

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXIII

Capítulo 14

PREVENÇÃO PRIMÁRIA EM PACIENTES DE ALTO RISCO CARDIOVASCULAR: INTEGRAÇÃO DE IA E ESCORE DE RISCO

GUILHERME GONÇALVES¹
JOÃO VINÍCIUS HELLESHEIM¹
LARISSA TRAINOTTI DA CUNHA¹
MARIA CLARA DAGRAVA SOARES BRITO¹
TALIA SILVANO¹
IZABELLY MARQUES ALEXANDRE¹
MARIA LUIZA AMORIM CUNHA¹
KAYLA CARAMORI COSTA¹
EDUARDO POLSES BRASIL DA SILVA¹
YAGO SATO VICENTE¹
KAUAN NICARO FORNARI¹
GUSTAVO TADASHI FUJII¹
ANTONIO AUGUSTO MOSER BANDEIRA¹
CAROLINE LOPES MACHADO¹
ARTUR ROPELATTO MACHADO¹

1. Discente - Medicina da Universidade do Vale do Itajaí.

Palavras-chave

Prevenção Primária; Risco Cardiovascular; Escore de Risco.

DOI

10.59290/9050883201

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares, grupo que engloba afecções como cardiopatias isquêmicas, doenças valvares, hipertensivas, fibrilação e *flutter* atrial, aneurisma de aorta, endocardite, acidente vascular encefálico e doença arterial periférica, mantêm-se como as principais causas de mortalidade no Brasil e no mundo. Estimativas recentes indicam aproximadamente 20,5 milhões de óbitos globais atribuídos às doenças cardiovasculares em 2024, dos quais cerca de 400 mil ocorreram no Brasil, correspondendo a mais de 30% da mortalidade total (VICTOR *et al.*, 2025; MARTIN *et al.*, 2025). Ademais, projeções demográficas e epidemiológicas estimam um incremento de 73,4% no número de mortes até 2050, atingindo 35,6 milhões, fenômeno associado sobretudo ao envelhecimento populacional, bem como à persistência de fatores de risco metabólicos, comportamentais e ambientais (CHONG *et al.*, 2024).

Diante desse cenário persistente e alarmante, diversos escores de predição de risco cardiovascular foram desenvolvidos com o propósito de aprimorar a estratificação de risco e orientar o manejo clínico individualizado, possibilitando a identificação de indivíduos com maior probabilidade de eventos cardiovasculares ateroscleróticos (ECVA) e, consequentemente, a implementação de estratégias preventivas direcionadas. Entre os modelos mais utilizados, destacam-se: pontuação de risco de Framingham, baseada em fatores como idade, sexo, colesterol total, pressão arterial, tabagismo e diabetes mellitus em adultos sem doença cardiovascular prévia (MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2025); SCORE/SCORE2, cujo objetivo é estimar o risco de eventos fatais e não fatais em 10 anos na população europeia (HAGEMAN *et al.*, 2021); *Polygenic Risk Scores* (PRS), que integram varian-

tes genéticas poligênicas para estimar predisposição hereditária e complementar o histórico familiar (O’SULLIVAN *et al.*, 2022); e o *Life’s Essential 8* (LE8), que avalia a saúde cardiovascular global por meio de métricas relacionadas à dieta, exposição à nicotina, atividade física, níveis pressóricos e glicêmicos, perfil lipídico, qualidade do sono e índice de massa corporal (IMC) (LÓPEZ-BUENO *et al.*, 2023).

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma revisão narrativa acerca da integração entre inteligência artificial (IA) e escores de risco na prevenção primária de pacientes com alto risco cardiovascular. Serão abordados: o panorama atual dos principais escores de risco, as aplicações da IA na estratificação de risco, bem como os diferentes tipos de modelos e suas utilizações clínicas. Além disso, serão discutidos os desafios éticos, regulatórios e logísticos relacionados à incorporação dessas ferramentas na prática clínica.

METODOLOGIA

Foi realizada revisão narrativa a partir de diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia, um estudo clínico comparativo entre IA e escores tradicionais e investigações sobre modelos preditivos aplicados à prevenção primária cardiovascular. Foram incluídos trabalhos de 2010-2025, em inglês e português, indexados no PubMed, *SpringerLink*, SciELO e BMC Medicine.

