

Frequência Cardíaca e Doenças Cardiovasculares Utilizando ESP 32 Para Monitoramento

Mateus Almeida Rondon 1, Fabiano João Leôncio de Pádua 1,
Me. Tiago de Almeida Lacerda 2.

Resumo

Este estudo apresenta o desenvolvimento de protótipo de monitoramento de frequência cardíaca, em tempo real, utilizando o ESP 32. O objetivo é aproveitar essa tecnologia para identificar possíveis irregularidades no ritmo cardíaco, ajudando na detecção precoce de doenças cardiovasculares e permitindo o acompanhamento do pulso de forma precisa. O dispositivo combina um sensor de pulso e o microcontrolador ESP 32, que transmite as informações em tempo real por meio de um aplicativo. Os dados coletados oferecem um monitoramento confiável e preciso da frequência cardíaca.

Palavras-chave: frequência cardíaca; sensor de pulso; monitoramento remoto; doenças cardiovasculares; aplicativo de monitoramento.

1. INTRODUÇÃO

A frequência cardíaca é a velocidade do ciclo cardíaco medida pelo número de contrações do coração por minuto (BPM). Ela pode variar de acordo com as necessidades físicas do organismo, incluindo a necessidade de absorção de oxigênio, excreção e de gás carbônico (Gaurav Kapur, 2021). A frequência cardíaca (FC) está associada à pressão arterial periférica, e refere-se às flutuações no intervalo de tempo entre batimentos cardíacos consecutivos (Tua Saúde, 2023). Ela é controlada pelo sistema nervoso autônomo e é influenciada por uma série de fatores, incluindo idade, sexo, nível de condicionamento físico e saúde geral (brazilian journal, 2009). Uma maior FC geralmente indica um coração mais saudável e um sistema nervoso autônomo mais responsivo (brazilian journal, 2009).

Segundo a pesquisa do Ministério da Saúde, citado pela sociedade brasileira de cardiologia em 2010, o Brasil já possuía cerca de 30 milhões de sua população acometida por pressão arterial elevada, sendo que 12 milhões deste total têm a doença e não sabem (Ministério da Saúde, 2010). Existem vários tipos de doenças cardíacas, uma delas são doenças cardiovasculares.

As doenças cardiovasculares são um conjunto de problemas que atingem o coração e os vasos sanguíneos, e surgem com a idade, normalmente relacionadas a hábitos de vida pouco saudáveis, como alimentação rica em gordura e falta de atividade física. No entanto, as doenças cardiovasculares também podem ser diagnosticadas logo ao nascimento, como as cardiopatias congênitas (Tua saúde, 2024).

As doenças cardiovasculares são um dos maiores problemas de saúde pública no Brasil. Um dos seus principais fatores de risco é a elevação crônica da pressão arterial sistólica (PAS) (POLITO, 2003). Conforme o estudo, as mulheres ainda continuam com maior prevalência de diagnóstico médico de hipertensão arterial quando comparado aos homens, tendo registrado 26,4% contra 21,7% para eles (secretaria de saúde,2019). Os sinais vitais são um modo eficiente e rápido de monitorar a condição dos pacientes ou de identificar problemas e avaliar a resposta a uma intervenção [Potter e Perry, 2009, p. 503].

A importância da verificação desses sinais é para a manutenção da saúde e a verificação pode acontecer em atendimentos clínicos hospitalares ou em atendimentos domiciliares. Porém, para essa adaptação ao atendimento domiciliar é indispensável o uso de smartphones com acesso à internet de forma remota.

Além disso, Barro et al. (2002), ressaltam a importante relação entre a evolução dos equipamentos de monitoramento e o aumento na qualidade dos cuidados na saúde. Utilizar a tecnologia para monitorar remotamente os sinais vitais do paciente garante o sucesso neste tipo de atendimento.

