

Verificação e comparação do banco de dados de arritmia do MIT-BIH com base no número de batidas

Akram Jaddoa Khalaf, Samir Jasim Mohammed

Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia, Universidade da Babilônia, Iraque

Informações do artigo

Historia do artigo:

Recebido em 24 de novembro de

2020 Revisado em 30 de março de

2021 Aceito em 9 de abril de 2021

Palavras-chave:

ECG

Batimento cardíaco

MATLAB

Deteção de QRS do banco de dados de

arritmia do MIT-BIH

WFDB

ABSTRATO

Os métodos de processamento de sinais de ECG são testados e avaliados com base em vários bancos de dados. O banco de dados de ECG mais usado por muitos pesquisadores é o banco de dados de arritmia do MIT-BIH. Os algoritmos de detecção de QRS são essenciais para análises de ECG para detectar os batimentos do sinal de ECG. Não existe um número padrão de batidas para este banco de dados que é usado em inúmeras pesquisas. Diferentes números de batimento são calculados para os pesquisadores dependendo da diferença na compreensão do arquivo de anotação. Neste artigo, os números de batimento dos métodos existentes são estudados e comparados para encontrar o número de batimento correto que deve ser usado. Propomos uma função simples para padronizar o número de batimentos para qualquer banco de dados ECG PhysioNet para melhorar a caixa de ferramentas do banco de dados de formas de onda (WFDB) para o programa MATLAB. Esta função é baseada na descrição da anotação dos bancos de dados e pode ser adicionada à Toolbox. A função remove a anotação de não batida sem erros. Os resultados mostram um alto percentual de 71% dos métodos revisados que utilizaram um número incorreto de batimentos para esta base de dados.

Este é um artigo de acesso aberto sob o título [CC BY-SA](#) licença.



Autor correspondente:

Akram Jaddoa Khalaf

Departamento de Engenharia Elétrica da

Universidade da Babilônia

Hilla, Babilônia, Iraque

E-mail: eng.akram@uobabylon.edu.iq

1. INTRODUÇÃO

O eletrocardiograma (ECG) foi geralmente utilizado para a observação da fisiologia cardíaca como um processo custo-efetivo e não invasivo. Para o cardiologista diagnosticar doenças cardíacas, o sinal do ECG mostra a funcionalidade do coração. O campo do ECG está significativamente desenvolvido, considerando que a morte mais comum é geralmente por doenças cardiovasculares [1]. Muitas aplicações são baseadas no sinal de ECG, como medição da frequência cardíaca, identificação biométrica, reconhecimento de movimento e diagnóstico de anormalidades [2].

Geralmente, o primeiro material padrão de ECG disponível para testes e avaliação de desempenho é o banco de dados de arritmia do MIT-BIH [3]. Ele desempenhou, juntamente com o banco de dados da American Heart Association (AHA), um papel interessante ao estimular os fabricantes de analisadores de arritmia a competir com base em desempenho objetivamente mensurável. O valor dos bancos de dados comuns para pesquisa básica e desenvolvimento e avaliação de dispositivos médicos é atribuído ao banco de dados de arritmia do MIT-BIH. O MIT-BIH compreende sinais de ECG variáveis com uma variável: ruído, artefatos, tipos de batimento e formatos de onda. Estão incluídos 48 registros com dois canais para cada sinal de ECG e um arquivo de anotação. Esses sinais são registrados por 25 homens e 22 mulheres por um período de meia hora a 360 amostras por segundo. O banco de dados foi anotado com 112.647 anotações, e essas anotações foram verificadas [3]. Foi classificado em duas categorias principais de anotação: as batidas e as não batidas. As anotações de batimento para o banco de dados de arritmia do MIT-BIH consistem em 15 subtipos, e as anotações de não batimentos consistem em 24 subtipos, conforme mostrado na Tabela 1.

O tipo de batida consiste em 14 tipos de batidas classificadas e um tipo de batida não classificada. As anotações de batimentos ocorrem para qualquer tipo de onda QRS no sinal de ECG. Portanto, esse banco de dados é amplamente utilizado para testes, avaliação de desempenho e aprendizado de métodos de detecção de QRS. Em geral, os bancos de dados são usados para avaliar o desempenho de qualquer novo algoritmo antes de implementá-lo em dispositivos para diversas aplicações. Portanto, qualquer erro nesta avaliação causará um erro na decisão do dispositivo. Em aplicações biomédicas como a detecção de QRS, que é substancial para muitos dispositivos de monitoramento de ECG, os erros de detecção desses dispositivos podem afetar o diagnóstico e o tratamento do médico, dependendo desses dispositivos. Assim, verificar o banco de dados desses aplicativos melhorará a decisão do médico.

Tabela 1. A descrição das anotações de batimento e não batimento para o banco de dados de arritmia do MIT-BIH

Anotações de batida		Anotações sem batida	
Código	Descrição	Código	Descrição
N	Batida normal	[Início do flutter/fibrilação ventricular
eu	Batimento de bloqueio de ramo esquerdo	!	Onda de flutter ventricular
R	Batimento de bloqueio de ramo direito]	Fim do flutter/fibrilação ventricular Onda
A	Batimento atrial prematuro	x	P não conduzida (APC bloqueada) Ritmo
a	Batimento atrial prematuro aberrado	(N	sinusal normal
J.	Batimento prematuro nodal (juncional)	(P	Ritmo ritmado
S	Batimento supraventricular prematuro ou ectópico (atrial ou nodal)	(B	Bigeminismo ventricular
V	Contração ventricular prematura	(VT	Taquicardia ventricular
F	Uma fusão de batimento ventricular e normal	(T	Trigeminia ventricular
e	Batimento de escape atrial	(SVTA	Taquiarritmia supraventricular
j	Batimento de escape nodal (juncional)	(IVR	Ritmo idioventricular
E	Batimento de escape ventricular	(ACENAR	Ritmo nodal (juncional AV)
/	Batida ritmada	(AFIB	Fibrilação atrial
f	Uma fusão de batida ritmada e normal	(AFL	Vibração atrial
P	Batida inclassificável	(VFL	Vibração ventricular
		(AB	Bigeminismo atrial
		(PREX	Pré-excitação (WPW)
		(BII	2º bloqueio cardíaco
		(SBR	Bradycardia sinusal
			Artefato tipo QRS isolado
		~	Alteração na qualidade do sinal
		":TS	Deslizamento da fita
		":PSE	Pausa
		": MISSB	Batida perdida

Até agora, mais de dois mil trabalhos citaram o banco de dados de arritmia do MIT-BIH. É único em termos de classificação de arritmia, pois oferece cinco grupos de padrões de arritmia [2]. Os métodos de detecção de QRS são essenciais para a maioria dos trabalhos citados, incluindo detecção de arritmia, classificação e aplicações de diagnóstico. Dependendo desta base de dados, muitos algoritmos de detecção de QRS foram desenvolvidos, testados e avaliados. Os algoritmos de detecção de QRS são baseados nas anotações de batimentos nos sinais do banco de dados para teste e avaliação. Essas batidas são usadas como dados de aprendizagem para os métodos dependendo da técnica de aprendizagem.