Após aplicação dos critérios de seleção (estudos do tipo revisão, meta-análise, artigos originais e diretrizes), restaram 38 artigos que foram submetidos à leitura minuciosa para a coleta de dados. Os critérios de exclusão foram: artigos duplicados, disponibilizados na forma de resumo, que não abordavam diretamente a proposta estudada e que não atendiam aos demais critérios de inclusão. Logo, os resultados

foram apresentados de forma descritiva, divididos em categorias temáticas abordando: IA e escore de risco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Panorama atual dos escores de risco cardiovascular

As doenças cardiovasculares representam a principal causa de mortalidade em todo o mundo. Em 2015, foram registradas 17,7 milhões de mortes decorrentes dessas doenças, correspondendo a 31% da mortalidade global. As projeções indicam que esses números continuarão a crescer. Até 2030, estima-se que mais de 23,6 milhões de vidas serão ceifadas por doenças cardiovasculares.

A prevenção dessas doenças é viável e eficiente, especialmente por meio de estratégias de prevenção primária, que avaliam os indivíduos com base em diversos fatores de risco cardiovascular. Enquanto métodos anteriores analisavam cada fator de forma isolada, hoje é recomendada a avaliação quantitativa do risco cardiovascular global de cada indivíduo. Esse tipo de avaliação permite uma visão abrangente da saúde cardiovascular, servindo a dois objetivos complementares: tranquilizar aqueles com baixo risco, incentivando a manutenção da saúde, e direcionar intervenções médicas adequadas para indivíduos com alto risco.

Identificar pessoas com alto risco e intervir precocemente para reduzir a probabilidade de eventos cardiovasculares sustenta a maioria das diretrizes nacionais e internacionais de prevenção primária. Para isso, é utilizado o uso de escores de risco ou modelos de predição, que consideram a influência combinada de múltiplos fatores, sendo mais precisos do que a avaliação isolada de cada fator. Nas últimas cinco décadas, diversos escores foram desenvolvidos e atualizados, como Framingham, Equações de

Coorte Agrupadas (PCE), SCORE, SCORE2, Risco de Doenças Cardiovasculares da OMS, PREDICT, QRISK3 e PREVENT.

Diversas sociedades internacionais, incluindo o Colégio Americano de Cardiologia, a Associação Americana do Coração, a Sociedade Europeia de Cardiologia, o Instituto Nacional de Excelência em Saúde e Cuidados e a OMS, destacam a importância de utilizar escores de risco cardiovascular adaptados às características e necessidades de cada população, garantindo maior precisão e aplicabilidade na prática clínica local.

A estratificação do risco cardiovascular é essencial na prevenção primária, pois possibilita intervenções personalizadas conforme o perfil de cada indivíduo. Entre os instrumentos mais utilizados está o *Framingham Risk Score* (FRS), originado do famoso estudo de Framingham. Esse escore considera fatores clássicos como idade, sexo, colesterol total e HDL, pressão arterial, tabagismo e diabetes para calcular o risco de eventos coronarianos da década seguinte. Pesquisas brasileiras indicam que o FRS é eficaz como instrumento de prevenção, particularmente em contextos clínicos e epidemiológicos nacionais.

O SCORE2 (*Systematic Coronary Risk Evaluation 2*), lançado em 2021 pela Sociedade Europeia de Cardiologia, atualiza o antigo SCORE ao incluir mortalidade cardiovascular e não fatal. Ajustado com base em coortes europeias contemporâneas, busca maior precisão, mas sua aplicação fora da Europa ainda requer validação adicional.

Nos Estados Unidos, o *Pooled Cohort Equations* (ASCVD Risk Estimator), introduzido em 2013 pela ACC/AHA, acrescenta a variável “raça” ao cálculo tradicional, visando estimar o risco de infarto agudo do miocárdio e AVC em 10 anos. Isto dificulta sua utilização em populações miscigenadas como a brasileira, pois sua

aplicação pode ser imprecisa. Um estudo com coorte multiétnica nos EUA identificou possível superestimação de risco neste grupo.

O QRISK3, escore britânico atualizado em 2017, amplia os preditores tradicionais ao incluir variáveis como etnia, índice de massa corporal, doenças autoimunes, insuficiência renal, fibrilação atrial, condições psiquiátricas e fatores socioeconômicos. Estudos internacionais indicam melhor desempenho do QRISK3 em comparação ao Framingham, embora ainda faltem evidências de validação fora do Reino Unido.

Desenvolvida pela OMS, a Globorisk, permite estimativas de risco mesmo sem exames laboratoriais. Essa característica é relevante em países de baixa e média renda, como na América Latina, embora ainda necessite de validação específica no Brasil.

Por fim, o *Reynolds Risk Score* incorpora biomarcadores, como PCR ultrasensível, e histórico familiar precoce de doença coronariana, oferecendo aprofundamento prognóstico. Seu uso é limitado em sistemas públicos, devido à necessidade de recursos laboratoriais mais complexos.