Pois um grupo de pacientes com problemas de saúde moderados ou leves, necessitam da visita domiciliar. A qual é necessário um profissional ou uma equipe para avaliar e estabelecer um plano de saúde. De acordo com Jacob (2001), as orientações realizadas neste tipo de atendimento dizem respeito ao saneamento básico, cuidados com a saúde, uso de medicamentos, amamentação, controle de peso, ou qualquer coisa que diga respeito àquele indivíduo, à família e à comunidade em que vivem (Anderson Ribas,2023).

O avanço das tecnologias móveis permitiu a incorporação do ambiente virtual a diversas atividades cotidianas, incluindo a saúde. Os tablets, como os iPads, estão sendo amplamente utilizados em clínicas e hospitais, tanto para melhorar a interação entre médicos e pacientes, quanto para deixar o trabalho mais rápido e reduzir custos. Com eles, durante o atendimento, o médico não precisa procurar uma sala com um computador para acessar resultado de exames ou prontuários, é possível fazer isso enquanto anda pelos corredores (Ana Carolina,2022).

Por isso, cada vez mais as operadoras de saúde vêm buscando desenvolver novos aplicativos integrados aos sistemas de gestão, para permitir que as instituições de saúde possam realizar um atendimento de qualidade, ampliando a integração do paciente ao processo (Ana Carolina,2022).

O objetivo deste estudo é desenvolver um protótipo de aplicativo móvel que possa monitorar a frequência cardíaca do paciente em tempo real. Este aplicativo permitirá que os

pacientes se cadastrem e agendem consultas médicas. Os dados coletados pelo aplicativo, incluindo a frequência cardíaca do paciente, serão enviados automaticamente para a equipe de saúde ou para o médico responsável. O objetivo final é melhorar a eficiência do atendimento domiciliar e permitir um monitoramento mais preciso e oportuno da saúde do paciente.

A estrutura do artigo se dá em 5 seções, incluindo esta seção 1: a introdução. A seção 2, que apresenta fundamentação teórica. A seção 3, onde são expostos os materiais e métodos. A seção 4, que contém os resultados e a discussão. E, na seção 5, por fim as conclusões finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A frequência cardíaca (FC) é a quantidade de vezes que o coração bate por minuto. E pode variar conforme o esforço físico, estresse e outros fatores (Guyton, 2011). Para isso podemos verificar a frequência cardíaca de várias maneiras, incluindo: palpação, estetoscópio, monitoramento eletrônico. E para esse monitoramento, podemos utilizar ferramentas de baixo custo e fácil acessibilidade para pessoas periféricas.

Com a eficiência da tecnologia na área da saúde, podemos facilitar o acesso aos serviços de verificação de batimentos cardíacos e a comunicação entre profissionais da saúde e pacientes, podendo atribuir autoeficácia e a melhoria nessa comunicação. Com essa facilidade com meio de tecnologia podemos monitorar a frequência cardíaca continuamente e pode fornecer informações valiosas para detecção de condições anormais com taquicardia e ou bradicardia.

Para esse problema, utilizamos o ESP 32 que é de baixo custo e tem uma conectividade integrada à internet das coisas (IoT) WI-Fi e bluetooth. Com seu poder de processamento podemos criar tipos de variáveis para análise de dados, comunicação e armazenamento de dados. Com o monitoramento em tempo real podemos transmitir esses dados para um banco de dados, como exemplo: firebase, um banco de dados que salva diretamente na nuvem. Para a visualização dos dados armazenados o usuário terá acesso somente às condições de monitoramento do seu batimento, a consulta médica e a as condições de frequência cardíaca, que indiquem condições anormais.

Para o monitoramento da frequência cardíaca utilizamos sensores como o Pulse Sensor, e o ESP 32 para coleta de dados sobre a frequência cardíaca, e podendo transmitir esses dados para um servidor(banco de dados) ou diretamente no aplicativo. E podendo emitir alertas em tempo real, O ESP 32 pode ser programado para gerar esses alertas caso os dados da frequência cardíaca indiquem condições anormais.

