

Identificação de Sopros Cardíacos com Inteligência Artificial em Dispositivos Móveis

Adrian Alejandro Chavez Alanes
Instituto Nacional de
Telecomunicações - INATEL
Santa Rita do Sapucaí, Brasil
adrian@mtel.inatel.br

I. INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares representam a principal causa de mortalidade global, responsáveis por aproximadamente 17,9 milhões de mortes anualmente, o que corresponde a 32% do total mundial, conforme dados da Organização Mundial da Saúde [1]. A análise de sinais cardíacos, como sopros, é crucial para o diagnóstico e monitoramento clínico. Contudo, a ausculta tradicional é influenciada por fatores como a experiência do examinador e a disponibilidade de equipamentos especializados, o que pode afetar a uniformidade na interpretação, mesmo em ambientes bem estruturados.

Sopros cardíacos consistem em ruídos não habituais gerados pelo fluxo sanguíneo irregular dentro do coração ou ao passar pelas válvulas, podendo indicar tanto situações benignas quanto modificações patológicas [2]. Apesar de a ausculta realizada com estetoscópio permanecer sendo uma ferramenta fundamental na prática médica, sua eficácia depende substancialmente da capacitação do profissional e da acessibilidade de recursos [2], o que restringe sua aplicação de maneira expandida e automatizada.

Nesse contexto, cresce o interesse por alternativas que combinem praticidade com análise técnica mais objetiva. Dispositivos móveis, como os smartphones, oferecem uma base promissora: além dos microfones internos, que já captam sons com razoável fidelidade, é possível conectá-los a estetoscópios digitais que ampliam a qualidade da captação. A proposta deste trabalho baseia-se justamente nessa integração. Por meio da combinação desses dados com modelos de aprendizado de máquina criados na plataforma EdgeImpulse, que possibilita o treinamento e a implementação de modelos diretamente em dispositivos móveis, este estudo busca desenvolver uma ferramenta versátil e portátil para auxiliar na detecção e classificação automática de sopros cardíacos, incluindo a determinação da fase do ciclo cardíaco em que esses eventos ocorrem.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Os sopros cardíacos são sons anormais resultantes de um fluxo sanguíneo desordenado no coração ou nas válvulas cardíacas. Embora possam ser considerados fisiológicos ou benignos, especialmente em crianças e jovens, também podem indicar alterações patológicas, como estenoses, insuficiências valvulares ou malformações congênitas. A ausculta convencional com um estetoscópio é o método principal para detectá-los, mas sua eficácia depende significativamente da habilidade do profissional e não oferece uma análise estruturada ou assistida [2].

A fonocardiografia digital tem ganhado destaque como ferramenta complementar na detecção de anomalias cardíacas,

devido à sua capacidade de registrar sons com maior fidelidade e possibilitar análises computacionais automatizadas. Diversas pesquisas recentes exploram o uso de aprendizado de máquina para extrair características dos sinais acústicos cardíacos e classificá-los de forma precisa, utilizando como base representações espectrais e arquiteturas de redes neurais profundas [4], [5].

O CirCor DigiScope Dataset disponibilizado pela PhysioNet representa um marco nesse campo, oferecendo uma grande base de dados anotada com sons cardíacos obtidos de pacientes em contextos clínicos reais, incluindo rótulos detalhados sobre a presença e tipo de sopros [3]. Esse dataset tem sido fundamental no avanço de modelos de IA para fonocardiografia.

Estudos como o de Batra et al. demonstram que modelos baseados em deep learning, especialmente redes convolucionais aplicadas a espectrogramas de sons cardíacos, podem alcançar desempenho clínico relevante na detecção de sopros [4]. Da mesma forma, Raghupathi et al. validam o uso de transformadas de Fourier de curta duração (STFT) e técnicas de aprendizado profundo como ferramentas eficazes para caracterização de anomalias em sinais fonocardiográficos [5].