Apesar de amplamente utilizados, os escores de risco cardiovascular tradicionais apresentam limitações importantes. A maioria foi desenvolvida a partir de coortes históricas, geralmente de países desenvolvidos, reduzindo sua generalização para outras populações. Estudos mostram baixa acurácia em grupos específicos, como gestantes, idosos e pessoas de diferentes etnias, podendo levar à subestimação ou superestimação do risco real.

Além disso, há subestimação do risco em países em desenvolvimento, onde a epidemiologia cardiovascular é marcada por desigualdade no acesso ao diagnóstico, controle insuficiente dos fatores de risco e características demográficas distintas. Modelos clássicos, como o

Framingham Risk Score e o ASCVD, tendem a não refletir adequadamente a realidade brasileira e latino-americana, comprometendo decisões clínicas e políticas de saúde.

Outro ponto é que esses escores se baseiam quase exclusivamente em fatores tradicionais (idade, pressão arterial, colesterol, tabagismo e diabetes) e não consideram variáveis emergentes, como marcadores inflamatórios (por exemplo, PCR ultrasensível), perfil genético, histórico familiar detalhado, exames de imagem e microbioma, que vêm ganhando relevância como preditores independentes de risco cardiovascular.

Destaca-se a dificuldade de atualização desses modelos diante do avanço do *big data* e da *real-world evidence*. Grande parte das coortes utilizadas remonta às décadas de 1980 e 1990, antes de mudanças significativas na prevalência dos fatores de risco e da introdução de novas terapias. Essa defasagem pode gerar impacto direto na prática clínica, resultando em supertratamento quando pacientes recebem terapias desnecessárias ou subtratamento quando indivíduos de alto risco não são identificados corretamente.

A estratificação do risco cardiovascular por escores preditivos é central na prática clínica e em políticas públicas, orientando decisões preventivas e terapêuticas. Apesar de amplamente utilizados, esses instrumentos apresentam limitações quando aplicados em populações distintas daquelas para as quais foram desenvolvidos, principalmente fora dos EUA e Europa.

A subestimação do risco em mulheres jovens e determinados grupos étnicos é frequente. Modelos clássicos foram elaborados majoritariamente com indivíduos brancos, de meia-idade e de países de alta renda, limitando sua generalização. No Reino Unido, o QRISK2 mostrou desempenho distinto entre europeus brancos, sul-asiáticos e afro-caribenhos. Entre mulheres

jovens, a inclusão de fatores como pré-eclâmpsia, diabetes gestacional, menopausa precoce e síndrome dos ovários policísticos melhora a predição, mas ainda não é prática comum. O comentário de Goff e Lloyd-Jones (2016) alerta para vieses na aplicação das PCE em pessoas negras, pelo modo como a variável “raça” é operacionalizada.

Fora do eixo EUA–Europa, as dificuldades de calibração se acentuam. Na Colômbia, as PCE apresentaram falhas de calibração, enquanto na África do Sul, o consórcio AWI-Gen revelou baixa concordância com diferentes versões das PCE e o *Framingham Risk Score*. Esses achados evidenciam limitações na transposição de modelos sem considerar a diversidade de fatores de risco e determinantes sociais. A escassez de dados de mundo real em países em desenvolvimento agrava o problema. Um estudo de 2025, comparando SCORE2, PCE, Framingham, Globorisk-LAC e gráficos da OMS, destacou melhor consistência em modelos adaptados à América Latina, como o Globorisk-LAC.

A acurácia dos escores depende de atualização periódica. Estudo na Áustria com 1,7 milhão de indivíduos demonstrou ganho de desempenho após recalibração de Framingham e PCE. A OMS sistematizou metodologias de calibração baseadas em dados regionais e *Global Burden of Disease*. Evidências de miscalibração foram relatadas na aplicação do SCORE2 nos Países Baixos, especialmente entre grupos definidos por etnia e nível socioeconômico.

O avanço da inteligência artificial (IA) traz novas perspectivas. Modelos de *machine learning* e *deep learning* têm desempenho superior a alguns escores tradicionais, identificando padrões complexos em eletrocardiogramas, imagens de retina e tomografias. Estudos em grandes bancos de dados nos EUA, Reino Unido e

China mostraram acurácia competitiva com escores clássicos. Apesar do potencial, a IA ainda está em fase de pesquisa e implementação piloto, sendo recomendada como complemento, não substituição, devido a desafios de validação, integração e ética.

A avaliação do risco cardiovascular por meio de escores preditivos é fundamental para a prevenção primária de doenças cardiovasculares, permitindo identificar indivíduos de alto risco e direcionar intervenções específicas. Diversos modelos, como Framingham, PCE, SCORE2, QRISK3, Globorisk-LAC e *Reynolds Risk Score*, apresentam desempenho relativamente consistente, mas suas limitações tornam evidente a necessidade de adaptação a populações específicas, atualização periódica e integração com novas tecnologias, como inteligência artificial.