Muitos pesquisadores usaram o MATLAB para implementação de algoritmos baseados no banco de dados de formas de onda (WFDB) Caixa de ferramentas [4]. Esta Toolbox consiste nas funções que são utilizadas para leitura, gravação e processamento de sinais dos arquivos dos bancos de dados PhysioNet. A arritmia MIT-BIH é um dos bancos de dados PhysioNet que contém arquivos de dados e anotações. O WFDB é usado para extrair os sinais de ECG e essas anotações do banco de dados de arritmia do MIT-BIH para todos os registros. Ele pode extrair um tipo de anotações de batidas ou não batidas ou extrair todas as anotações sem qualquer filtro. Portanto, não é fácil extrair apenas todas as anotações de batida, o que leva a erros na leitura das anotações sem batida. Ao revisar os métodos existentes que utilizavam o banco de dados de arritmia do MIT-BIH, notamos que nem todos esses métodos são considerados o mesmo número de batimentos para os mesmos registros do banco de dados. Além disso, esta diferença afeta, mesmo que ligeiramente, os resultados da avaliação utilizados para comparar o desempenho dos métodos.

Este trabalho estudará os motivos da leitura de diferentes números de batimentos e métodos de comparação com correção e verificação. Além disso, uma nova função foi projetada para extrair as batidas corretas e remover as anotações sem batidas dos arquivos de banco de dados originais com base no WFDB Toolbox for MATLAB.

Na seção 2, o banco de dados de arritmia do MIT-BIH e seus tipos de anotação são descritos detalhadamente. A seção 3 apresenta a função proposta que extrai a batida correta dos arquivos de anotação. Em seguida, a seção 4 demonstra os resultados e a discussão para a revisão dos métodos existentes com uma comparação baseada no número de batimentos de cada método. Por fim, na seção 5, a conclusão é resumida.

2. BANCO DE DADOS DE ARRITMIA MIT-BIH

O banco de dados de arritmia do MIT-BIH é um dos bancos de dados de ECG mais substanciais. Sinais, ruídos e artefatos contrastantes do banco de dados o tornam adequado para testes e avaliações. Além disso, os arquivos de anotações verificadas que contêm os tipos de batimentos e não batimentos, conforme mostrado na Tabela 2 e na Tabela 3. Essas tabelas mostram as anotações do banco de dados de arritmia do MIT-BIH para cada registro com base nas descrições de anotações do PhysioNet para batimentos e não batimentos anotações. Existem mais do que esses tipos de anotação, que são mostrados em outros bancos de dados.

Tabela 2. Anotações de batimento do banco de dados de arritmia do MIT-BIH

Registro Não.	Total Anotações	N	eu	R	A	a	J.	S	V	F	e	j	E	/	f	P	Total Batidas
100	2274	2239			33				1								2273
101	1874	1860			3											2	1865
102	2192	99							4					2028	56		2187
103	2091	2082			2												2084
104	2311	163							2					1380	666	18	2229
105	2691	2526							41							5	2572
106	2098	1507							520								2027
107	2140								59					2078			2137
108	1824	1739			4				17	2		1					1763
109	2535		2492						38	2							2532
111	2133		2123						1								2124
112	2550	2537			2												2539
113	1796	1789				6											1795
114	1890	1820			10		2		43	4							1879
115	1962	1953															1953
116	2421	2302			1				109								2412
117	1539	1534			1												1535
118	2301			2166	96				16								2278
119	2094	1543							444								1987
121	1876	1861			1				1								1863
122	2479	2476															2476
123	1519	1515							3								1518
124	1634			1531	2		29		47	5		5					1619
200	2792	1743			30				826	2							2601
201	2039	1625			30	97	1		198	2		10					1963
202	2146	2061			36	19			19	1							2136
203	3108	2529				2			444	1						4	2980
205	2672	2571			3				71	11							2656
207	2385		1457	86	107				105				105				1860
208	3040	1586						2	992	373						2	2955
209	3052	2621			383				1								3005
210	2685	2423				22			194	10			1				2650
212	2763	923		1825													2748
213	3294	2641			25	3			220	362							3251
214	2297		2003						256	1						2	2262
215	3400	3195			3				164	1							3363
217	2280	244							162					1542	260		2208
219	2312	2082			7				64	1							2154
220	2069	1954			94												2048
221	2462	2031							396								2427
222	2634	2062			208		1					212					2483
223	2643	2029			72	1			473	14	16						2605
228	2141	1688			3				362								2053
230	2466	2255							1								2256
231	2011	314		1254	1				2								1571
232	1816			397	1382							1					1780
233	3152	2230			7				831	11							3079
234	2764	2700					50		3								2753
Total	112647	75052	8075	7259	2546	150	83	2	7130	803	16	229	106	7028	982	33	109.494

A anotação de cada batimento é um complexo QRS com diferentes tipos, como batimento normal ou outros batimentos. Por outro lado, as anotações sem batimento são onda de flutter ventricular, início/fim do flutter ventricular e início para muitos tipos de ritmo, como (sinusal, estimulado, ventricular, supraventricular, fibrilação atrial, flutter atrial e bloqueio cardíaco). Estes são sinais de ECG anotados para mostrar que neste ponto um dos ritmos está começando. Portanto, não é uma anotação de batidas (QRS). O flutter ventricular (registro 207) é uma exceção para muitos métodos de detecção de QRS porque é definido no ECG por uma onda sinusoidal sem uma exibição clara do complexo QRS

onda e onda T. Os métodos de detecção de QRS baseados no banco de dados de arritmia do MIT-BIH usam a anotação de batimento apenas porque as anotações sem batimentos não mostram ondas QRS para teste, avaliação e aprendizado.

O número de anotações de batidas é mostrado na Tabela 2 com (109.494 batidas) para todos os 48 registros. Este número deve ser um número padrão de batimentos, dependendo dos detalhes da anotação do banco de dados original e das descrições das anotações do PhysioNet para tipos de batimentos e não batimentos. Além disso, os métodos de detecção de QRS estão excluídos das 472 ondas de flutter ventricular do registro nº. 207, porque essas ondas são consideradas anotações sem batimento com base na descrição da anotação do PhysioNet conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Anotações sem batimento do banco de dados de arritmia do MIT-BIH

Registro Não.	Total Anotações	L	I	J	X	N	P	B	VT	CT	SVTA	IVR	ACENAR	AFIB	AFL	VFL	AB	PREX	BII	SBR	—	z	":TS	":PSE	":MISSB	Total de não batidas	
100	2274					1																				1	
101	1874					1																4	4			9	
102	2192					2	3																			5	
103	2091					1																	6			7	
104	2311					22	23																37			82	
105	2691					1															30	88				119	
106	2098					21		18	1	1												30				71	
107	2140						1															2				3	
108	1824				11	1															8	41				61	
109	2535					1																2				3	
111	2133					1																8				9	
112	2550					1																10				11	
113	1796					1																				1	
114	1890					2					1										1	7				11	
115	1962					1															6	2				9	
116	2421					1																8				9	
117	1539					1																3				4	
118	2301				10	1																12				23	
119	2094					49		37		17												4				107	
121	1876					1																12				13	
122	2479					1															2					3	
123	1519					1																				1	
124	1634					6				2		3	2									2				15	
200	2792					70		71	7													43				191	
201	2039				37	16				12	1		3	3								4				76	
202	2146					3								4	1						2					10	
203	3108								21	1				21	2						26	57				128	
205	2672					7			6												1	2				16	
207	2385	6	472	6		10		4	2		1	1				6					2	15				525	
208	3040					27				26											8	24				85	
209	3052					11					10										7	19				47	
210	2685							5	2	1				9							1	17				35	
212	2763					1															1	13				15	
213	3294					22		19	2																	43	
214	2297					13			2	10											5	4	1			35	
215	3400					3			2													30	2			37	
217	2280						33	9	1					24							1	4				72	
219	2312				133	8		2		1				10										3	1	158	
220	2069					9					8											4				21	
221	2462							1	2	8				12								12				35	
222	2634					32					4		31	24	42		3					15				151	
223	2643					11		7	7	3												10				38	
228	2141					21		20													24	20	3			88	
230	2466					104													103		1	2				210	
231	2011				2	6														5					427	440	
232	1816																				1		35			36	
233	3152					36		28	6	1											2					73	
234	2764					2					1											8				11	
Total	112647	6	472	6	193	530	60	221	61	83	26	4	36	107	45	6		3	103	5	1	132	616	6	3	428	3153

3. FUNÇÃO DE FILTRO DE BATIMENTOS CARDÍACOS

Neste artigo, uma função MATLAB é projetada para filtrar o arquivo de anotações para qualquer PhysioNet bancos de dados incluíram a arritmia do MIT-BIH. A função remove a anotação sem batida mostrada na Tabela 3, portanto, o arquivo de anotações conterá a anotação de batida mostrada apenas na Tabela 2. Por outro lado, o arquivo de anotações existente

A função MATLAB-WFDB (rdann) que lê o arquivo de anotações pode ler todas as anotações ou uma anotação. Portanto, rdann não pode filtrar a anotação por tipo de batida ou não-batida; por este motivo, foi proposta a função com novas funcionalidades com novas funcionalidades para filtrar os dados corretamente e sem erros.