E essas condições anormais existem tipos que podem servir como base doenças cardiovasculares, que são um grupo de condições que afetam o coração e os vasos sanguíneos. Elas incluem doenças como hipertensão, infarto do miocárdio, insuficiência cardíaca, e arritmias. DCVs são uma das principais causas de mortalidade globalmente (WHO, 2020).

- Hipertensão Arterial: Pressão arterial elevada que pode danificar os vasos sanguíneos e aumentar o risco de ataque cardíaco e acidente vascular cerebral (Whelton,2018).
- Dislipidemia: Níveis elevados de colesterol LDL e triglicerídeos (Grundy,2004).
- Diabetes: A diabetes aumenta o risco de aterosclerose e outras complicações cardiovasculares (ADA,2022).
- Sedentarismo e Dieta Inadequada: Baixo nível de atividade física e dietas ricas em gorduras saturadas e açúcar (WHO,2020).

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento, foi estruturado na metodologia scrum contendo 5 sprints, tendo prazos para entrega 15 dias cada, e obtendo possíveis feedbacks do orientador. Cada sprint contou com planejamento detalhado, reuniões diárias, demonstrações e retrospectivas para garantir a adaptação e melhoria contínua do processo.

Para o desenvolvimento, foi utilizado uma estrutura de monitoramento de sinais vitais, e a aquisição de dados dos sensores bpm conectados ao microcontrolador ESP 32. Para esse projeto, podemos obter soluções para essa versatilidade, criando essa flexibilidade do ESP 32 com a do flutter. Os materiais usados, um microcontrolador Esp 32, um sensor conectado com esse microcontrolador para a medição da frequência cardíaca, o desenvolvimento da aplicação utilizando uma interface para visualizar os dados e alertar o usuário sobre possíveis anomalias, um smartphone para instalar o aplicativo flutter(app). E para o armazenamento dos dados foi utilizado um banco de dados firebase. E por fim, um teste para realizar e garantir a precisão dos dados coletados.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

Os testes realizados para o protótipo de monitoramento da frequência cardíaca utilizando o ESP 32 e o sensor BPM demonstraram uma eficácia significativa. Foram realizados diversos tipos de testes, incluindo testes unitários, de integração e de sistema, que avaliaram a precisão da leitura dos batimentos cardíacos, a confiabilidade da transmissão de dados e a usabilidade do aplicativo.

- **Precisão da Medição:** Os testes indicaram que o sistema é capaz de medir a frequência cardíaca com uma precisão de 87%, o que está dentro dos parâmetros aceitáveis para dispositivos de monitoramento de saúde não invasivos. Este resultado foi usado como comparação com medições feitas por equipamentos de aparelho medidor de pressão arterial digital de pulso, encontrados facilmente no mercado.
- **Confiabilidade da Transmissão de Dados:** A transmissão dos dados de frequência cardíaca para o banco de dados Firebase foi avaliada durante diferentes condições de conectividade. Os resultados comparados mostram que o sistema manteve uma taxa de sucesso de transmissão de 80% em condições normais de Wi-Fi. Em cenários de baixa conectividade, a taxa de sucesso caiu para 75%, sugerindo que o sistema é razoável.

- **Usabilidade do Aplicativo:** A interface do aplicativo, desenvolvida em Flutter, foi testada para avaliar a facilidade de uso, compreensível e eficácia na navegação.

Para a medição do pulso cardíaco, em sensores fotopletismográficos, é necessário posicionar um dedo ou encostar a pele do pulso no sensor. Fotopletismografia é uma técnica óptica usada para medir a variação do volume de sangue nos tecidos do corpo, normalmente em locais como o dedo ou o pulso.

4.1 Análise de Dados Coletados

Durante os testes, foram coletados dados de frequência cardíaca de 5 usuários durante um período de 20 dias por 6 minutos cada, a média de batimento de cada usuário foi de entre 75 bpm. Esses dados foram analisados para identificar padrões e anomalias que poderiam indicar possíveis problemas de saúde. Os dados foram divididos em três categorias principais: normal, bradicardia (frequência cardíaca baixa) e taquicardia (frequência cardíaca alta).