No panorama atual, observa-se que nenhum escore é universalmente aplicável, sendo essencial considerar população, fatores de risco regionais, limitações de dados e recalibração periódica. A IA surge como ferramenta complementar, capaz de melhorar a predição, mas ainda depende de validação em grandes populações e integração com sistemas clínicos.

Inteligência artificial na estratificação de risco

Um dos estudos mais relevantes sobre o uso de inteligência artificial na estratificação de risco cardiovascular é o de Sau *et al.* (2024), que desenvolveu a plataforma *AI-ECG Risk Estimator* (AIRE). Diferentemente de modelos anteriores, que forneciam apenas estimativas de risco em pontos fixos, o AIRE gera curvas de sobrevivência individualizadas a partir de um único eletrocardiograma (ECG), possibilitando prever não apenas a probabilidade de morte, mas também o tempo até o evento. Essa abordagem

representa um avanço significativo, pois aproxima a análise de risco da realidade clínica, em que decisões precisam ser personalizadas de acordo com o perfil temporal do paciente (SAU *et al.*, 2024).

O estudo utilizou mais de 1,1 milhão de ECGs de quase 190 mil pacientes do *Beth Israel Deaconess Medical Center*, nos Estados Unidos, e validou o modelo em cinco coortes internacionais, incluindo populações de diferentes contextos: pacientes com cardiomiopatia chagásica (SaMi-Trop, Brasil), usuários da atenção primária (CODE, Brasil), servidores públicos (ELSA-Brasil) e voluntários saudáveis do *UK Biobank* (Reino Unido). Os resultados mostraram desempenho robusto, com índices de concordância (C-index) entre 0,638 e 0,802, variando conforme o desfecho e o perfil populacional. O modelo também demonstrou capacidade de discriminar risco mesmo em ECGs normais, bem como manter performance semelhante entre sexos e grupos étnicos, o que reforça sua aplicabilidade em larga escala (SAU *et al.*, 2024).

Além da mortalidade global, foram desenvolvidos submodelos específicos capazes de prever morte cardiovascular, morte não cardiovascular, doença aterosclerótica, insuficiência cardíaca e arritmias ventriculares. Em praticamente todos os cenários, o AIRE superou escores clínicos tradicionais e variáveis isoladas, como fração de ejeção ventricular esquerda ou fatores de risco clássicos. A análise da IA identificou alterações eletrocardiográficas já conhecidas como prognósticas (QRS alargado, baixa voltagem, inversão de ondas T) e associações consistentes com parâmetros ecocardiográficos e marcadores genéticos. Esses achados reforçam a plausibilidade biológica do modelo e aumentam a confiança em sua utilização futura (SAU *et al.*, 2024).

Apesar do impacto dos resultados, os autores destacam limitações importantes. Entre elas, o uso de códigos administrativos para definição de desfechos, que pode reduzir a precisão dos diagnósticos, e a menor acurácia observada em populações de baixo risco, como a do *UK Biobank*. Além disso, a plataforma ainda precisa ser testada em estudos prospectivos e ensaios clínicos para comprovar seu impacto na prática médica e nos desfechos de pacientes. Ainda assim, o AIRE surge como uma das ferramentas de IA mais promissoras na estratificação de risco cardíaco, com potencial de transformar o ECG em um biomarcador prognóstico multifacetado, aplicável desde a triagem populacional até o monitoramento remoto com dispositivos vestíveis (SAU *et al.*, 2024).

Além disso, modelos baseados em aprendizado profundo, como o TRisk, proposto por Rao *et al.* (2025), utilizam informações temporais de prontuários eletrônicos para prever mortalidade em pacientes com insuficiência cardíaca. Este modelo, baseado em arquitetura Transformer, demonstrou alta acurácia em diferentes coortes britânicas e norte-americanas, superando escores clínicos estabelecidos e mostrando grande potencial de generalização em cenários internacionais (RAO *et al.*, 2025).

A multimodalidade também tem sido explorada para melhorar a estratificação de risco. Estudos recentes combinam imagens de tomografia computadorizada coronária (CCTA), ressonância cardíaca de estresse e dados clínicos numéricos, resultando em predição mais precisa de eventos cardiovasculares adversos (MACE) em pacientes com doença arterial coronariana obstrutiva (PEZEL *et al.*, 2025). Revisões sistemáticas destacam que o uso de IA em CCTA melhora a detecção de estenoses, reduz variabilidade entre avaliadores e integra diferentes modalidades de imagem, otimizando tanto o diagnóstico quanto o fluxo de trabalho clínico

(IRANNEJADM *et al.*, 2025; PEZEL *et al.*, 2025).