Esta função é simples, mas é importante padronizar o número de batimentos para qualquer pesquisador que são usados bancos de dados PhysioNet. Esta função pode ser adicionada à caixa de ferramentas MATLAB-WFDB para simplesmente filtrar os arquivos de anotações, removendo as anotações sem batida precisamente com os valores padrão. A função lê e pesquisa todos os arquivos de dados de anotações para cada registro, conforme mostrado na Figura 1. Se a anotação for um dos tipos não-beat, esta anotação será removida dos dados da anotação. Além disso, ele deve ser usado em qualquer banco de dados PhysioNet para extrair a anotação de batimento, removendo as anotações sem batimento usadas para preparar os dados para muitas aplicações, incluindo métodos de detecção de QRS.

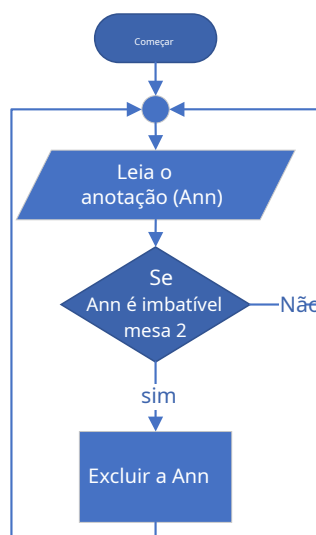


Figura 1. O fluxograma de funções

4. OS RESULTADOS DA COMPARAÇÃO E VERIFICAÇÃO COM DISCUSSÃO

O trabalho centra-se na verificação e comparação da base de dados de arritmias do MIT-BIH utilizada para o algoritmo de detecção de QRS. A função de filtro de pulsações proposta pode ser aplicada a todos os bancos de dados MIT-BIH do site PhysioNet. Os métodos de detecção de QRS revisados não usam o mesmo número de batimentos cardíacos para o banco de dados de arritmia do MIT-BIH. Este número deve ser padrão para este banco de dados porque depende do número de batimentos do banco de dados original. Simultaneamente, nem todos os métodos de detecção de QRS consideram o mesmo número de batimentos para os mesmos registros do banco de dados. A revisão dos métodos existentes de detecção de QRS usando o banco de dados de arritmia do MIT-BIH resumiu os erros desses métodos com base nos batimentos dos registros mostrados na Tabela 4 (ver no Apêndice). Os registros incorretos estão indicados em negrito, o Total (T) e os Erros (E) nesta tabela. Os métodos deveriam usar o mesmo número de batimentos sem nenhuma diferença, mas os erros estão ocorrendo pelos pesquisadores. Todos os métodos revisados são revisados, comparados e verificados com base no número de batimentos de cada registro do banco de dados. A Tabela 5 resume o número total de batimentos, o erro total por registro e o erro total por banco de dados para diferentes métodos para avaliar a incorreção desses métodos.

O número total de batimentos do banco de dados de arritmia do MIT-BIH usado nos métodos revisados é calculado; esse número deve ser 109.494 batimentos cardíacos para todos os registros do banco de dados, conforme mostrado na seção 2. Os erros de batimento para esses métodos comparados com o número correto de batimentos para esse banco de dados são determinados para encontrar o número de métodos que usaram o valor correto do batimento. Além disso, os outros métodos continham erros que variam de 1 a 1.400 batimentos para o banco de dados geral. A Tabela 5 mostra a porcentagem do número de referências para cada erro em relação ao total de referências revisadas. Além disso, mostra o número total de erros de cada referência por cada registro (soma dos valores absolutos dos erros) e o número total de erros de cada referência por base de dados geral, que assume um valor positivo ou negativo.

Os erros de batimentos por todos os dados registram até 1.400 batimentos e 29% do total de métodos revisados utilizam o número de batimentos correto. Por outro lado, 71% utilizam números de batidas incorretos. Além disso, o número de métodos incorretos é maior que o número de métodos corretos com base em nossa comparação. Então, propomos este estudo. Cada registro no banco de dados para os métodos revisados foi estudado para cálculo de erros de batimento.

A Figura 2 descreve o número de referências que contêm erros para cada registro. Para cada registro, é calculada a porcentagem do número de referência que ocorre erro por todas as referências para avaliar os motivos do erro do registro. A porcentagem de erros de registros começa em 53% para o registro nº. 207 a 9% para registros (102, 103, 112, 117, 119, 122, 123 e 230).

A Tabela 5 e a Figura 2 mostram a diferença entre esses métodos para os mesmos registros utilizados do mesmo banco de dados. Depois de estudados os resultados, são estabelecidos os seguintes pontos

óbvios: a. O número correto de batidas é 109.494 batidas sem adicionar ou remover quaisquer dados.

b. A função projetada extrai o número correto de batimentos cardíacos de todos os registros do banco de dados de arritmia do MIT-BIH.

c. Se o número de batidas exceder o número correto:

- Algumas anotações sem batida foram adicionadas e devem ser mencionadas nos métodos.
- Os dados foram repetidos para registro e devem ser mencionados nos métodos.

d. Se o número de batidas for menor que o número correto:

- Algumas anotações de batida foram removidas e devem ser mencionadas nos métodos.

e. Este banco de dados contém alguns erros antes da digitalização e verificação [1].

f. A caixa de ferramentas WFDB não inclui o filtro de batidas ou não batidas para a função (rdann) que lê os arquivos de anotações.

g. Os registros de copiar e colar batem números entre os pesquisadores sem verificação.

h. Um grande número de tipos de anotações (39 anotações) confunde os pesquisadores.

eu. De acordo com a Figura 2, o maior erro ocorre no registro nº. 207 porque muitos pesquisadores estão contando as 472 ondas de flutter ventricular, mas essas ondas são consideradas anotações sem batimento com base na descrição da anotação do PhysioNet.

j. Na Figura 2, registros no. 209 é o segundo, e registra o nº. 214 é o terceiro batimento com maior número de erros para os métodos revisados, mas o número de erros é baixo e não excede oito batimentos e nove batimentos, respectivamente.

k. De acordo com a Figura 2, os registros de erro mais baixos (102, 103, 112, 117, 119, 122, 123 e 230) porque esses registros contêm as anotações sem batida mais baixas.