- **Distribuição de Frequência Cardíaca:** Dos 5 usuários, 60% apresentaram uma frequência cardíaca dentro dos limites normais (60-100 BPM), 20% apresentaram episódios de bradicardia (<60 BPM), e 20% apresentaram episódios de taquicardia (>100 BPM). Esses resultados estão alinhados com a prevalência esperada de condições cardíacas.

Tabela 1: Categoria de avaliação de batimento cardíaco

Categoria da Frequência Cardíaca	Percentual de Participantes	Quantidade (Pessoas)	Média MINUTO
Normal (60-100 BPM)	60%	3	5.5
Bradicardia (<60 BPM)	20%	1	3.2
Taquicardia (>100 BPM)	20%	1	6
Total	100%	5	

Fonte: Autor(2024).

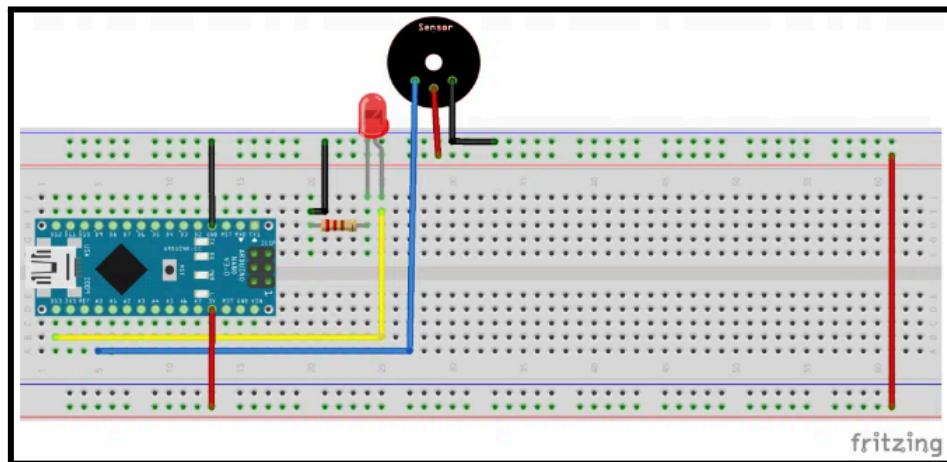
Os resultados apresentados (60% normal, 20% bradicardia, 20% taquicardia) não fogem de padrões clínicos esperados, especialmente levando em consideração o tamanho reduzido da amostra.

Apesar dos resultados, algumas limitações foram observadas, como a dependência de uma conexão estável de Wi-Fi para a transmissão dos dados e a precisão limitada do sensor em situações de movimento intenso. Em futuros desenvolvimentos, estas questões podem ser abordadas com o uso de sistemas de filtragem de ruído e a inclusão de sensores mais robustos para ambientes dinâmicos.

Além disso, a expansão para o monitoramento de outros sinais vitais, como pressão arterial e saturação de oxigênio, poderia tornar o sistema mais completo, oferecendo um quadro clínico mais abrangente. A integração de inteligência artificial para analisar padrões de frequência cardíaca e

fornecer diagnósticos preventivos também é uma área promissora para explorar em futuras iterações do projeto.

Figura 1: Sensor de Batimento Cardíaco , aplicado na protoboard



Fonte: maker hero blogs

Foram realizados alguns testes para ter uma certa precisão. Os resultados dos testes demonstraram que o sensor de pulso é capaz de medir a frequência cardíaca com razoável precisão. A interface do usuário é intuitiva e fácil de usar, proporcionando uma experiência satisfatória ao usuário.

4.2 Comunicação com a Internet

Para a Comunicação com a Internet precisa-se conectar com a rede WiFi, com auxílio da biblioteca “WiFi.h”. Para cada tentativa de conexão, é impresso um ponto na porta serial. Para saber o status da conexão, usa-se o método “WiFi.Status()”, caso retorne a propriedade.