Além de imagens cardíacas, a IA tem sido aplicada em exames de triagem e contextos não tradicionais. Ferramentas como o *Echo Next* utilizam ECG convencional para identificar pacientes com risco de doenças estruturais cardíacas, superando a acurácia de cardiologistas na detecção de disfunções valvares ou hipertrofia (LAPID, 2025). Em mulheres, a análise de mamografias com IA permite detectar calcificações arteriais mamárias (BAC) e marcadores de risco cardiovascular, possibilitando avaliação adicional sem exames invasivos (VILLALONGA-VIVONI, 2025).

Por fim, tecnologias emergentes aplicadas à tomografia coronária têm identificado alterações precoces, como inflamação e modificações perivasculares, que precedem a ocorrência de infartos, permitindo predição de eventos cardiovasculares a longo prazo (MCKIE, 2024). Dessa forma, a IA demonstra versatilidade, desde o ECG até multimodalidade de imagens, aprimorando a estratificação de risco, a tomada de decisão clínica e a personalização do cuidado cardiovascular, enquanto ainda enfrenta desafios de implementação ética, regulatória e operacional (IRANNEJADM *et al.*, 2025; PEZEL *et al.*, 2025).

Modelos híbridos e IA na prevenção primária cardiovascular: aplicações clínicas

Modelos híbridos

Primeiramente o conceito de modelo híbrido, no contexto da previsão de risco cardiovascular, refere-se a combinadas abordagens tradicionais de avaliação de risco com técnicas avançadas de inteligência artificial (IA) e *machine learning* (ML). Tradicionalmente, o risco cardiovascular é avaliado por escores baseados em modelos estatísticos, como *Framingham Risk Score*, *QRISK3*, *Pooled Cohort Equations*

(PCE) e SCORE. Embora eficazes, esses modelos podem apresentar limitações na captura da complexidade dos dados de saúde e na personalização da avaliação de risco para indivíduos (LIU *et al.*, 2025).

Portanto, a integração de IA e ML nesses modelos permite ir além dos fatores de risco convencionais, incorporando uma vasta gama de dados, incluindo registros eletrônicos de saúde (EHRs), dados genômicos, socioeconômicos e comportamentais. Essa abordagem visa criar sistemas de previsão mais precisos e adaptáveis, capazes de identificar padrões sutis e interações complexas que os modelos estatísticos isolados podem não detectar (LAYTON, 2024).

A partir deste cenário, sabemos que o modelo híbrido apresenta inúmeras vantagens quando incorporado aos estudos de prevenção primária cardiovascular, como, por exemplo, a capacidade deste modelo ter maior precisão da previsão de risco. Tal vantagem é caracterizada pela capacidade da IA de analisar grandes volumes de dados heterogêneos e identificar padrões complexos, permitindo, assim, uma estratificação de risco mais acurada. Isso é crucial para identificar pacientes de alto risco que podem ser subestimados pelos escores tradicionais, permitindo intervenções mais precoces e direcionadas (LIU *et al.*, 2025).

Ademais, há a personalização da avaliação de risco para cada paciente, permitindo integrar dados individuais detalhados dos EHRs e outras fontes. Tais modelos híbridos podem fornecer avaliações de risco personalizadas, o que significa que as intervenções preventivas podem ser adaptadas às características específicas de cada paciente, otimizando os resultados e a eficácia do tratamento (LAYTON, 2024).

Outra vantagem observada foi a descoberta de novos fatores de risco com o uso de IA e ML, sendo capaz de descobrir novos fatores de risco, ou interações entre fatores de risco conhecidos, que não são evidentes em análises estatísticas

tradicionais. Por exemplo, Layton (2024) menciona a descoberta de efeitos de redução da pressão arterial por inibidores da bomba de prótons, o que não era esperado. Além disso, no mesmo artigo, foi observada a otimização do uso de ML nas decisões de tratamento, em que modelos híbridos foram capazes de prever a resposta do paciente a diferentes terapias anti-hipertensivas.

Quanto às suas aplicações de pesquisa na prática, que enaltecem as vantagens citadas anteriormente, temos como exemplo a estratificação de risco para complicações utilizando modelos de ML, que são treinados com registros médicos eletrônicos para fornecer prognósticos mais precisos e estratificação de risco para complicações da hipertensão, como aterosclerose, AVC, ataques cardíacos e danos renais. Isso permite que os provedores de atenção primária tomem decisões mais informadas sobre intervenções preventivas (LAYTON, 2024).