Tabela 5. Total de anotações e erros de batimento para os métodos revisados

Referências	Contagem de referência	Porcentagem referência	Total de batidas	Total de erros por registro	Total de erros por base de dados
[5-24]	20	29%	109494	0	0
[25]	1	1%	109493	1	- 1
[26-31]	6	9%	109496	2	2
[32]	1	1%	109495	3	1
[33]	1	1%	109488	6	- 6
[34]	1	1%	109488	6	- 6
[35]	1	1%	109486	8	- 8
[36]	1	1%	109481	13	- 13
[37-39]	3	4%	109508	16	14
[40-42]	3	4%	109510	18	16
[43]	1	1%	109483	23	- 11
[44]	1	1%	109488	36	- 6
[45]	1	1%	109478	44	- 16
[46]	1	1%	109443	51	- 51
[47]	1	1%	109428	66	- 66
[48]	1	1%	109328	166	- 166
[49]	1	1%	109357	203	- 137
[50]	1	1%	109255	239	- 239
[51-56]	6	9%	109809	329	315
[57]	1	1%	109788	348	294
[58]	1	1%	109267	357	- 227
[59]	1	1%	109134	360	- 360
[60]	1	1%	109097	423	-397
[61-63]	3	4%	109966	472	472
[64]	1	1%	109965	473	471
[65]	1	1%	109966	474	472
[66]	1	1%	109996	502	502
[67]	1	1%	109369	567	- 125
[68]	1	1%	109985	579	491
[69]	1	1%	109663	603	169
[70]	1	1%	110159	665	665
[71]	1	1%	110008	738	514
[72]	1	1%	109036	1400	- 458
Total	68	100%			

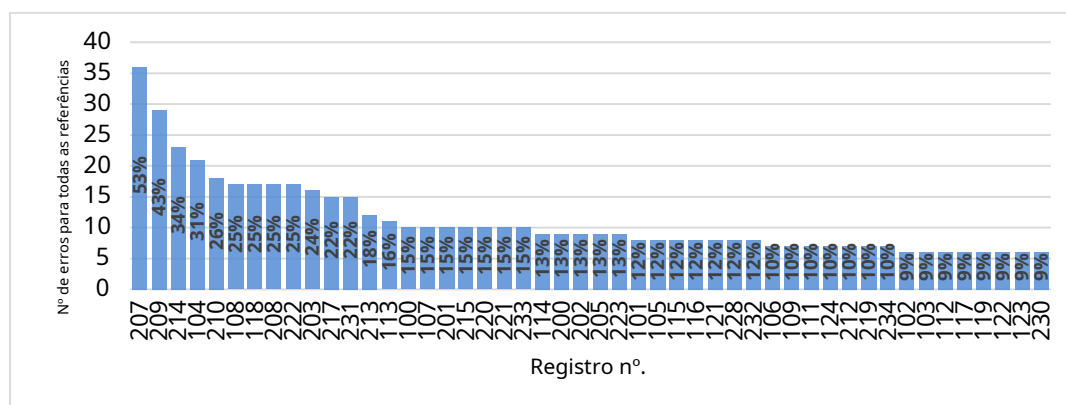


Figura 2. Registra erros por referências gerais

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou um método para encontrar o número de batimentos correto para o banco de dados de arritmia do MIT-BIH com um estudo de comparação e projetou uma função para o MATLAB para extrair os valores corretos para qualquer banco de dados PhysioNet. Dessa forma, o número de batimentos que os pesquisadores estão utilizando serão padrões. As anotações sem batimento afetaram os resultados dos métodos de detecção de QRS de duas maneiras. Primeiro, a precisão da avaliação dos métodos propostos não é calculada corretamente porque o número de batimentos do banco de dados está incorreto. Em segundo lugar, os métodos baseados em aprendizado de máquina são treinados com base em informações incorretas. Portanto, a operação de aprendizagem não foi adequada e os resultados dos métodos não estão corretos. A maioria dos métodos revisados utilizou um número incorreto de batimentos, 29% dos pesquisadores usaram o número correto e 71% usaram batimentos incorretos. A função proposta deve ser adicionada à caixa de ferramentas MATLAB-WFDB para filtrar os arquivos de anotações para remover corretamente as anotações sem batida e extrair os valores de batida padrão. Ele pode ser usado por qualquer outra linguagem de programação para ler os arquivos de anotações dos bancos de dados PhysioNet como python.

APÊNDICE

Tabela 4. A anotação de batida para os métodos revisados

	Tabela 4-7: Anotação de batida para os métodos revisados																	
gravando	[5-24]	[25]	[26-30]	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]	[37-39]	[40-42]	[43]	[44]	[45]	[46]	[47]	[48]	
100	2273	2273	2273	2273	2273	2273	2273	2272	2272	2272	2273	2273	2273	2273	2273	2271	2273	2272
101	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1864	1865	1864
102	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2186	2187	2187
103	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2083	2084	2084
104	2229	2229	2229	2229	2229	2229	2229	2228	2228	2228	2229	2229	2229	2229	2230	2228	2229	2227
105	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2571	2572	2555
106	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2026	2027	2027
107	2137	2136	2137	2137	2137	2137	2137	2136	2137	2137	2137	2137	2137	2137	2137	2136	2137	2135
108	1763	1763	1763	1763	1763	1763	1763	1763	1763	1774	1774	1760	1774	1763	1762	1763	1761	
109	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2531	2532	2532
111	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2123	2124	2124
112	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2538	2539	2539
113	1795	1795	1795	1795	1795	1795	1795	1794	1794	1794	1795	1795	1795	1795	1795	1793	1795	1794
114	1879	1879	1879	1879	1879	1879	1879	1878	1879	1879	1879	1879	1872	1879	1879	1878	1879	1879
115	1953	1953	1953	1953	1953	1953	1953	1953	1953	1953	1953	1953	1952	1953	1953	1952	1953	1952
116	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2411	2412	2410
117	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1534	1535	1535
118	2278	2278	2278	2278	2278	2278	2278	2278	2277	2278	2278	2278	2278	2278	2288	2277	2278	2278
119	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1986	1987	1987
121	1863	1863	1863	1863	1863	1863	1863	1863	1862	1862	1863	1863	1863	1863	1863	1862	1863	1863
122	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2475	2476	2476
123	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1517	1518	1518
124	1619	1619	1619	1619	1619	1619	1619	1619	1619	1619	1619	1619	1619	1619	1619	1618	1619	1619
200	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2600	2601	2581
201	1963	1963	1963	1963	1963	1963	1963	1963	1962	1963	1963	1963	1963	1963	1963	1962	1963	1950
202	2136	2136	2136	2136	2136	2136	2136	2135	2136	2136	2136	2136	2136	2136	2136	2135	2136	2133
203	2980	2980	2980	2980	2980	2980	2980	2980	2980	2980	2980	2980	2980	2980	2980	2979	2980	2949
205	2656	2656	2656	2656	2656	2656	2656	2656	2655	2656	2656	2656	2656	2656	2656	2655	2656	2647
207	1860	1860	1862	1860	1862	1860	1860	1860	1860	1860	1860	1862	1862	1860	1862	1859	1794	1859

Tabela 4. A anotação de batida para os métodos revisados (*continuar*)

