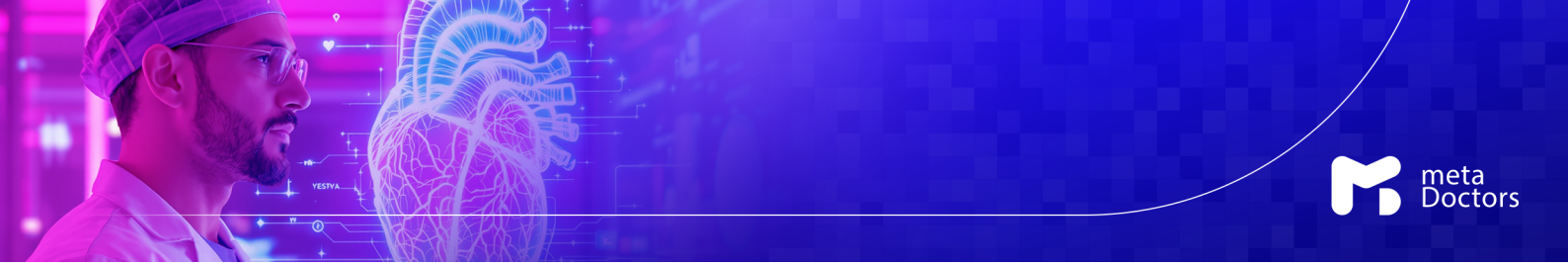
e-book exclusivo

Impacto da IA na Cardiologia

meta Doctors



Impacto da Inteligência Artificial na Cardiologia

1. Aplicações atuais da IA na cardiologia

- **Diagnóstico por imagem (ecocardiograma, TC, RMC):** Sistemas de machine learning (ML) conseguem automatizar a aquisição, a segmentação e a quantificação de estruturas cardíacas em imagens. Por exemplo, algoritmos de visão computacional já identificam automaticamente vistas padrão de ecocardiograma e calculam volumes ventriculares, fração de ejeção e strain com acurácia comparável à de especialistas [1] [2]. Em TC coronariana, a IA permite estimar o escore de cálcio com menos radiação e segmentar o ventrículo esquerdo de forma autônoma [3]. Em estudos, uma rede neural detectou estenoses coronarianas (≥25%) na TC com sensibilidade ~93% e especificidade ~95% (AUC=0,94) [4]. Na ressonância cardíaca, técnicas de deep learning automatizam segmentação de átrios e ventrículos, chegando a desempenho equivalente ou superior aos humanos [5]. Essas ferramentas reduzem variabilidade interobservador e tornam o exame mais rápido (p. ex., EchoNet-Dynamic reduziu erro de medida da FE em <5% comparado a especialistas [2]). A IA também tem sido aplicada a outras modalidades (SPECT/TCoerência Óptica) para realçar marcadores de risco, como quantificação de placas e perfusão.

- **Eletrocardiograma (ECG):** Modelos de IA baseados em redes neurais profundas analisam ECGs de 12 derivações para diagnósticos e prognósticos. Em grande estudo na Mayo Clinic, um algoritmo CNN identificou disfunção ventricular esquerda (FE≤35%) só pelo ECG, alcançando AUC ≈ 0,93, sensibilidade ~86% e especificidade ~86% [6]. Estudo brasileiro com dados do ELSA-Brasil obteve AUC=0,947 para IA detectando disfunção sistólica (FE<40%) via ECG, superando muito os critérios convencionais (sensibil. 0,69 vs. 0,17 das alterações maiores) [7]. Ferramentas de IA também avaliam arritmias (ex: fibrilação atrial), alterações isquêmicas, QT prolongado etc., e até preveem riscos futuros como parada cardíaca ou AVC integrando variáveis clínicas [8]. Em resumo, a IA transforma o ECG em um exame de triagem preditiva, extraindo sinais discretos indetectáveis a olho nu [9] [8].

- **Monitoramento remoto e dispositivos vestíveis:** Relógios inteligentes, sensores e patches cardíacos conectados a IA podem detectar eventos em tempo real. Revisões apontam uso de smartwatches, patches de ECG e até roupas inteligentes para monitorar fibrilação atrial, insuficiência cardíaca, hipertensão e reabilitação cardíaca [10]. Esses dispositivos, com algoritmos de ML, capturam batimentos cardíacos, pressão arterial e outros sinais para alertar clínicos e pacientes sobre descompensações ou arritmias silenciosas. Por exemplo, estudos de wearables em clínica mostraram detecção precoce de FA e aumento da adesão terapêutica [11] [10]. A Apple e outros fabricantes já implementaram algoritmos em larga escala para rastrear FA em população geral. No Brasil, iniciativas de telemonitoramento (veja seção 3) utilizam IA para otimizar triagem à distância.