Outro exemplo de aplicação em pesquisa é a previsão de resposta ao tratamento, onde modelos de IA treinados com dados de ensaios clínicos, ou EHRs, têm sido capazes de prever a resposta do paciente a diferentes terapias anti-hipertensivas, auxiliando os médicos a identificarem quais pacientes têm maior probabilidade de se beneficiar de um determinado tratamento (LAYTON, 2024).

Por fim, tais exemplos destacam como os modelos híbridos, ao combinar a robustez dos escores de risco tradicionais com a capacidade analítica da IA/ML, estão pavimentando o caminho para uma prevenção cardiovascular mais eficaz e personalizada.

Aplicações clínicas da IA e ML na prevenção cardiovascular

Conforme o potencial de alterar a forma como o risco é avaliado e manuseado, as tecnologias, como a inteligência artificial (IA) e o a-

prendizado de máquina (ML), levam a intervenções mais eficazes e personalizadas na prevenção cardiovascular, uma vez que oferecem um amplo leque de aplicações clínicas na prevenção de doenças cardiovasculares (DCV), principalmente quando integradas a escores de risco tradicionais e dados de saúde eletrônicos.

Contextos e aplicações potenciais

Essas tecnologias possuem uma previsão de risco melhorada, como na identificação de pacientes de alto risco. Os modelos de ML são capazes de interpretar uma diversidade de informações (genômicas, socioeconômicas, comportamentais, além das clínicas tradicionais) para identificar indivíduos com alto risco de desenvolver doenças cardiovasculares, mesmo aqueles que não seriam classificados como tal pelos escores de risco convencionais. Isso permite intervenções preventivas mais precoces e direcionadas (LAYTON, 2024; LIU *et al.*, 2025).

Com a integração de dados de dispositivos vestíveis e EHRs, a IA pode monitorar continuamente o risco cardiovascular de um paciente, alertando profissionais de saúde sobre mudanças significativas que exigem atenção. Isso facilita uma abordagem proativa na gestão da saúde (LAYTON, 2024).

Personalização de intervenções

Diferencial no uso da IA e da ML se encontra na criação de planos de tratamento para cada indivíduo, levando em consideração condições genéticas, história fisiológica e social e história mórbida pregressa do paciente, incluindo a escolha de medicações, dietas direcionadas e metas de atividades físicas mais eficazes conforme a necessidade de cada indivíduo. Além disso, outro destaque é a otimização da terapia medicamentosa, já que algumas ML conseguem prever como um paciente pode responder a dife-

rentes fármacos anti-hipertensivos ou outras terapias, o que auxilia os médicos na escolha da opção que mais se enquadra para o paciente, com menor incidência de efeitos adversos, melhorando a terapêutica e a sobrevida do indivíduo.

Descoberta de biomarcadores e alvos terapêuticos

A capacidade de identificação de novos fatores de risco, como a análise de grandes conjuntos de dados por algoritmos de ML pode nos revelar novos biomarcadores ou fatores de risco para DCV que não são facilmente identificáveis por métodos tradicionais. Essa descoberta pode levar ao desenvolvimento de novas estratégias de prevenção e tratamento. Ademais, em alguns casos, a IA pode identificar que medicamentos já existentes para outras condições podem ter efeitos benéficos na prevenção ou tratamento de DCV, como o exemplo dos inibidores da bomba de prótons mencionados por Layton (2024).

Suporte à decisão clínica

Os sistemas baseados em IA podem fornecer aos médicos informações e recomendações em tempo real no ponto de atendimento, auxiliando na tomada de decisões clínicas informadas sobre avaliação de risco, diagnóstico e manejo de pacientes com risco cardiovascular (LIU *et al.*, 2025). Da mesma forma, algumas ferramentas de IA, como *chatbots* (por exemplo, o ChatGPT), podem ser utilizadas para educar pacientes sobre sua condição, fatores de risco e opções de tratamento, além de fornecer suporte para o engajamento em mudanças de estilo de vida. No entanto, é crucial garantir a precisão e a confiabilidade das informações fornecidas por essas ferramentas (LAYTON, 2024). Dessa maneira, pode-se inferir que são métodos que, desde que seja garantida a confiança dos dados, auxiliam na tomada de decisão terapêutica.

Desafios e considerações

Apesar do vasto potencial, a implementação da IA e do ML na prática clínica enfrenta desafios. A qualidade e a consistência dos dados de saúde são fundamentais, e a falta de interoperabilidade entre diferentes sistemas de EHRs pode dificultar a aplicação generalizada desses modelos. Além disso, a interpretabilidade dos modelos de IA, especialmente os mais complexos, pode ser um obstáculo para a confiança e adoção por parte dos profissionais de saúde. Questões éticas, como vieses algorítmicos e privacidade dos dados, também precisam ser cuidadosamente abordadas para garantir uma implementação justa e equitativa (LAYTON, 2024; LIU *et al.*, 2025).