Tabela 1: Histórico de dados para os métodos revisados (continua)																	
grando	[5-24]	[25]	[26-30]	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]	[37-39]	[40-42]	[43]	[44]	[45]	[46]	[47]	[48]
208	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2955	2946	2954	2955	2921
209	3005	3005	3005	3004	3005	3004	3005	3004	3004	3004	3004	3004	3004	3004	3005	3004	3005
210	2650	2650	2650		2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650	2647	2649	2650
212	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2747	2748	2747
213	3251	3251	3251	3251	3251	3250	3250	3250	3250	3251	3251	3251	3251	3251	3249	3251	3249
214	2262	2262	2262	2261	2261	2261	2262	2261	2261	2265	2265	2265	2265	2265	2254	2261	2262
215	3363	3363	3363		3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3353	3362	3363
217	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2209	2209	2209	2209	2208	2207	2208	2208
219	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2153	2154	2154
220	2048	2048	2048	2048	2048	2047	2048	2047	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2047	2048	2047
221	2427	2427	2427	2427	2427	2427	2427	2426	2427	2427	2427	2427	2407	2427	2426	2427	2427
222	2483	2483	2483	2483	2483	2483	2483	2483	2483	2483	2483	2483	2483	2484	2482	2483	2482
223	2605	2605	2605	2605	2605	2605	2605	2605	2605	2605	2605	2605	2605	2605	2604	2605	2603
228	2053	2053	2053	2053	2053	2053	2053	2053	2053	2053	2053	2048	2053	2053	2052	2053	2053
230	2256	2256	2256	2256	2256	2256	2256	2256	2256	2256	2256	2256	2256	2256	2255	2256	2256
231	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1571	1570	1571	1571
232	1780	1780	1780	1780	1780	1779	1780	1780	1780	1780	1780	1780	1780	1780	1779	1780	1780
233	3079	3079	3079	3079	3079	3079	3079	3078	3079	3079	3079	3079	3079	3079	3078	3079	3071
234	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2753	2752	2753	2753
T 109494 109493 109496 109492 109495 109488 109488 109486 109481 109508 109510 109483 109488 E 109478 109443 109428 109328																	
	0	1	2	2	3	6	6	8	13	16	18	23	36	44	51	66	166
grando	[49]	[50]	[51-56]	[57]	[58]	[59]	[60]	[61-63]	[64]	[65]	[66]	[67]	[68]	[69]	[70]	[71]	[72]
100	2269	2273	2273	2273	2267	2265	2273	2273	2273	2273	2273	2273	2274	2270	2273	2273	2272
101	1862	1864	1865	1865	1859	1860	1865	1865	1865	1865	1865	1865	1866	1862	1865	1873	1864
102	2183	2187	2187	2187	2181	2180	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2187	2186	2187	2186	2186
103	2081	2084	2084	2084	2081	2078	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2084	2083	2084	2084	2083
104	2225	2226	2230	2230	2224	2222	2230	2229	2229	2230	2229	2229	2229	2219	2229	2235	2228
105	2582	2566	2572	2572	2564	2565	2572	2572	2572	2572	2572	2572	2602	2559	2572	2578	2571
106	2024	2023	2027	2027	2024	2021	2027	2027	2027	2027	2027	2027	2026	2025	2027	2096	2026
107	2133	2135	2137	2137	2131	2131	2137	2137	2137	2137	2137	2137	2136	2135	2137	2138	2136
108	1761	1759	1763	1763	1757	1757	1763	1763	1763	1763	1763	1763	1763	1747	1774	1763	1762
109	2528	2527	2532	2532	2526	2524	2532	2532	2532	2532	2532	2532	2533	2531	2532	2519	1649
111	2121	2123	2124	2124	2120	2118	2124	2124	2124	2124	2124	2124	2123	2120	2124	2124	2123
112	2535	2539	2539	2539	2536	2531	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2539	2537	2539	2549	2538
113	1791	1795	1795	1797	1791	1789	1795	1795	1795	1795	1795	1795	1794	1792	1795	1795	1794
114	1875	1832	1879	1879	1872	1872	1879	1879	1879	1879	1879	1879	1890	1878	1879	1885	1878
115	1949	1953	1953	1953	1945	1946	1953	1953	1953	1953	1953	1953	1953	1950	1953	1960	1952
116	2408	2392	2412	2412	2409	2404	2412	2412	2412	2412	2412	2412	2395	2407	2412	2401	2411
117	1532	1535	1535	1535	1532	1530	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1535	1534	1535	1538	1534
118	2275	2278	2275	2275	2273	2271	2275	2278	2278	2278	2278	2278	2278	2275	2288	2298	2277
119	1984	1987	1987	1987	1985	1981	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1988	1985	1987	2010	1986
121	1859	1863	1863	1863	1858	1856	1863	1863	1863	1863	1863	1863	1863	1860	1863	1871	1862
122	2472	2476	2476	2476	2471	2468	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2476	2475	2476	2477	2475
123	1515	1518	1518	1518	1514	1513	1518	1518	1518	1518	1518	1518	1519	1517	1518	1518	1517
124	1616	1619	1619	1619	1613	1613	1619	1619	1619	1618	1619	1619	1619	1618	1619	1602	1618
200	2597	2600	2601	2601	2595	2593	2607	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2601	2599	2600
201	1961	1934	1963	1963	1946	1959	1963	1963	1963	1963	1963	1963	1949	1954	2000	1963	1962
202	2132	2132	2136	2136	2134	2128	2136	2136	2136	2136	2136	2136	2138	2134	2136	2135	2135
203	3003	2926	2982	2978	2976	2973	2982	2980	2980	2980	2980	2980	2988	2962	2980	2982	2979
205	2652	2653	2656	2656	2650	2648	2656	2656	2656	2656	2656	2656	2656	2654	2656	2657	2655
207	1855	1857	1862	1862	1856	1850	1862	2332	2332	2332	2332	1543	2324	2246	2332	1862	2331
208	2951	2940	2956	2954	2953	2946	2956	2955	2955	2955	2955	2955	2953	2937	2955	2952	2954
209	3001	3005	3004	3004	2999	2997	3004	3005	3004	3005	3005	3006	3006	3002	3005	3051	3004
210	2646	2628	2647	2647	2645	2642	2647	2650	2650	2650	2650	2640	2652	2640	2650	2645	2649
212	2744	2748	2748	2748	2746	2740	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2748	2746	2748	2761	2747
213	3246	3250	3251	3251	3245	3241	3251	3251	3251	3251	3251	3471	3250	3247	3251	3245	3250
214	2258	2258	2262	2262	2255	2254	2262	2262	2262	2262	2262	2259	2262	2259	2262	2273	2261
215	3358	3363	3363	3362	3357	3353	3363	3363	3363	3363	3363	3363	3362	3360	3363	3398	3362
217	2205	2207	2208	2208	2202	2202	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2208	2207	2208	2270	2207
219	2151	2154	2154	2154	2150	2147	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2154	2152	2287	2154	2153
220	2044	2047	2048	2048	2041	2041	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2048	2047	2048	2068	2047
221	2423	2426	2427	2427	2422	2420	2427	2427	2427	2427	2457	2427	2427	2426	2427	2447	2426
222	2478	2481	2484	2484	2492	2474	2484	2483	2483	2483	2483	2483	2485	2481	2483	2624	2482
223	2601	2604	2605	2605	2603	2581	2605	2605	2605	2605	2605	2589	2604	2604	2605	2636	2604
228	2050	2050	2053														