- **Modelos preditivos de risco cardiovascular:** Algoritmos de aprendizado de máquina podem gerar novas pontuações de risco integrando dados clínicos, laboratoriais, genômicos e de imagem. Por exemplo, estudos propõem modelos híbridos de *ensemble* que superam escores tradicionais em alguns desfechos [12]. No entanto, revisões recentes alertam que a maioria desses modelos está em fase de desenvolvimento e carece de validação externa robusta [13]. Uma revisão sistemática em 2024 identificou centenas de modelos IA para predizer desfechos

cardiovasculares, mas nenhum passou por testes independentes de forma adequada e quase todos apresentaram risco de vieses elevado [13]. Em resumo, embora promissores para personalizar previsões de eventos coronarianos, esses modelos ainda não substituem os algoritmos clínicos estabelecidos (Framingham, SCORE etc.) até que provas de eficácia em populações reais sejam colhidas.

- **Apoio à decisão clínica:** Ferramentas de IA auxiliam médicos em diagnósticos complexos e planejamento terapêutico. Exemplos incluem sistemas de apoio que sugerem diagnósticos diferenciais a partir de sinais clínicos e imagens, ou que indicam o melhor tratamento conforme perfis de risco. Na prática, muitas aplicações atuais agem como *CDSS* (Clinical Decision Support Systems), fornecendo "segunda opinião" automatizada. Estudos destacam que já há softwares capazes de verificar automaticamente relatórios de exames (usando NLP) e alertar sobre achados críticos, além de simular resultados de intervenções. Porém, uma declaração da American Heart Association enfatiza que, até o momento, os benefícios em desfechos clínicos ainda não justificam o uso amplo: são necessárias validações prospectivas em populações diversas para demonstrar real ganho no atendimento [14]. Enquanto isso, muitos sistemas de IA já melhoram eficiência ao integrar informação de prontuários eletrônicos e exames de imagem para sustentar a decisão médica.

- **Automação de fluxos administrativos:** A IA também revoluciona o back-office cardiológico. Processos rotineiros — como triagem de urgências, agendamento, codificação de procedimentos, e preenchimento de documentos — podem ser agilizados por algoritmos. Em diagnóstico por imagem, por exemplo, a IA reduz erro humano e economiza tempo ao segmentar automaticamente estruturas cardíacas e pré-preencher laudos [15]. Ferramentas de NLP podem resumir prontuários e protocolos clínicos, liberando os médicos para tarefas de maior valor. Em indústrias de saúde avançadas, robôs de software com IA já executam rotinas de faturamento e faturamento hospitalar sob supervisão. Embora ainda em expansão, esse tipo de automação administrativa promete reduzir custos operacionais e burnout, aumentando a disponibilidade de especialistas para atendimento direto.

- **Chatbots e interfaces com pacientes:** Assistentes virtuais baseados em IA vêm sendo testados para melhorar o contato médico-paciente. Chatbots podem fazer triagem inicial de sintomas, lembrar pacientes de medicação e até responder dúvidas simples sobre doenças cardíacas. No Brasil, exemplos notáveis incluem projetos que usam WhatsApp para acompanhar pacientes após cirurgias, interpretando mensagens de texto ou voz e detectando queixas (azia, dor, falta de ar) [16]. O chatbot do Hospital de Amor (Barretos-SP) é um caso, onde diálogos com IA clarificam sintomas e monitoram recuperação domiciliar [16]. Plataformas de chatbot também são integradas a portais de pacientes para triagem de risco cardíaco e suporte em reabilitação. Adicionalmente, interfaces conversacionais em prontuários podem ajudar na documentação clínica (redigindo sumários a partir de comandos de voz, por exemplo). Essas tecnologias ainda são incipientes, mas representam tendência para humanizar o contato via telemedicina e melhorar o engajamento do paciente.

