Revista Eletrônica
Acervo Saúde
Electronic Journal Collection Health ISSN 2178-2091

Inteligência artificial no diagnóstico pré-natal de cardiopatias congênitas

Artificial intelligence in the prenatal diagnosis of congenital heart defects

Inteligencia artificial en el diagnóstico prenatal de cardiopatías congénitas

Hemilly Dias Figueira[1], Amanda da Silva Freitas[1], Alice Andrade Leão[1], Arthur Cabral Pereira Ornelas[1], Barbara Livia Santos de Araújo[1], Giovanna Paula Silva de Queiroz[1], Jeferson Noslen Casarin[1], Iracema Sousa Santos Mourão[1], Larissa Beatriz Silva Simielli[1], Cristiane Santos Silva e Silva Figueiredo[1].

RESUMO

Objetivo: Analisar o potencial da inteligência artificial como ferramenta de apoio ao diagnóstico precoce de cardiopatias congênitas durante o pré-natal. **Métodos:** Revisão integrativa, qualitativa e descritiva, realizada nas bases PubMed, SciELO, LILACS e Google Acadêmico. Utilizaram-se os descritores “cardiopatias congênitas”, “diagnóstico precoce”, “diagnóstico pré-natal” e “inteligência artificial”, combinados por AND e OR. Foram identificados 214 estudos, dos quais 25 compuseram a amostra final. Incluíram-se artigos publicados entre 2015 e 2026, em português e inglês, sobre inteligência artificial aplicada à ultrassonografia obstétrica e ecocardiografia fetal. **Resultados:** Técnicas de aprendizado de máquina e aprendizado profundo, especialmente Redes Neurais Convolucionais, apresentaram elevada capacidade para detectar alterações cardíacas fetais, aumentar a sensibilidade diagnóstica, reduzir a variabilidade interobservador e padronizar a interpretação das imagens. Também foram observadas melhorias na qualidade das imagens e na triagem pré-natal, sobretudo em regiões com escassez de especialistas. Persistem limitações relacionadas à validação externa, heterogeneidade dos algoritmos e dependência da qualidade das imagens. **Considerações finais:** A inteligência artificial mostra-se promissora para fortalecer o diagnóstico pré-natal das cardiopatias congênitas, embora sua incorporação clínica dependa de padronização metodológica e validação robusta dos algoritmos.

Palavras-chave: Cardiopatias congênitas, Inteligência artificial, Diagnóstico pré-natal, Ecocardiografia fetal, Ultrassonografia pré-natal.

ABSTRACT

Objective: To analyze the potential of artificial intelligence as a support tool for the early prenatal diagnosis of congenital heart defects. **Methods:** This qualitative and descriptive integrative review was conducted in PubMed, SciELO, LILACS, and Google Scholar. The descriptors “congenital heart defects,” “early diagnosis,” “prenatal diagnosis,” and “artificial intelligence” were combined using AND and OR. A total of 214 studies were identified, of which 25 comprised the final sample. Articles published between 2015 and 2026, in Portuguese and English, addressing artificial intelligence applied to obstetric ultrasound and fetal

[1] Universidade Ceuma (UNICEUMA), Imperatriz – MA.

SUBMETIDO EM: 5/2026 | **ACEITO EM: 6/2026** | **PUBLICADO EM: 10/2026**

echocardiography were included. **Results:** Machine learning and deep learning techniques, especially Convolutional Neural Networks, showed high ability to detect fetal cardiac abnormalities, increase diagnostic sensitivity, reduce interobserver variability, and standardize image interpretation. Improvements in image quality and prenatal screening were also reported, particularly in regions with limited access to specialists. Limitations remain regarding external validation, algorithm heterogeneity, and dependence on image quality. **Final considerations:** Artificial intelligence is a promising strategy to strengthen prenatal diagnosis of congenital heart defects, although its clinical implementation still depends on methodological standardization and robust validation of algorithms.

Keywords: Congenital heart disease, Artificial intelligence, Prenatal diagnosis, Fetal echocardiography, Prenatal ultrasound.

RESUMEN

Objetivo: Analizar el potencial de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo para el diagnóstico prenatal de las cardiopatías congénitas. **Métodos:** Se realizó una revisión integradora, cualitativa y descriptiva, en PubMed, SciELO, LILACS y Google Académico. Se utilizaron los descriptores “cardiopatías congénitas”, “diagnóstico precoz”, “diagnóstico prenatal” e “inteligencia artificial”, combinados mediante AND y OR. Se identificaron 214 estudios, de los cuales 25 integraron la muestra final. Se incluyeron artículos publicados entre 2015 y 2026, en portugués e inglés, sobre inteligencia artificial aplicada a la ultrasonografía obstétrica y ecocardiografía fetal. **Resultados:** Las técnicas de aprendizaje automático y aprendizaje profundo, especialmente las Redes Neuronales Convolucionales, mostraron elevada capacidad para detectar alteraciones cardíacas fetales, aumentar la sensibilidad diagnóstica, reducir la variabilidad interobservador y estandarizar la interpretación de imágenes. También se observaron mejoras en la calidad de las imágenes y en el cribado prenatal, especialmente en regiones con escasez de especialistas. Persisten limitaciones relacionadas con la validación externa, la heterogeneidad de los algoritmos y la calidad de las imágenes. **Consideraciones finales:** La inteligencia artificial se muestra prometedora para fortalecer el diagnóstico prenatal de las cardiopatías congénitas, aunque su incorporación clínica depende de la estandarización metodológica y de la validación de los algoritmos.