REFERÊNCIAS

- [1] S. Mendise outros., "Atlas global sobre prevenção e controle de doenças cardiovasculares", Genebra: Organização Mundial da Saúde em colaboração com a Federação Mundial do Coração e a Organização Mundial do AVC, 2011.
- [2] SK Berkaya, AK Uysal, ES Gunal, S. Ergin, S. Gunal e MB Gulmezoglu, "Uma pesquisa sobre análise de ECG", *Processamento e controle de sinais biomédicos*, vol. 216-235, maio de 2018, doi: 10.1016/j.bspc.2018.03.003.
- [3] GB Moody e RG Mark, "O impacto do banco de dados de arritmia do MIT-BIH", em *Revista IEEE Engenharia em Medicina e Biologia*, vol. 20, não. 3, pp. 45-50, maio-junho de 2001, doi: 10.1109/51.932724.
- [4] I. Silva e GB Moody, "Uma caixa de ferramentas de código aberto para análise e processamento de bancos de dados PhysioNet em MATLAB e Octave", *Jornal de software de pesquisa aberta*, vol. 2, no.1, pp. 1-27, set. 2014, doi: 10.5334/jors.bi.
- [5] AJ Khalaf e SJ Mohammed, "Um algoritmo de detecção de QRS para aplicações em tempo real", *Jornal Internacional de Engenharia e Sistemas Inteligentes*, vol. 14, não. 356-367, 2020, doi: 10.22266/ijies2021.0228.33.
- [6] C. Nayak, SK Saha, R. Kar e D. Mandal, "Um projeto de pré-processador de ECG baseado em diferenciador de ordem fracionária digital eficiente e robusto para detecção de QRS", em *Transações IEEE em Circuitos e Sistemas Biomédicos*, vol. 13, não. 682-696, agosto de 2019, doi: 10.1109/TBCAS.2019.2916676.
- [7] A. Sharma, S. Patidar, A. Upadhyay e UR Acharya, "Método baseado em transformação wavelet Q ajustável e precisa para detecção de complexo QRS", *Computadores e Engenharia Elétrica*, vol. 75, pp. 101-111, maio de 2019, doi: 10.1016/j.compeleceng.2019.01.025.
- [8] A. Bajaj e S. Kumar, "Detecção de complexo QRS usando transformada fracionária de Stockwell e energia fracionária de Stockwell Shannon", *Processamento e controle de sinais biomédicos*, vol. 54, set. 2019, art. não. 101628, doi: 10.1016/j.bspc.2019.101628.
- [9] T. Nguyen, X. Qin, A. Dinh e F. Bui, "Detecção de pico R de baixa complexidade de recursos com base na correspondência de modelo de triângulo e filtro de média móvel", *Sensores*, vol. 19, não. 18 de setembro de 2019, art. não. 3997, doi: 10.3390/s19183997.
- [10] C. Nayak, SK Saha, R. Kar e D. Mandal, "Projeto ideal de diferenciador digital de banda larga baseado em SSA para aplicação de detecção de complexo QRS cardíaco", *Revista Internacional de Modelagem Numérica: Redes Eletrônicas, Dispositivos e Campos*, vol. 32, não. 2, novembro de 2018, art. não. e2524, doi: 10.1002/jnm.2524.
- [11] Ó. Yakut e ED Bolat, "Um método aprimorado de detecção de complexo QRS com baixa carga computacional", *Processamento e controle de sinais biomédicos*, vol. 230-241, abril de 2018, doi: 10.1016/j.bspc.2018.02.004.
- [12] D. Yang e Y. Zhang, "Um detector QRS em tempo real baseado no diferenciador passa-baixo e na transformação de Hilbert", em *Web de Conferências MATEC*, Guangzhou, China, vol. 175, pp. 1-6, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201817502008.
- [13] T. Sharma e KK Sharma, "Detecção de complexo QRS em sinais de ECG usando eliminação de ruído de variação total ponderada localmente adaptativa", *Computadores em Biologia e Medicina*, vol. 87, pp. 187-199, ago. 2017, doi: 10.1016/j.combiomed.2017.05.027.
- [14] S. Jain, A. Kumar e V. Bajaj, "Técnica para detecção de complexo QRS usando otimização de enxame de partículas", *Ciência, Medição e Tecnologia IET*, vol. 10, não. 6, pp. 626-636, setembro de 2016, doi: 10.1049/iet-smt.2016.0023.
- [15] T. Sharma e KK Sharma, "Detecção do complexo QRS em sinais de ECG usando a transformação wavelet sincronizada", *Revista de Pesquisa IETE*, vol. 62, não. 6, pp. 885-892, set. 2016, doi: 10.1080/03772063.2016.1221744.
- [16] S. Yazdani e J. Vesin, "Extração de pontos fiduciais QRS do ECG usando morfologia matemática adaptativa", *Processamento de sinal digital*, vol. 56, pp. 100-109, set. 2016, doi: 10.1016/j.dsp.2016.06.010.
- [17] D. Castells-Rufas e J. Carrabina, "Detector QRS simples em tempo real com o filtro MaMeMi", *Processamento e controle de sinais biomédicos*, vol. 21, pp. 137-145, agosto de 2015, doi: 10.1016/j.bspc.2015.06.001.
- [18] F. Bouaziz, D. Boutana e M. Benidir, "Algoritmo de detecção de complexo QRS baseado em wavelet multirresolução adequado para várias morfologias anormais", *Processamento de Sinal IET*, vol. 8, não. 774-782, setembro de 2014, doi: 10.1049/ietSpr.2013.0391.
- [19] G. Nallathambi e JC Príncipe, "Integrate and Fire Pulse Train Automaton para detecção de QRS", em *Transações IEEE em Engenharia Biomédica*, vol. 61, não. 2, pp. 317-326, fevereiro de 2014, doi: 10.1109/TBME.2013.2282954.
- [20] Y. Li, F. Hong e J. Song, "Uma nova abordagem de detecção de complexo QRS baseada em filtragem combinada e análise de caracteres triangulares", *Ciências Físicas e de Engenharia da Austrália em Medicina*, vol. 35, não. 3, pp. 341-356, julho de 2012, doi: 10.1007/s13246-012-0149-x.
- [21] Z. Zidelmal, A. Amirou, M. Adnane e A. Belouchrani., "Detecção de QRS baseada em coeficientes wavelet", *Métodos e Programas de Computador em Biomedicina*, vol. 107, não. 3, pp. 490-496, setembro de 2012, doi: 10.1016/j.cmpb.2011.12.004.
- [22] M. Adnane, Z. Jiang e S. Choi., "Desenvolvimento de algoritmo de detecção de QRS projetado para sistema cardiorrespiratório vestível", *Métodos e Programas de Computador em Biomedicina*, vol. 93, não. 20-31, janeiro de 2009, doi: 10.1016/j.cmpb.2008.07.010.
- [23] F. Chiarugi, V. Sakkalis, D. Emmanouilidou, T. Krontiris, M. Varanini e I. Tollis, "Detector QRS de limiar adaptativo com melhor seleção de canal com base em um sistema de classificação de ruído", *2007 Computadores em Cardiologia*, 2007, pp.
- [24] M. Cvikl, F. Jager e Z. Andrej, "Implementação de hardware de um algoritmo de detecção de complexo QRS baseado em mapeamento de coordenadas de atraso modificado", *Jornal EURASIP sobre Avanços no Processamento de Sinais*, vol. 2007, não. 1, abril de 2007, doi: 10.1155/2007/57286.