2. Estudos e resultados recentes

- **Detecção de disfunção ventricular pelo ECG:** Attia et al. (2019) treinaram uma rede neural convolucional com ~97 mil pares ECG-ecocardiograma do Mayo Clinic e mostraram que o modelo prediz FE baixa ($\leq$35%) com AUC$\approx$0,93 [6]. Outro trabalho brasileiro (Santana Júnior et al., 2023) usou dados do ELSA-Brasil (2567 pacientes) e obteve AUC=0,947 para algoritmo de IA

em ECG detectar disfunção sistólica (FEVE<40%) [7], muito superior à abordagem padrão. Esses estudos validam o potencial do ECG+IA como ferramenta de triagem de insuficiência cardíaca.

- **Ecocardiografia automatizada:** Diversos estudos compararam IA vs cardiologistas em eco. Por exemplo, Kusunose et al. (2020) demonstraram que um algoritmo de deep learning detecta anormalidades de contratilidade ventricular apical com AUC semelhante ao de leitores especializados (0,99 vs 0,98) [17]. Zhang et al. conseguiram treinar CNNs para distinguir cardiomiopatia hipertrófica, amiloidose e hipertensão arterial pulmonar apenas nas imagens (C-statísticas 0,93, 0,87 e 0,85 respectivamente) [18]. Esses resultados mostram que IA alcança nível "expert" em diagnósticos de eco; estudo brasileiro editorializa (ABC Imagem 2024) que IA na ecocardiografia reduz variabilidade e alcança "acurácia de nível especialista" [19] [2].

- **Modelos preditivos cardiovasculares:** A revisão sistemática da BMC Medicine (2024) concluiu que a maioria dos modelos de risco baseados em IA carece de validação externa e apresenta alto viés [13]. Só 10 de centenas eram "recomendados" segundo critérios de reprodutibilidade; nenhum foi testado em ensaios clínicos. Em outras palavras, apesar de muitas publicações, faltam evidências sólidas de que esses modelos melhoram predição em prática. Essas constatações alertam que, por ora, devemos interpretar predições de AI com cautela até aprovação regulatória ou estudos prospectivos confirmatórios.

- **Wearables e monitorização remota:** Revisões recentes destacam avanços em algoritmos de IA para interpretação de dados contínuos. Marvasti et al. (2024) listaram dispositivos inteligentes (relógios, patches, sensores) que, usando ML, monitoram AF, IC e hipertensão em tempo real [10]. Resultados iniciais indicam diagnósticos de arritmia com precisão próxima à de ECG hospitalar e melhoria na adesão do paciente (via alertas) [10] [11]. Por outro lado, ainda se avalia eficácia em longo prazo e viés de amostragem nesses estudos.

- **Declarações de sociedades científicas:** Uma declaração científica da AHA (2024) resumiu que muitas aplicações de IA "já existem" (screening, insights de dados, medicina de precisão), mas ressaltou que *até agora* não há provas de ganho em desfechos clínicos que justifiquem uso generalizado [14]. O documento enfatiza a necessidade de validações prospectivas em populações diversas para evitar vieses e promover equidade [20]. Em essência, as sociedades apontam que a IA em cardiologia está em estágio promissor de pesquisa, mas requer evidências robustas antes de recomendações clínicas formais.

3. Exemplos de implementação

- **InCor – USP/SP (angioplastia com IA):** O Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas (USP) foi pioneiro na América do Sul ao implantar o software Ultreon 1.0 (Abbott) em OCT coronariano. A IA desse sistema analisa automaticamente características da placa (volume, cálcio, morfologia) para guiar a estratégia de intervenção, reduzindo complicações e reintervenções [21] [22]. Em março de 2023, pacientes com lesão coronariana foram tratados com suporte de IA, tornando o InCor centro-treinamento nacional para essa tecnologia [21] [22].

- **Hospital de Amor (Barretos, SP) – telemonitoramento via chatbot:** Desde 2019, esse hospital filantrópico desenvolve soluções de IA em parceria com startups para cuidar de pacientes oncológicos e de outras patologias no SUS [16]. Um exemplo recente é o chatbot via WhatsApp que acompanha pacientes em casa após cirurgia. O robô interpreta mensagens de texto ou voz e identifica sintomas (azia, dor, falta de ar) para acionar alertas médicos [16]. Essa experiência

mostra como IA pode expandir o cuidado cardiológico público, servindo de base para soluções similares em cardiologia (e.g. acompanhamento de pacientes pós-infarto).