Conclui-se que, embora as dificuldades relacionadas à qualidade dos dados, à ética e à interpretabilidade das ferramentas ainda precisem ser superados, os modelos híbridos e a inteligência artificial representam um avanço necessário para a prevenção primária de doenças cardiovasculares, tornando-se meios estratégicos para uma medicina mais precisa, personalizada para cada paciente e, acima de tudo, eficaz.

O uso de IA na área da saúde, nos últimos anos, mostrou uma capacidade promissora em analisar informações clínicas e imagens médicas, favorecendo um diagnóstico preciso e, de certa forma, voltado para a atenção primária e escores de risco (SANTANA, 2023). Entretanto, há de se ressaltar que essa ferramenta enfrenta múltiplos impasses, como a qualidade dos dados apresentados a ela e a confiabilidade excessiva da população em plataformas de IA, muitas vezes, paradoxalmente, equivocadas.

Dessa forma, é válido lembrar que a IA é uma ferramenta tecnológica que aprende usando padrões e interações com o usuário. Assim, todos os dados que são fornecidos a ela devem apresentar a veracidade que realmente possu-

em. Qualquer erro de digitação, qualquer diagnóstico mal formulado, qualquer sintoma mal descrito pode levar a IA a uma linha de raciocínio diferente do verdadeiro diagnóstico ou a um plano de tratamento totalmente ineficaz.

Além disso, outra barreira para a atenção primária é o uso indevido de inteligência artificial por parte populacional, confiando inteiramente e cegamente nessa tecnologia, criando uma barreira ainda maior na relação médico-paciente, devido ao crescimento do pensamento que o médico e toda a área da saúde se tornam dispensáveis e obsoletos. Assim, muitas vezes, o paciente procura atendimento médico apenas quando está em condições críticas, por exemplo, em casos de alto risco cardiovascular em que apenas procedimentos invasivos possam resolver. Essa atitude impede a atuação proativa da atenção primária e compromete o cuidado preventivo em escores de risco.

Ademais, como essa área ainda é “uma terra sem lei”, as questões regulatórias envolvendo a IA se entrelaçam intimamente com as questões éticas já relatadas, uma vez que dependem da moral do médico e da confiabilidade do paciente para que, enfim, sejam criadas leis eficazes e abrangentes que dirijam a atenção primária utilizando a IA no Brasil. Logo, torna-se lógica a necessidade de implementação de medidas regulatórias, como padronização de algoritmos e responsabilidade legal do médico e do paciente, os quais são ambos responsáveis pela formação do diagnóstico correto. Aliás, numa consulta, há dois especialistas, um especialista na doença e outro especialista nele mesmo.

Destarte, as grandes possibilidades de cuidados preventivos relacionados ao bem-estar de pacientes com alto risco cardiovascular que essa inovadora ferramenta computacional traz consigo podem ser ofuscadas e cegadas pelos obstáculos éticos, regulatórios e logísticos. Tais

obstáculos devem ser superados para uma evolução adaptativa da Medicina no contexto tecnológico vivenciado em pleno século XIX, o que propiciará uma saúde mais democratizada, precisa e veloz, beneficiando toda uma população, inclusive aqueles que sofrem dentro da cardiologia (COSTA *et al.*, 2025).

CONCLUSÃO

A prevenção primária em pacientes de alto risco cardiovascular constitui uma das estratégias mais relevantes para a redução da morbimortalidade associada às doenças cardiovasculares, que seguem como as principais causas de morte no cenário global. Nesse contexto, a utilização de escores de risco tradicionais, como o de Framingham, SCORE2 e *Life's Essential 8*, oferece subsídios fundamentais para a estratificação clínica, permitindo a identificação precoce de indivíduos com maior vulnerabilidade a eventos ateroscleróticos.

A incorporação da IA aos métodos de predição representa um avanço significativo, ampliando a acurácia diagnóstica e a capacidade de personalização terapêutica. Modelos baseados em algoritmos de *machine learning* e em análise de grandes bases de dados clínicos e genômicos têm demonstrado potencial para aprimorar a tomada de decisão médica, reduzindo vieses, antecipando riscos e viabilizando intervenções direcionadas.