Palabras clave: Cardiopatía congénita, Inteligencia artificial, Diagnóstico prenatal, Ecocardiografía fetal, Ecografía prenatal.

INTRODUÇÃO

As Cardiopatias Congênitas (CC) correspondem as alterações estruturais do coração e/ou dos grandes vasos presentes ao nascimento, decorrentes de falhas no desenvolvimento embriofetal do sistema cardiovascular. Essas alterações representam importantes causas de comprometimento clínico neonatal, podendo evoluir de forma progressiva, tanto sintomática quanto assintomática, e impactar diretamente os índices de morbimortalidade infantil (RIVERA IR, et al., 2007; AQUINO TC, et al., 2020; SOARES AM, 2021). Sua etiologia é multifatorial, envolvendo fatores genéticos, ambientais, exposição a drogas lícitas e ilícitas, além de patologias adquiridas durante a gestação, especialmente no período crítico da organogênese cardíaca, que ocorre até a oitava semana gestacional. Nesse contexto, as malformações cardíacas configuram-se como falhas estruturais de elevada relevância clínica, sendo responsáveis por parcela significativa das mortes neonatais e importantes repercussões hemodinâmicas e funcionais ao longo da vida (CESARIO MSA, et al., 2020). Além disso, devido à complexidade anatômica e fisiopatológica dessas alterações, o diagnóstico precoce torna-se essencial para reduzir complicações e ampliar as possibilidades terapêuticas ainda no período neonatal.

A relevância clínica das cardiopatias congênitas também pode ser observada em sua expressiva incidência mundial e no impacto epidemiológico associado à mortalidade infantil. Estudos demonstram variações entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, com prevalência estimada em

aproximadamente 0,8% e 1,2%, respectivamente (CAPPELLESSO V R e AGUIAR AP, 2017). No Brasil, estima-se a ocorrência de um caso para cada 100 nascidos vivos, sendo a segunda principal causa de morte em menores de um ano, segundo dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde (BRASIL, 2023). Além disso, evidências provenientes de estudos epidemiológicos nacionais reforçam a importância do diagnóstico precoce das cardiopatias congênitas e do fortalecimento das estratégias de rastreamento durante o período pré-natal (BARROS et al., 2023). Apesar disso, parte significativa dos casos ainda permanece sem diagnóstico no período neonatal imediato. Segundo Silva LDC (2018), aproximadamente 30% dos recém-nascidos recebem alta hospitalar sem a identificação adequada da cardiopatia, o que evidencia fragilidades importantes nos sistemas de rastreamento e triagem pré-natal. Esse cenário também é observado na análise dos registros nacionais de cardiopatias congênitas em crianças menores de um ano, os quais demonstram a persistência dessas malformações e reforçam a necessidade de aprimorar sua identificação e acompanhamento no contexto brasileiro (DE OLIVEIRA SILVA MM, et al., 2022). Diante desse cenário, os exames de imagem consolidaram-se como ferramentas fundamentais para o diagnóstico pré-natal dessa condição, especialmente a ultrassonografia morfológica e a ecocardiografia fetal. A ultrassonografia obstétrica apresenta ampla aplicabilidade clínica por possibilitar avaliação não invasiva do desenvolvimento fetal e identificação precoce de alterações estruturais. (COMITÊ DE BOLETINS DE PRÁTICA - OBSTETRÍCIA; INSTITUTO AMERICANO DE ULTRASSOM EM MEDICINA, 2016).

Com o avanço tecnológico dos métodos tridimensionais (3D) e quatro-dimensionais (4D), houve ampliação da resolução anatômica das imagens, favorecendo a detecção de malformações complexas e a avaliação mais detalhada da anatomia cardíaca fetal. (ANDRADE BC, et al., 2024). Paralelamente, a ecocardiografia fetal promoveu uma importante transformação ao permitir a análise anatômica e funcional do coração ainda durante a vida intrauterina. Esse exame possibilitou maior sensibilidade diagnóstica para alterações morfológicas e fisiológicas, incluindo cardiopatias complexas, contribuindo diretamente para melhores desfechos neonatais. (BERTHOLDI EC, et al., 2025).