No contexto da Internet das Coisas (IoT), diversas abordagens vêm sendo exploradas para integrar sensores e dispositivos móveis na aquisição e análise de dados cardíacos em tempo real. Singh et al. propõem um sistema IoT para monitoramento cardíaco contínuo baseado em sensores acústicos e processamento embarcado, com bons resultados em aplicações remotas [6]. Complementarmente, Aggarwal et al. investigam arquiteturas de IoT para coleta e análise distribuída de sinais cardíacos, destacando a viabilidade do uso de smartphones como ferramentas de triagem assistida por IA [7].

Esses estudos reforçam a viabilidade técnica e clínica do uso de dispositivos IoT, como smartphones, aliados a algoritmos inteligentes para apoiar a detecção e a classificação automatizada de sopros cardíacos em diferentes contextos clínicos e populacionais.

III. PROBLEMA

A identificação de sopros cardíacos na prática clínica ainda depende, em grande medida, da ausculta com estetoscópios tradicionais, realizada em tempo real por profissionais especializados. Embora fonocardiogramas possam ser registrados com equipamentos apropriados, na maioria das situações sua análise não é armazenada ou realizada posteriormente de forma sistemática e automatizada. Além disso, o acesso a exames mais precisos, como o ecocardiograma, é limitado em muitas regiões, dificultando a avaliação detalhada de alterações auscultadas [2].

O desafio que este estudo pretende abordar é a falta de uma ferramenta que seja acessível, portátil e inteligente, capaz de auxiliar na avaliação de sons do coração, além de possuir a habilidade de detectar e classificar automaticamente murmúrios cardíacos, identificando também a fase do ciclo cardíaco em que estes ocorrem sístole ou diástole. Para isso, sugere-se o emprego de smartphones, que podem estar equipados com microfones embutidos ou sensores acústicos que possam ser acoplados, juntamente com algoritmos de aprendizagem de máquina. A proposta visa desenvolver uma solução que suporte o profissional de saúde ou o pesquisador na análise dos fonocardiogramas, fornecendo informações adicionais de maneira objetiva e organizada.

IV. HIPÓTESE

É possível detectar com precisão a presença de sopros cardíacos por meio da captação de sons cardíacos utilizando dispositivos IoT baseados em smartphones, desde que os sinais acústicos coletados sejam devidamente processados e analisados por algoritmos de aprendizado de máquina treinados com dados fonocardiográficos rotulados. A hipótese parte do princípio de que os padrões acústicos associados aos sopros cardíacos possuem características distintivas (como frequência, duração e intensidade) que podem ser extraídas com um nível confiável mesmo em ambientes não controlados, desde que o sistema inclua filtros digitais adequados e um modelo robusto de classificação.

Assim, assume-se que um sistema composto por um smartphone (como unidade de captação e, eventualmente, processamento), sensores acústicos complementares quando necessário, e conectividade com infraestrutura de Internet das Coisas (IoT), pode oferecer uma base confiável para o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à análise fonocardiográfica. Tal ferramenta seria capaz de identificar automaticamente padrões compatíveis com sopros cardíacos e classificá-los conforme a fase do ciclo cardíaco em que ocorrem, contribuindo com informações objetivas e estruturadas para auxiliar profissionais da saúde na interpretação dos sinais captados.

V. METODOLOGIA

Este projeto propõe o desenvolvimento de uma ferramenta embarcada em dispositivos móveis, voltada à análise de sons cardíacos por meio de aprendizado de máquina. A metodologia está organizada nas seguintes etapas:

A. Coleta de Dados

A aquisição dos sinais cardíacos será realizada utilizando o microfone interno de um smartphone ou, preferencialmente, sensores acústicos externos, como estetoscópios com saída digital. O sistema foi planejado com uma arquitetura de hardware flexível, permitindo a utilização de diferentes tipos de microfones para garantir escalabilidade e adaptabilidade em ambientes reais de aplicação.

B. Pré-processamento dos Sinais

Os sinais de áudio captados serão submetidos a uma etapa de pré-processamento digital, que incluirá a aplicação de filtros passa-banda e filtros notch para remoção de ruído de fundo e interferências de linha

elétrica. Essa etapa visa garantir que as informações acústicas relevantes sejam preservadas para a extração de características.