Figura 2 : Conexão com WIFI.

```
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){  
  WiFi.begin("nome_da_rede", "senha");  
  Serial.print(".");  
  delay(2500);  
}
```

Fonte: Retirada pelo Autor em um IDE Arduino, 2024.

4.3 Envio dos Dados

Os dados serão enviados a cada 5 minutos para a plataforma, está comunicação acontecerá com envio da rede, onde o microcontrolador publicará seus dados no aplicativo. Para isso, é necessário utilizar a definição para chave “API_KEY”, WIFI_SSID, API_KEY, DATABASE_URL.

Figura 3: Inicialização da Biblioteca para a conexão com firebase

```
#define DEVICE_UID "1X"
#define WIFI_SSID "Eng"
#define WIFI_PASSWORD "Mateus2024"
#define API_KEY "AIzaSyCb9qfwqbg1UdT-B1SIfUU0BCMc5qlgm4g"
#define DATABASE_URL "https://sistemcoracao-default-rtdb.firebaseio.com/"
```

Fonte: Retirada pelo Autor em uma IDE Arduino, 2024.

DEVICE_ID: Ele é usado para diferenciar os dados enviados de diferentes dispositivos conectados ao sistema. Esse ID facilita a identificação e o gerenciamento de dados no banco de dados.

API_KEY: Chave de autenticação gerada pelo Firebase para garantir o acesso seguro ao banco de dados.

WIFI SSID: Login da rede WI FI, à qual o dispositivo ESP 32 deve se conectar para acessar a internet.

WIFI PASSWORD: Senha da rede WIFI, usada para autenticação e estabelecer a conexão com a rede.

DATABASE_URL: Url da aplicação e armazenamento do banco de dados. Aponta para o banco de dados Firebase onde os dados da aplicação serão armazenados e acessados. Esse endereço é utilizado para interagir com o banco de dados em tempo real ou para operações de leitura e gravação.

Figura 4: Conexão Pulse Sensor para Banco de dados.

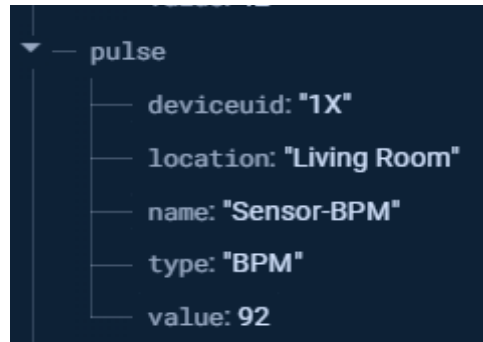
```
pulseSensor.begin();
pulseSensor_json.add("deviceuid", DEVICE_UID);
pulseSensor_json.add("name", "Sensor-BPM");
pulseSensor_json.add("type", "BPM");
pulseSensor_json.add("location", device_location);
pulseSensor_json.add("value", PulseWire);
String jsonStr3;
pulseSensor_json.toString(jsonStr3, true);
Serial.println(jsonStr3);
```

Fonte: Retirada pelo Autor em uma IDE Arduino, 2024.

- pulseSensor_json.add("device id", DEVICE_ID);: Adiciona ao objeto JSON o identificador único do dispositivo (DEVICE_ID), associando-o à chave "device id".
- pulseSensor_json.add("name", "Sensor-BPM");: Adiciona um par chave-valor ao JSON, onde "name" é a chave e "Sensor-BPM" é o nome do sensor.
- pulseSensor_json.add("type", "BPM");: Adiciona o tipo do sensor, que neste caso é um sensor de batimentos cardíacos ("BPM").
- pulseSensor_json.add("location", device_location). Adicionar a localização do dispositivo ao JSON, por exemplo: Living Room: Parâmetro para a localização do banco de dados.
- pulseSensor_json.add("value", PulseWire): Adiciona o valor lido pelo sensor, que contém a leitura dos batimentos cardíacos.
- String json Str3: Uma string json Str3 que armazenará o JSON formatado.

