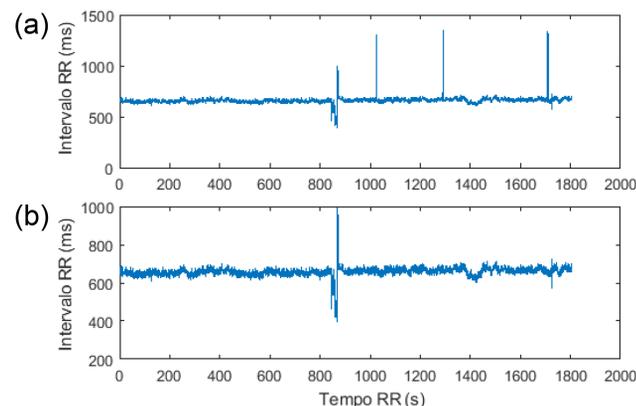


Fig. 2: Sinal no. 234 da base de dados de arritmia MIT-BIH (a) e sinal corrigido pelo método proposto (b).

Resultados (continuação)

- ▶ A Tabela 1 mostra o resultado dos algoritmos propostos para os 50 sinais RR reais com intervalos anômalos artificialmente introduzidos, bem como uma comparação com métodos da literatura.
 - ▶ Em nenhum sinal houve a identificação de um intervalo normal como sendo anômalo.
 - ▶ Os algoritmos de classificação e correção funcionaram corretamente em 100% dos casos, para os quatro tipos de anomalia (todos os intervalos anômalos foram corretamente classificados e corrigidos).
- ▶ Comparação com métodos da literatura:
 - ▶ Resultados semelhantes para falsos positivos e negativos.
 - ▶ Resultado superior para ectópicos c/ pausa compensatória.
 - ▶ Não consideram ectópicos com pausa não compensatória.

Tabela 1: Avaliação de desempenho do método proposto para identificação de anomalias frente a métodos da literatura.

tipo do erro	Método proposto		Mateo et al. [2]	Citi et al. [3]
	erros identificados	percentual de acerto	percentual de acerto	percentual de acerto
falso positivo	48/50	96%	95,7 %	100 %
falso negativo	50/50	100%	99,7 %	100 %
ectópico com pausa compensatória	48/50	96%	40,2 %	40,9 %
ectópico com pausa não compensatória	26/50	52%	-	-

Referências

- [1] Malik M & Camm AJ. Heart Rate Variability, 1995..
- [2] Mateo J & Laguna P. IEEE TBE 50:334, 2003.
- [3] Citi L et al. IEEE TBE 59:2828, 2012.
- [4] Liu CY et al. JMBS 32:245, 2012.
- [5] McNames J et al. Proc 26th IEEE EMBS, p. 145, 2004.
- [6] Jesus PC. Dissertação de Mestrado, UnB, 1996.
- [7] Correia Filho D. Tese de Doutorado, UFMG, 2000.
- [8] Junqueira Jr LF et al. Rev Fed Arg Cardiol 30:357, 2001.
- [9] Carvalho JLA et al. Proc 6th ICSP, p. 1488, 2002.