- [25] M. Elgendi, M. Jonkman e F. De Boer, "Efeitos de bandas de frequência na detecção de QRS", em *Anais da Terceira Conferência Internacional sobre Sistemas Bioinspirados e Processamento de Sinais*, Valência, Espanha, vol. 428-431, 2010, doi: 10.5220/0002742704280431.
- [26] MS Manikandan e B. Ramkumar, "Algoritmo de detecção de QRS simples e robusto para monitor cardíaco vestível", *Cartas de tecnologia de saúde*, vol. 1, não. 40-44, janeiro de 2014, doi: 10.1049/htl.2013.0019.
- [27] MS Manikandan e KP Soman, "Um novo método para detectar picos R no sinal de eletrocardiograma (ECG)", *Processamento e controle de sinais biomédicos*, vol. 7, não. 2, pp. 118-128, março de 2012, doi: 10.1016/j.bspc.2011.03.004.
- [28] J. Lewandowski, HE Arochena, RNG Naguib e K. Chao, "Um algoritmo simples de detecção de QRS em tempo real utilizando conceito de comprimento de curva com limiar adaptativo combinado para classificação de sinal de eletrocardiograma", *Conferência TENCON 2012 IEEE Região 10*, 2012, pp.
- [29] NSVK Chaitanya, A. Radhakrishnan, GR Reddy e MS Manikandan, "Um algoritmo de detecção QRS simples e robusto para rede de área corporal médica sem fio", *Conferência Internacional de 2011 sobre Tendências Emergentes em Redes e Comunicações de Computadores (ETNCC)*, 2011, pp. 153-158, doi:10.1109/ETNCC.2011.5958505.
- [30] B. Huang e Y. Wang, "Detectando complexos QRS de sinais de ECG de dois canais usando entropia wavelet combinada", *2009 3ª Conferência Internacional sobre Bioinformática e Engenharia Biomédica*, 2009, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICBBE.2009.5162600.
- [31] F. Abdelliche, A. Charef e S. Ladaci, "Wavelets Morlet fracionárias e complexas complexas para detecção de complexos QRS", *Conferência Internacional ICFDA'14 sobre Diferenciação Fracionária e Suas Aplicações 2014*, 2014, pp.
- [32] W. Zhu, H. Zhao e X. Chen, "Um novo detector QRS baseado na decomposição do modo empírico", *10ª Conferência Internacional IEEE sobre Procedimentos de Processamento de Sinais*, 2010, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICOSP.2010.5656499.
- [33] SA Chouakri, FB Reguig e AT Ahmed, "Detecção de complexo QRS baseada na decomposição de pacotes multi-wavelet", *Matemática Aplicada e Computação*, vol. 217, não. 23, pp. 9508-9525, agosto de 2011, doi: 10.1016/j.amc.2011.03.001.
- [34] P. Phukpattaranont, "Algoritmo de detecção de QRS baseado no filtro quadrático", *Sistemas Especialistas com Aplicações*, vol. 42, não. 4867-4877, julho de 2015, doi: 10.1016/j.eswa.2015.02.012.
- [35] J.-W. Lee, KS Kim, B. Lee, B. Lee e M. Ho. Lee, "Uma detecção de QRS em tempo real usando mapeamento de coordenadas de atraso para a implementação do microcontrolador", *Anais de Engenharia Biomédica*, vol. 30, não. 9, pp. 1140-1151, outubro de 2002.
- [36] J. Lee, K. Jeong, J. Yoon e M. Lee, "Um algoritmo simples de detecção de QRS em tempo real", *Anais da 18ª Conferência Internacional Anual da IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, vol. 4, 1996, pp.
- [37] C] Deepu e Y. Lian, "Um esquema conjunto de detecção de QRS e compressão de dados para sensores vestíveis", em *Transações IEEE em Engenharia Biomédica*, vol. 62, não. 1, pp. 165-175, janeiro de 2015, doi: 10.1109/TBME.2014.2342879.
- [38] MR Arefin e R. Fazel-Rezai, "Análise de detecção de QRS computacionalmente eficiente com base no método de inclinação dupla", *36ª Conferência Internacional Anual de 2014 da Sociedade IEEE de Engenharia em Medicina e Biologia*, 2014, pp.
- [39] Y. Wang, C] Deepu e Y. Lian, "Um algoritmo de detecção QRS computacionalmente eficiente para sensores de ECG vestíveis", *Conferência Internacional Anual de 2011 da Sociedade IEEE de Engenharia em Medicina e Biologia*, 2011, pp.
- [40] CF Zhang e T. Bae, "VLSI Friendly ECG QRS Complex Detector for Body Sensor Networks", em *Jornal IEEE sobre tópicos emergentes e selecionados em circuitos e sistemas*, vol. 2, não. 52-59, março de 2012, doi: 10.1109/JETCAS.2012.2187706.
- [41] F. Zhang e Y. Lian, "Detecção de QRS baseada em filtro morfológico e envelope de energia para aplicações em redes de sensores corporais", *Jornal de sistemas de processamento de sinais*, vol. 64, não. 2, pp. 187-194, novembro de 2009, doi: 10.1007/s11265-009-0430-8.
- [42] F. Zhang e Y. Lian, "Detecção de QRS baseada em morfologia matemática multiescala para dispositivos de ECG vestíveis em redes de área corporal", em *Transações IEEE em Circuitos e Sistemas Biomédicos*, vol. 3, não. 220-228, agosto de 2009, doi: 10.1109/TBCAS.2009.2020093.
- [43] K. Arbateni e A. Bennia, "Função de base radial sigmoidal ANN para detecção de complexo QRS", *Neurocomputação*, vol. 438-450, dezembro de 2014, doi: 10.1016/j.neucom.2014.05.009.
- [44] LD Sharma e RK Sunkaria, "Uma detecção QRS robusta usando novas técnicas de pré-processamento e eficiência aprimorada baseada em curtose", *Medição*, vol. 87, pp. 194-204, junho de 2016, doi: 10.1016/j.medição.2016.03.015.
- [45] P. Lie outros., "Um processador QRS eficiente de 410 nW para monitoramento de ECG móvel em CMOS de 0,18 μm ", em *Transações IEEE em Circuitos e Sistemas Biomédicos*, vol. 11, não. 6, pp. 1356-1365, dezembro de 2017, doi: 10.1109/TBCAS.2017.2731797.
- [46] C.-L. Chen e C.-T. Chuang, "Um método de detecção de QRS e reconhecimento de ponto R para dispositivos vestíveis de ECG de derivação única", *Sensores*, vol. 17, não. 9, agosto de 2017, art. não. 1969, doi: 10.3390/s17091969.
- [47] N. Ravanshad, H. Rezaee-Dehsorkh, R. Lotfi e Y. Lian, "Um algoritmo de detecção de QRS baseado em cruzamento de nível para sensores de ECG vestíveis", em *Jornal IEEE de Informática Biomédica e de Saúde*, vol. 18, não. 1, pp. 183-192, janeiro de 2014, doi: 10.1109/JBHI.2013.2274809.
- [48] S. Torbey, SG Akl e DP Redfearn, "Detecção de QRS de múltiplas derivações usando pares de janelas", *Conferência Internacional Anual de 2012 da Sociedade IEEE de Engenharia em Medicina e Biologia*, 2012, pp.