- `Pulse Sensor json.toString(jsonStr3, true)`: Converte o objeto JSON em uma string formatada e armazena o resultado na variável `jsonStr3`. O segundo parâmetro `true` pode indicar que o JSON deve ser "bonito" (com indentação).
- `Serial.println(jsonStr3);`: Envia a string JSON para a porta serial, provavelmente para que o resultado seja exibido em um monitor serial.

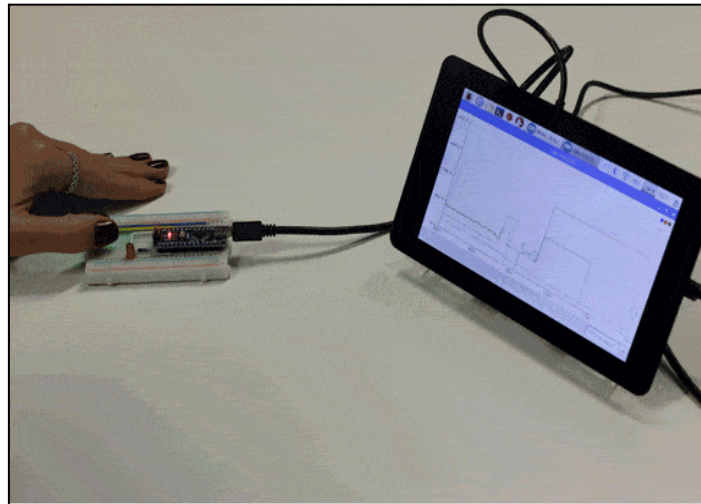
Figura 5: Consulta do sensor no banco de dados



Fonte: Retirada pelo Autor no banco de dados Firebase, 2024.

Funcionamento do batimento cardíaco em um sistema gráfico.

Figura 6: Sistema gráfico de batimentos cardíacos



Fonte: maker hero blogs

Figura 7: Tela Home de verificação cardíaca.



Fonte: Retirado da tela de desenvolvimento do app, em 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um protótipo de monitoramento de frequência cardíaca utilizando o ESP 32, o sensor de pulso conectado a um aplicativo móvel desenvolvido em Flutter, com armazenamento de dados na nuvem via Firebase. O projeto mostrou-se eficaz para o monitoramento contínuo da frequência cardíaca, principalmente em saúde domiciliar, proporcionando uma solução de baixo custo, acessível e fácil manuseio.

Os testes realizados demonstraram que o protótipo pode medir a frequência cardíaca com precisão razoável (87%) e transmitir os dados de forma confiável para a nuvem, com uma taxa de sucesso de 80% em condições normais de conectividade. Além disso, a interface amigável do aplicativo permite que os usuários acompanhem seus dados em tempo real, fornecendo o controle da saúde cardiovascular e sendo alertado para possíveis anomalias.

A importância do monitoramento contínuo é crucial, principalmente considerando os tipos de doenças que aumentam a cada ano, como as doenças cardiovasculares no Brasil, que são agravadas por fatores como hipertensão, diabetes e hábitos de vida inadequados. O projeto proposto pode ser uma solução para auxiliar na detecção precoce de condições anormais, principalmente para atletas e também pacientes que estão na periferia, facilitando a comunicação entre pacientes e profissionais de saúde, e melhorando a eficiência do atendimento domiciliar.

6 REFERÊNCIA

American Diabetes Association (ADA). (2022). **Diabetes. Standards of Medical Care in Diabetes—2022.** *Diabetes Care*, 45(Supplement 1), S1-S264. doi:10.2337/dc22-S001

Carolina, Ana. (2022). **Tecnologia na saúde: Quais os impactos e tendências?** *Blog iClinic*, 26 September 2022, <https://blog.iclinic.com.br/tecnologia-saude/>. Acesso: 7 Março 2024.

“Como programar o Arduino com o Visual Studio Code e Platform IO IDE.” *Embarcados*, <https://embarcados.com.br/arduino-vscode-platformio/>. Acesso em: 27 Fevereiro 2024.