C. Extração de Características

Na plataforma EdgeImpulse, será utilizado o bloco de processamento “Spectrogram”, que representa o conteúdo tempo-frequência do sinal cardíaco. Essa abordagem facilita a identificação de padrões acústicos relacionados a sopros, ao destacar variações espectrais típicas. Os parâmetros do espectrograma serão ajustados com base na natureza dos sinais cardíacos, como janela de tempo e sobreposição.

D. Criação e Configuração do Modelo

Será utilizado o bloco de aprendizado “Neural Network (Keras)” do EdgeImpulse. O modelo será estruturado com camadas densas e ativação ReLU, encerrando com uma camada softmax para múltiplas classes. A rede será treinada para reconhecer a presença de sopros e sua fase (sístole ou diástole). Serão definidos hiperparâmetros como número de épocas, taxa de aprendizado, tamanho do batch e técnicas de regularização (como dropout), conforme a complexidade dos dados e a capacidade de processamento do dispositivo.

E. Treinamento e Validação

O modelo será capacitado utilizando amostras com etiquetas do Conjunto de Dados CirCor Heart Sound, que disponibiliza informações fonocardiográficas com anotações clínicas relacionadas a sopros e eventos cardíacos. O conjunto de dados será dividido da seguinte maneira: 70% destinado ao treinamento, 20% à validação e 10% ao teste. Métricas como precisão, matriz de confusão e função de perda serão empregadas para mensurar o desempenho do modelo. Em situações de sobreajuste, serão implementadas estratégias de aumento de dados, incluindo a introdução de ruído ou leve distorção nos sinais.

F. Implementação no Dispositivo

Após o treinamento e validação, o modelo será exportado diretamente pela plataforma EdgeImpulse, que oferece suporte nativo para execução em dispositivos móveis. A inferência será realizada localmente no próprio smartphone, por meio do aplicativo EdgeImpulse, permitindo análise em tempo real, mesmo sem conexão com a internet. Essa estratégia garante portabilidade, privacidade e viabilidade prática em diferentes contextos clínicos e domiciliares.

Entre os principais desafios desta abordagem estão a variabilidade dos sinais cardíacos provocada por fatores como a posição do sensor durante a captação, as condições acústicas do ambiente e as diferenças fisiológicas entre os indivíduos. Essas fontes de variação impõem a necessidade de desenvolver um modelo robusto, capaz de generalizar a partir de dados coletados em diferentes contextos e com

distintos tipos de microfones — sejam internos ao smartphone ou sensores externos acopláveis.

REFERÊNCIAS

- [1] World Health Organization, “Cardiovascular diseases (CVDs),” Jun. 2021. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- [2] S. S. A. Alsaied, M. M. Alsaied, and M. A. Alsaied, “Physiology, Cardiovascular Murmurs,” in StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK525958/>
- [3] A. Plesinger et al., “CirCor DigiScope Dataset,” PhysioNet, 2022. Disponível em: <https://physionet.org/content/circor-heart-sound/1.0.3/>
- [4] R. Batra et al., “Deep Learning Model for Detecting Pathological Heart Sounds in Phonocardiograms,” Sci. Rep., vol. 15, no. 1, 2025. doi: 10.1038/s41598-025-93989-0
- [5] V. Raghupathi et al., “Automated Detection of Heart Murmurs Using Spectrogram-based Deep Learning,” Sci. Rep., vol. 15, no. 1, 2025. doi: 10.1038/s41598-025-89647-0
- [6] J. Singh, D. Gupta and M. Kumar, “IoT-Based Heart Sound Monitoring Using Phonocardiography,” 2022 International Conference on Futuristic Technologies (INCOFT), pp. 1–6, doi: 10.1109/INCOFT55651.2022.10094334
- [7] M. Aggarwal, P. Sharma and A. Rani, “AI and IoT Enabled Heart Sound Diagnosis System,” 2024 International Conference on Computational Learning and Control (CALCON), pp. 1–5, doi: 10.1109/CALCON63337.2024.10914298