- [49] W. Chin, C. Chang, C. Tseng, Y. Huang e T. Jiang, "Detector Bayesiano de Complexo QRS em Tempo Real para Sistema de Saúde", em *Diário IEEE Internet das Coisas*, vol. 6, não. 3, pp.
- [50] BS Shaik, GVSSKR Naganjaneyulu e AV Narasimhadhan, "Uma nova abordagem para delineamento de QRS no sinal de ECG com base na transformada de chirplet," *Conferência Internacional IEEE 2015 sobre Tecnologias de Eletrônica, Computação e Comunicação (CONECCT)*, 2015, pp. 1-5, doi: 10.1109/CONECCT.2015.7383914.
- [51] A. Karimipour e MR Homaeinezhad, "Algoritmo de detecção-delineamento de eletrocardiograma P-QRS-T em tempo real baseado em análise de modelos característicos com suporte de qualidade," *Computadores em Biologia e Medicina*, vol. 52, pp. 153-165, set. 2014, doi: 10.1016/j.compbimed.2014.07.002.
- [52] S. Salih, SA Aljunid, A. Yahya e KY Ghailan, "Uma nova abordagem para detectar o complexo QRS do sinal de ECG," *Revista Internacional de Ciência da Computação*, vol. 9, não. 6, pp. 205-215, novembro de 2012.
- [53] S. Taouli e F. Bereksi-Reguig, "Detecção de complexos QRS em sinais de ECG com base na decomposição de modo empírico," *Jornal Global de Ciência da Computação e Tecnologia*, vol. 11, não. 20, pp. 11-17, 2011.
- [54] Y. Yeh e W. Wang, "Detecção de complexos QRS para sinal de ECG: O Método de Operação Diferença," *Métodos e Programas de Computador em Biomedicina*, vol. 91, não. 3, pp. 245-254, setembro de 2008, doi: 10.1016/j.cmpb.2008.04.006.
- [55] M. Paoletti e C. Marchesi, "Descobrimos padrões perigosos em gravações de ECG ambulatoriais de longo prazo usando um algoritmo de detecção QRS rápido e análise exploratória de dados," *Métodos e Programas de Computador em Biomedicina*, vol. 82, não. 20-30, abril de 2006, doi: 10.1016/j.cmpb.2006.01.005.
- [56] J. J. Pan e WJ Tompkins, "Um algoritmo de detecção de QRS em tempo real", em *Transações IEEE em Engenharia Biomédica*, vol. BME-32, não. 3, pp. 230-236, março de 1985, doi: 10.1109/TBME.1985.325532.
- [57] Z.-E. Hadj Slimane e A. Naït-Ali, "Detecção de complexo QRS usando Decomposição em Modo Empírico," *Processamento de sinal digital*, vol. 20, não. 4, pp. 1221-1228, jul. 2010, doi: 10.1016/j.dsp.2009.10.017.
- [58] PS Hamilton e WJ Tompkins, "Investigação quantitativa de regras de detecção de QRS usando o banco de dados de arritmia do MIT/BIH", em *Transações IEEE em Engenharia Biomédica*, vol. BME-33, não. 12, pp. 1157-1165, dezembro de 1986, doi: 10.1109/TBME.1986.325695.
- [59] C. Jeong, P. Mak, M. Vai e RP Martins, "Processador de detecção de QRS Sub- μ W usando transformação wavelet de spline quadrática e reconhecimento de par de módulo máximo para monitoramento de arritmia sem fio com eficiência energética," *2016 21ª Conferência de Automação de Design da Ásia e Pacífico Sul (ASP-DAC)*, 2016, pp. 21-22, doi: 10.1109/ASPAC.2016.7427982.
- [60] JP Sahoo e outros., "Autocorrelação e detecção de complexo QRS baseada na transformada de Hilbert no sinal de ECG," *Jornal Internacional de Engenharia de Sistemas de Sinal e Imagem*, vol. 7, não. 1º de 2014, art. não. 52, doi: 10.1504/IJSISE.2014.057939.
- [61] Z. Zhang e outros., "Um algoritmo de limite adaptativo baseado em filtragem de Kalman para detecção de complexo QRS," *Processamento e controle de sinais biomédicos*, vol. 58, abril de 2020, art. não. 101827, doi: 10.1016/j.bspc.2019.101827.
- [62] X. Lue e outros., "Detecção de QRS baseada em limiar adaptativo aprimorado" *Revista de Engenharia de Saúde*, vol. 1-8, 2018, doi: 10.1155/2018/5694595.
- [63] X. Zhang e Y. Lian, "Um ADC orientado a eventos de 300 mV 220 nW com detecção de QRS em tempo real para sensores de ECG vestíveis", em *Transações IEEE em Circuitos e Sistemas Biomédicos*, vol. 8, não. 6, pp. 834-843, dezembro de 2014, doi: 10.1109/TBCAS.2013.2296942.
- [64] S. Farashi, "Um método de entropia multirresolução dependente do tempo para detecção de complexo QRS," *Processamento e controle de sinais biomédicos*, vol. 24, pp. 63-71, fevereiro de 2016, doi: 10.1016/j.bspc.2015.09.008.
- [65] A. Chene e outros., "Um algoritmo de detecção de QRS em tempo real baseado em estratégia de limite controlado por ET e PD," *Sensores*, vol. 20, não. 14, jul. 2020, art. não. 4003, doi: 10.3390/s20144003.
- [66] X. Tang, Q. Hu e W. Tang, "Um sistema de detecção de QRS em tempo real com intervalos PR/RT e medições de segmento ST para sensores de ECG vestíveis usando moduladores Delta paralelos", em *Transações IEEE em Circuitos e Sistemas Biomédicos*, vol. 12, não. 751-761, agosto de 2018, doi: 10.1109/TBCAS.2018.2823275.
- [67] Y. Zhao, Z. Shang e Y. Lian, "Detecção de QRS adaptável ao usuário com base em agrupamento de um alvo e coeficiente de correlação", *Conferência de Circuitos e Sistemas Biomédicos IEEE 2018 (BioCAS)*, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/BIOCAS.2018.8584803.
- [68] M. Elgendi, A. Mohamed e R. Ward, "Compressão eficiente de ECG e detecção de QRS para aplicações de saúde eletrônica", *Relatórios Científicos*, vol. 7, não. 1, março de 2017, doi: 10.1038/s41598-017-00540-x.
- [69] J. Darrington, "Rumo à detecção de QRS em tempo real: um método rápido usando pré-processamento mínimo", *Processamento e controle de sinais biomédicos*, vol. 1, não. 2, pp. 169-176, abril de 2006, doi: 10.1016/j.bspc.2006.08.002.
- [70] A. Ghaffari, H. Goldbayani e M. Ghasemi, "Um novo detector QRS baseado em matemática usando transformação wavelet contínua," *Computadores e Engenharia Elétrica*, vol. 34, não. 2, pp. 81-91, março de 2008, doi: 10.1016/j.compeleceng.2007.10.005.
- [71] Z. Hou, Y. Dong, J. Xiang, X. Li e B. Yang, "Um método de detecção de QRS em tempo real baseado em retratos de fase e cálculo de pontuação de caixa", em *Diário de Sensores IEEE*, vol. 18, não. 3694-3702, maio de 2018, doi: 10.1109/JSEN.2018.2812792.
- [72] J. Rahul, M. Sora e LD Sharma, "Análise exploratória de dados baseada em técnica eficiente de detecção de complexo QRS com carga computacional mínima," *Ciências Físicas e de Engenharia em Medicina*, vol. 43, não. 3, pp.

BIOGRAFIAS DE AUTORES

Akram Jaddoa Khalaf nasceu em Hilla, Babilônia, Iraque, em 1978. Recebeu o B.Sc. graduado em Engenharia Elétrica em 2001 pela Universidade da Babilônia, o diploma HD em Ciência da Computação/Aplicações de Engenharia em 2002 pela Comissão Iraquiana de Computação e Informática, e o M.Sc. graduado em Engenharia Elétrica/Eletrônica e Comunicações em 2013 pela Universidade da Babilônia. Ele é membro da equipe da Universidade da Babilônia, Faculdade de Engenharia, Departamento Biomédico, e atualmente é Ph.D. estudante da Universidade da Babilônia. Seus interesses de pesquisa incluem Redes de Sensores Sem Fio, Informática Biomédica, Processamento de Sinais, Sistemas de Saúde, Redes e Aprendizado de Máquina.



Samir Jasim Mohammed nasceu em Hilla, Babilônia, Iraque, em 9 de outubro de 1959. Recebeu o B.Sc. licenciado em Engenharia Elétrica/Eletrônica e Comunicações em 1981 pela Universidade de Sulaymaniyah, o M.Sc. licenciatura em Engenharia Elétrica/Eletrônica e Comunicações em 1986 pela Universidade de Bagdá, e doutorado. Licenciatura em Engenharia de Comunicação pelo Departamento de Educação Técnica-Engenharia Elétrica da Universidade de Tecnologia. Atualmente é professor e Chefe da Composição Científica do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade da Babilônia. Seus interesses de pesquisa são Comunicação Sem Fio, Transmissão de Vídeo Digital, Rede de Sensores Sem Fio, Informática Biomédica, Processamento de Sinais, Sistemas de Saúde.