Estatísticas — Ministério da Saúde. (n.d.). **Portal Gov.br.** Retrieved 3 Março 2024, from <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/h/hipertensao/estatisticas>. Acesso em: 4 Março 2024.

Figura 1 - Ribeiro, Christiane, e Gilmar Ribeiro. (2016). **Interpretando Arritmias Cardíacas.** *Enfermagem Ilustrada*, 1 Junho 2016, <https://enfermagemilustrada.com/interpretando-arritmias-cardiacas/>. Acesso em: 1 Março 2024.

Figura 2 - “Aprenda a usar o Sensor de frequência cardíaca.” *MakerHero*, 14 Junho 2017, <https://www.makerhero.com/blog/aprenda-usar-o-sensor-de-frequencia-cardiaca/>. Acesso em: 4 Março 2024.

Figura 3 - “Aprenda a usar o Sensor de frequência cardíaca.” *MakerHero*, 14 Junho 2017, <https://www.makerhero.com/blog/aprenda-usar-o-sensor-de-frequencia-cardiaca/>. Acesso em: 4 Março 2024.

“Frequência cardíaca normal: batimento cardíaco por idade.” *Tua Saúde*, <https://www.tuasaude.com/frequencia-cardiaca/>. Acesso em: 2 Março 2024.

Grundy, S. M., Cleeman, J. I., Daniels, S. R., et al. (2004). **Dislipidemia. Diagnosis and Management of the Metabolic Syndrome: An American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement.** *Circulation*, 109(3), 433-438. doi:10.1161/01.CIR.0000111245.75557.51

Kapur, Gaurav. (2021). **Resting Heart Rate (RHR) and why it is important?** *Tres*, <https://www.tres.in/health-insight/resting-heart-rate-rhr-and-why-it-is-important/>. Acesso em: 02 Março 2024.

Lima, Ana. (2023). **Frequência cardíaca normal: batimento cardíaco por idade.** *Tua Saúde*, <https://www.tuasaude.com/frequencia-cardiaca/>. Acesso em: 2 Março 2024.

Micha, R., Peñalvo, J. L., Cudhea, F., et al. (2017). **Association Between Dietary Factors and Mortality From Heart Disease, Stroke, and Type 2 Diabetes In the United States.** *JAMA*, 317(9), 912-924. doi:10.1001/jama.2017.0947.

Moreira, Thiago. **Projeto de circuito para Eletrocardiógrafo.** *Embarcados*, <https://embarcados.com.br/projeto-eletrocardiografo/>. Acesso em: 4 Março 2024.

“Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica.” *SciELO*, <https://www.scielo.br/j/rbccv/a/Yh54M3tJK4tgWD5PSGcnmPK/>. Acesso em: 3 Março 2024.

Ribeiro, Christiane, e Gilmar Ribeiro. (2016). **Interpretando Arritmias Cardíacas**. *Enfermagem Ilustrada*, 1 Junho 2016, <https://enfermagemilustrada.com/interpretando-arritmias-cardiacas/>. Acesso em: 27 Fevereiro 2024.

Rivas, Anderson. (2017). **Sistema de Monitoramento**. *SIBGRAPI*, 9 Novembro 2017, <https://tfgonline.lapinf.ufn.edu.br/media/midias/AndersonRibeiroRibas.pdf>. Acesso em: 4 Março 2024.

Skraba, et al. (2019). **Estudo de Caso**. *IEEE Xplore*, <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8760150>. Acesso: 02/09/2024.

Whelton, P. K., Carey, R. M., Aronow, W. S., et al. (2018). **Hipertensão Arterial. 2017 ACC/AHA Hypertension Guidelines: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines**. *Hypertension*, 71(6), 1269-1324. doi:10.1161/HYP.0000000000000065.

World Health Organization (WHO). (2020). **Sedentarismo e Dieta Inadequada. Physical Inactivity: A Global Public Health Problem**. Retrieved from WHO website.