- **Rede Telessaúde de Minas Gerais (TNMG):** A telemedicina cardiológica de Minas Gerais, que em 2024 cobria 72% dos municípios do estado e emitiu >9 milhões de laudos de ECG [23], vem integrando IA em seus serviços. Programas-piloto já utilizam ML para pré-análise de ECGs e alerta automático de achados críticos. O recente aumento de capacidade prevê incorporar algoritmos de IA para priorizar casos urgentes e melhorar a eficiência dos médicos remoto [24]. Essa rede pública demonstra a viabilidade de escalar IA em cardiologia de atenção primária.

- **Centros de referência internacionais:** Instituições de renome mundial também lideram implantações. Por exemplo, na Mayo Clinic (EUA) o algoritmo do estudo de Attia (2019) está em fase de prova de conceito para triagem de insuficiência cardíaca a partir do ECG [6]. Empresas de tecnologia médica (GE, Philips, Siemens) oferecem pacotes de IA aprovados pela FDA para quantificação automática de imagem (cardio-TC, ecocardiograma 3D etc.) [25] [3]. No Brasil, hospitais privados de ponta (Einstein, Sírio-Libanês, HCor) vêm adotando gradualmente assistentes de IA para revisão de laudos e imagens, embora detalhes raramente sejam divulgados publicamente.

4. Tendências e perspectivas (2025–2028)

- **IA generativa e apoio ao diagnóstico:** O avanço dos *large language models* (ex: GPT-4o) e técnicas generativas promete transformar a prática clínica. Espera-se o uso de IA para gerar relatórios diagnósticos (resumir ressonâncias ou cateterismos por comando de voz), sugerir hipóteses diagnósticas baseadas em anotações de médicos, e até interação clínica automatizada. Em cardiologia, esses LLMs poderão ajudar na elaboração de laudos de ecocardiograma ou síntese de guidelines para casos complexos. Estudos preliminares em educação médica mostram desempenho moderado de ChatGPT em perguntas de especialidades, mas a consistência ainda é limitada [26]. Portanto, aguarda-se validação cuidadosa dessas ferramentas antes de adoção clínica, para evitar “alucinações” e assegurar precisão.

- **Integração com prontuários eletrônicos:** A tendência é que softwares de IA se integrem nativamente aos sistemas de registro eletrônico. Isso permitirá que os algoritmos acessem históricos completos do paciente, combinando dados de ECG, imagem e laboratório em tempo real. Por exemplo, ao receber um ECG de emergência, o sistema poderá cruzar dados populacionais e variáveis locais para avaliar preditivamente risco de SCA no usuário. A automação documental (NLP) passará a preencher parte dos laudos e notas de alta, reduzindo tempo clínico. Nessa década, hospitais inteligentes devem padronizar APIs de IA em seus prontuários, seguindo marcos regulatórios emergentes, de modo que a adoção seja transparente e segura para o médico.

- **Personalização de tratamentos com IA:** Espera-se que algoritmos avancem na criação de planos terapêuticos sob medida. Isso inclui ajustar doses de medicamentos (ex: anticoagulantes, antiplaquetários) segundo perfis genômicos e respostas fenotípicas; prever quais pacientes terão melhores respostas a dispositivos (ex: RN pacemaker vs desfibrilador); e sugerir estratégias de reabilitação física personalizadas via wearables. Modelos de ML treinados em larga escala poderão identificar subgrupos fisiológicos que se beneficiam de terapias específicas (ex: diferenciar doentes com FA que precisam de anticoagulação agressiva). Iniciativas de *precision medicine* em grandes biobancos já apontam nesta direção, embora necessitem de

validação clínica. As sociedades esperam que, até 2028, várias dessas aplicações sejam testadas em ensaios clínicos de coorte.

- **Regulação e ética:** O uso disseminado de IA em saúde traz questões regulatórias e éticas centrais. Nos EUA, a FDA já aprovou >1.000 algoritmos médicos de IA [25] (com 161 somente para cardiologia), mostrando aceleração da liberação de novas ferramentas. Na Europa, aguarda-se o *AI Act* e normas da EUDAMED que também categorizarão dispositivos baseados em ML. No Brasil, o tema está em discussão (ANVISA debate ética de IA em 2024) [27], mas ainda falta legislação específica. Entre as principais preocupações estão **privacidade de dados** (compartilhamento seguro de informações sensíveis), **justiça e viés** (garantir que modelos sejam testados em populações diversas para não acentuar desigualdades) [28] [20], e **responsabilização** (definir quem responde por erros de um algoritmo). Espera-se que conselhos profissionais (ex: SBC, CFM, CRM) emitam guias de boas práticas e que haja esforços internacionais para certificação de softwares de IA, assegurando confiabilidade e transparência de seus resultados. A ética ditará que, ao integrar IA generativa ou preditiva, o médico continue no centro da decisão, usando a tecnologia como apoio – não substituto – do juízo clínico.