Todavia, sua implementação plena ainda exige a superação de desafios éticos, regulatórios, logísticos e de equidade no acesso, além da necessidade de validação contínua em diferentes populações e contextos clínicos. Assim, a integração entre escores de risco e inteligência artificial deve ser vista não como substitutiva, mas como complementar à avaliação médica tradicional, reforçando o papel da prevenção primária como pilar essencial da cardiologia moderna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHONG, B. *et al.* Carga global de doenças cardiovasculares: projeções de 2025 a 2050. *Revista Europeia de Cardiologia Preventiva*, v. 32, p. 1001, 2024. doi: 10.1093/eurjpc/zwae281.
- COSTA, E.G. *et al.* Desafios e perspectivas da educação em saúde na atenção primária: uma revisão de escopo. *Revista REASE*, v. 16, 2025.
- GOFF, D.C. & LLOYD-JONES, D.M. The pooled cohort risk equations: black risk matters. *JAMA Cardiology*, v. 1, p. 12, 2016. doi: 10.1001/jamacardio.2015.0323.
- HAGEMAN, S. *et al.* SCORE2 risk prediction algorithms: new models to estimate 10-year risk of cardiovascular disease in Europe. *European Heart Journal*, v. 42, p. 2439, 2021. doi: 10.1093/eurheartj/ehab309.
- IRANNEJADM, K. *et al.* Artificial intelligence in coronary CT angiography: transforming the diagnosis and risk stratification of atherosclerosis. *International Journal of Cardiovascular Imaging*, v. 41, p. 1643, 2025. doi: 10.1007/s10554-025-03440-8.
- LAPID, N. Health Rounds: AI expands usefulness of common heart test. Reuters, 18 jul. 2025. Disponível em: <https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/health-rounds-ai-expands-usefulness-common-heart-test-2025-07-18/>. Acesso em: 3 set. 2025.
- LAYTON, A.T. AI, machine learning, and ChatGPT in hypertension. *Hypertension*, v. 81, p. 709, 2024. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.124.19468.
- LIU, T. *et al.* Opportunities and challenges of cardiovascular disease risk prediction for primary prevention using machine learning and electronic health records: a systematic review. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, v. 26, p. 37443, 2025. doi: 10.31083/RCM37443.
- LÓPEZ-BUENO, R. *et al.* Global prevalence of cardiovascular risk factors based on the Life's Essential 8 score: an overview of systematic reviews and meta-analysis. *Cardiovascular Research*, v. 120, p. 13, 2023. doi: 10.1093/cvr/cvad176.
- MARTIN, S.S. *et al.* Estatísticas de doenças cardíacas e AVC de 2025: um relatório de dados globais e dos EUA da Associação Americana do Coração. *Circulation*, v. 151, e41, 2025. doi: 10.1161/CIR.0000000000001303.
- MCKIE, R. Groundbreaking AI heart attack scans could soon be rolled out across UK. *The Guardian*, 8 jun. 2024. Disponível em: <https://www.theguardian.com/science/article/2024/jun/08/groundbreaking-ai-heart-attack-scans-could-soon-be-rolled-out-across-uk>. Acesso em: 03 set. 2025.
- MENEZES-JÚNIOR, L.A.A. *et al.* Framingham score adapted: a valid alternative for estimating cardiovascular risk in epidemiological studies. *BMC Cardiovascular Disorders*, v. 25, p. 187, 2025. doi: 10.1186/s12872-025-04579-x.
- O'SULLIVAN, J. *et al.* Pontuações de risco poligênico para doenças cardiovasculares: uma declaração científica da Associação Americana do Coração. *Circulation*, v. 146, e93, 2022. doi: 10.1161/CIR.0000000000001077.
- PEZEL, T. *et al.* A machine learning model using cardiac CT and MRI data predicts cardiovascular events in obstructive coronary artery disease. *Radiology*, v. 314, 2025. doi: 10.1148/radiol.233030.
- RAO, S. *et al.* A transformer-based survival model for prediction of all-cause mortality in heart failure patients: a multi-cohort study. *arXiv*, 2025. doi: 10.48550/arXiv.2503.12317.
- SANTANA, M.V. Desafios éticos, regulatórios e logísticos envolvendo a prevenção primária em pacientes de alto risco cardiovascular: Integração de IA e escore de risco. *Revista REASE*, v. 13, 2023.
- SAU, A. *et al.* Artificial intelligence-enabled electrocardiogram for mortality and cardiovascular risk estimation: a model development and validation study. *The Lancet Digital Health*, v. 6, e791, 2024.
- VICTOR, G. *et al.* The global burden of cardiovascular disease in adults: a mapping review. *The Journal of Cardiovascular Nursing*, 2025. doi: 10.1097/JCN.0000000000001200.
- VILLALONGA-VIVONI, C. How a CT hospital is using AI and mammograms to reveal heart risks. *CT Insider*, 2 aug. 2025. Disponível em: <https://www.ctinsider.com/connecticut/article/ai-in-mammograms-breast-heart-health-stamford-20778313.php>. Acesso em: 3 set. 2025.