

DESAFIOS E OPORTUNIDADES NO DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS CARDÍACAS COM CNN A PARTIR DE IMAGENS DIGITAIS SINTÉTICAS DE ECG

Thiago Miranda Aboboreira, Ana Luiza Tavares Fonte Boa,
Thabatta Moreira Alves de Araújo

CONTEXTO

O ECG, por ser um exame não invasivo e de baixo custo que registra a atividade elétrica cardíaca, é a ferramenta essencial para a detecção precoce dessas patologias. No entanto, a interpretação precisa do exame é um desafio, principalmente para médicos não especialistas, devido à presença de variações sutis e à complexidade dos padrões morfológicos. A motivação para este estudo surgiu de uma lacuna crítica na prática clínica: embora a literatura explore amplamente modelos de inteligência artificial para séries temporais, a rotina médica ainda depende majoritariamente de traçados em papel ou em formato digital (Figura 1). Essa realidade torna muitos modelos inviáveis para o atendimento do mundo real. Diante desse contexto, foi realizada a orientação de estudantes de medicina e de engenharia de computação em um projeto de iniciação científica para explorar como redes neurais convolucionais (CNN) podem extrair características visuais e modelar as dependências temporais do ciclo cardíaco.

Figura 1 – Desafios entre o laboratório e UBS

Séries Temporais (Sinal 1D)	Imagem do Traçado (Visualização 2D)
<p>Disponibilidade Clínica: Quase nula na ponta. Hospitais raramente exportam dados brutos (raw data).</p> <p>Custo Computacional: Baixo. Ideal para algoritmos convencionais leves.</p> <p>O Veredito: Perfeito no ambiente de laboratório, mas inviável no pronto-socorro.</p>	<p>Disponibilidade Clínica: Universal. É o formato padrão impresso ou em PDF/PACS.</p> <p>Custo Computacional: Alto. Exige arquiteturas pesadas de Visão Computacional.</p> <p>O Veredito: A única via realista para a automação no atendimento clínico real.</p>

Fonte: Autores com auxílio do LLMNotebook

OBJETIVOS

O objetivo é relatar a iniciação científica que avaliou a viabilidade de modelos de CNN com alta acurácia (frequentemente >95%) e baixo custo computacional, com vistas à aplicação em ambientes com recursos limitados e à aproximação da IA à prática no diagnóstico cardiovascular.

- Elencar os protocolos de pré-processamento adequados;
- Indicar modelos adequados à aplicabilidade prática em recursos computacionais limitados;
- Avaliar a teoria e a prática a partir de modelos que lidam com ECGs de baixa qualidade ou com artefatos comuns no atendimento médico real.

METODOLOGIA

O presente estudo descreve o processo de pesquisa que avalia modelos de processamento de imagens para exames cardíacos. A pesquisa baseou-se em uma busca estruturada em bases de dados científicas (Pubmed e IEEE Xplore) para identificar arquiteturas de ponta e protocolos de pré-processamento. Para o experimento prático, consideraram-se séries temporais de datasets públicos, como MIT-BIH Arrhythmia Database, PTB-XL e CPSC2018, que já fornecem sinais. Além da pesquisa bibliográfica, foram experimentadas arquiteturas da literatura como Resnet.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas bases pesquisadas foram encontrados 1121 registros iniciais (PubMed e IEEE Xplore) → 195 publicações recentes após triagem → 53 estudos selecionados com foco exclusivo em imagens (2D) → 14 estudos incluídos na revisão sobre Deep Learning aplicado a ECG. Para validação de viabilidade, foram implementados e geradas imagens sintéticas de ECG a partir de séries temporais de exames e de experimentos com modelos clássicos da literatura, como a ResNet, que apresentaram bom desempenho global (Figura 2). Contudo, as métricas apresentaram viés devido ao desequilíbrio dos dados e à baixa representatividade de diagnósticos raros. Observou-se a necessidade de técnicas de aumento de dados, bem como desafios relacionados à incerteza nos rótulos e à complexidade da modelagem, uma vez que uma mesma imagem pode conter múltiplas patologias. Além disso, foram identificados desafios relacionados à incerteza dos rótulos, decorrente da variabilidade na interpretação clínica, bem como à complexidade da modelagem, uma vez que uma mesma imagem pode conter múltiplas patologias (problema multi-label).

Figura 2 – Modelos empregados em análise de ECG

Família de Modelos	Extração Espacial	Modelagem Temporal	Custo Computacional	Interpretabilidade
Padrão (CNN Simples / VGG, ResNet)	●	○	Baixo	Baixa (Caixa-preta)
Híbridos (CNN-LSTM / InRes-106)	●	●	Alto	Média
Avançados (Transformers / Multimodal)	● (Global)	●	Altíssimo	Alta (Auto-atenção mapeável)

Fonte: Autores com auxílio do LLMNotebook

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do potencial, questões como desbalanceamento, incerteza de rótulos e presença de múltiplas patologias por exame ainda constituem desafios relevantes. Assim, reforça-se a necessidade de estratégias mais avançadas de curadoria de dados, técnicas de balanceamento e de modelagem multi-label, com vistas à aplicabilidade em contextos reais de saúde. Os achados foram apresentados no Interligas (UFSJ) e publicados nos anais do evento.

REFERÊNCIAS

FONTE BOA, Ana Luiza Tavares; ABOBOREIRA, Thiago Miranda; ARAÚJO, Thabatta Moreira Alves de. Desenvolvimento de um modelo de inteligência artificial aplicado à interpretação de eletrocardiogramas: ferramenta de suporte diagnóstico para médicos generalistas. In: CONGRESSO INTERLIGAS, 10., 2025, Divinópolis. Anais [...]. Divinópolis: Universidade Federal de São João del-Rei, 2026. p. 9. DOI: 10.51161/INTERLIGA/01.

ABOBOREIRA, Thiago Miranda; FONTE BOA, Ana Luiza Tavares; ARAÚJO, Thabatta Moreira Alves de. Modelos de inteligência artificial para análise automatizada de imagens de eletrocardiogramas: avanços, desafios e aplicabilidade clínica. In: CONGRESSO INTERLIGAS, 10., 2025, Divinópolis. Anais [...]. Divinópolis: Universidade Federal de São João del-Rei, 2026. p. 29. DOI: 10.51161/INTERLIGA/2029.

REALIZAÇÃO E APOIO