Fontes: Publicações científicas e relatórios de sociedades de cardiologia (JACC, Circulation, Arq Bras Cardiol), instituições hospitalares (InCor, Hospital de Amor), e veículos especializados em saúde informam e contextualizam esses avanços [1] [19] [6] [8] [13] [14] [16] [21] [24] [25]. Estas evidências, somadas à experiência brasileira, embasam a perspectiva de que a IA transformará profundamente a cardiologia nos próximos anos.

---

[1] [3] [4] [5] [12] [15] [17] [18] Artificial Intelligence in Cardiovascular Imaging - PMC
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7350824/

[2] abcimaging.org
https://www.abcimaging.org/wp-content/uploads/articles_xml/2675-312X-abcimg-37-04-e20240095/2675-312X-abcimg-37-04-e20240095-pt.pdf

[6] Screening for cardiac contractile dysfunction using an artificial intelligence–enabled electrocardiogram | Nature Medicine
https://www.nature.com/articles/s41591-018-0240-2?error=cookies_not_supported&code=2f3ed93f-fa36-420e-8d9c-de4df7a4311e

[7] Repositório Institucional da UFMG: Uso da inteligência artificial aplicada ao Eletrocardiograma para diagnóstico de Disfunção Sistólica Ventricular Esquerda
https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/61498

[8] Current and Future Use of Artificial Intelligence in Electrocardiography - PMC
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10145690/

[9] [19] Revolutionizing Cardiology: The Role of Artificial Intelligence in Echocardiography
https://www.mdpi.com/2077-0383/14/2/625

[10] Unlocking Tomorrow's Health Care: Expanding the Clinical Scope of Wearables by Applying Artificial Intelligence - PubMed
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39025363/

[11] [28] Inteligência artificial na cardiologia: entenda seus usos para saúde do coração | CNN Brasil
https://www.cnnbrasil.com.br/saude/inteligencia-artificial-na-cardiologia-entenda-seus-usos-para-saude-do-coracao/

13 Artificial intelligence in the risk prediction models of cardiovascular disease and development of an independent validation screening tool: a systematic review | BMC Medicine | Full Text
https://bmcmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12916-024-03273-7

14 20 Use of AI to Improve Outcomes in Heart Disease: Key Points - American College of Cardiology
https://www.acc.org/Latest-in-Cardiology/ten-points-to-remember/2024/03/06/14/10/use-of-artificial-intelligence

16 Hospital usa inteligência artificial para monitorar pacientes do SUS em casa - SINTTEC
https://sinttec.org.br/hospital-inteligencia-artificial-pacientes-sus-casa/

21 22 InCor | Ciência e Humanismo
https://www.incor.usp.br/sites/incor2024/imprensa/19/incor-incorpora-tecnologia-de-imagem-da-abbott-que-usa-inteligencia-artificial-para-angioplastias

23 24 Upscaling a regional telecardiology service to a nationwide coverage and beyond: the experience of the Telehealth Network of Minas Gerais - PMC
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11749444/

25 FDA has now cleared more than 1,000 AI models, including many in cardiology
https://cardiovascularbusiness.com/topics/artificial-intelligence/fda-has-cleared-more-1000-ai-algorithms-many-cardiology

26 A systematic review of large language model (LLM) evaluations in ...
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40055694/

27 Anvisa promove debate sobre ética e inteligência artificial — Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa
https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2024/anvisa-promove-debate-sobre-etica-e-inteligencia-artificial

Leia mais em metadoctors.com!

Entre em contato com a equipe metaDoctors no LinkedIn.

Siga o metaDoctors no Facebook ou Instagram.

Inscreva-se no canal metaDoctors do YouTube para ter acesso a todos os vídeos sobre tendências, tecnologias e dispositivos que moldarão o futuro da medicina.

meta Doctors

Uma Comunidade Médica que oferece Informação, Tecnologia, Cursos e Benefícios.