Entretanto, apesar dos avanços tecnológicos observados nas últimas décadas, o diagnóstico pré-natal das cardiopatias congênitas ainda enfrenta limitações relevantes na prática clínica. A acurácia diagnóstica permanece fortemente dependente da experiência do examinador, da qualidade técnica dos equipamentos e do treinamento especializado dos profissionais envolvidos na realização dos exames. Além disso, fatores como posição fetal, idade gestacional, obesidade materna e qualidade da janela acústica podem interferir diretamente na obtenção de imagens adequadas e comprometer a identificação de alterações cardíacas sutis. Soma-se a isso a desigualdade no acesso a serviços especializados, particularmente em regiões com menor infraestrutura em saúde, dificultando a realização de exames de alta complexidade e o encaminhamento precoce para centros de referência. Essas limitações contribuem significativamente para falhas na triagem fetal e atrasos diagnósticos, refletindo diretamente no prognóstico neonatal. (DA SILVA SANTOS AD, et al., 2023).

Diante dessas limitações, os avanços recentes da inteligência artificial (IA) vêm promovendo transformações significativas na análise de imagens médicas e na medicina fetal. A aplicação da IA em exames ultrassonográficos e ecocardiográficos tem demonstrado elevado potencial para fortalecer a avaliação diagnóstica das cardiopatias congênitas por meio da automatização de processos, reconhecimento de padrões anatômicos complexos e auxílio à tomada de decisão clínica (CAO Y, et al., 2025). A inteligência artificial pode ser definida como um conjunto de sistemas computacionais capazes de executar tarefas associadas à inteligência humana, incluindo reconhecimento de padrões, compreensão de linguagem, aprendizagem e resolução de problemas (DEY D, et al., 2019). Nesse contexto, a inteligência artificial vem ampliando sua aplicação na área da saúde, sendo incorporada a diferentes contextos assistenciais e diagnósticos, o que evidencia seu potencial para apoiar e otimizar os processos clínicos (HOSNY A, et al., 2018).

Entre os principais ramos da IA aplicados à área médica destaca-se a aprendizagem de máquina (Machine Learning – ML), tecnologia que permite aos sistemas aprenderem a partir de grandes volumes de

dados sem necessidade de programação explícita para cada tarefa executada (DEY D, et al., 2019; KRITTANAWONG C, et al., 2017). A aprendizagem de máquina pode ser categorizada em aprendizagem supervisionada, não supervisionada e por reforço (AMERICAN INSTITUTE OF ULTRASOUND IN MEDICINE, 2020). Na aprendizagem supervisionada, os algoritmos utilizam conjuntos de dados previamente rotulados para previsão de resultados e classificação diagnóstica, sendo amplamente empregados em tarefas de regressão e identificação automatizada de alterações cardíacas fetais (WANG SY et al., 2020). Entre os principais modelos utilizados destacam-se as Redes Neurais Artificiais (RNA), as Máquinas de Vetores de Suporte (SVM) e as árvores de decisão (OIKONOMOU EK, et al., 2020).

As RNA e as SVM apresentam elevada capacidade de processamento de dados complexos e de alta dimensionalidade, permitindo maior precisão diagnóstica na interpretação de imagens médicas. Inspiradas na organização do cérebro humano, as Redes Neurais Artificiais são compostas por múltiplas camadas de neurônios artificiais capazes de reconhecer padrões complexos e estabelecer relações entre grandes volumes de informações clínicas e anatômicas (HABERER K, et al., 2022). Modelos como Redes Neurais Convolucionais (CNN), Redes Neurais Recorrentes (RNN) e Redes Neurais Profundas (DNN) vêm sendo amplamente empregados na análise de imagens ultrassonográficas fetais, permitindo segmentação automatizada de estruturas cardíacas, classificação de padrões anatômicos e detecção precoce de anomalias cardíacas fetais.

Além disso, algoritmos inteligentes têm demonstrado potencial na otimização da qualidade das imagens ultrassonográficas, reduzindo artefatos, melhorando a resolução anatômica e ampliando a padronização diagnóstica. Nesse contexto, a incorporação da inteligência artificial à medicina fetal surge como uma estratégia promissora para reduzir a subjetividade interpretativa dos exames, minimizar falhas relacionadas à variabilidade do examinador e ampliar a precisão diagnóstica, especialmente em regiões com escassez de profissionais especializados (LOBO LC, et al., 2018). Xiao S, et al. (2023) destacam que a integração da IA representa uma alternativa potencial para suprir a crescente demanda por triagem pré-natal de cardiopatias congênitas frente às limitações estruturais e de recursos humanos observadas em diversos serviços de saúde. Adicionalmente, avanços recentes demonstram que algoritmos de IA podem auxiliar na otimização da aquisição de imagens, identificação automatizada de estruturas cardíacas fetais e aprimoramento da capacidade diagnóstica dos exames ultrassonográficos (GHORBANI A, et al., 2020).

Dessa forma, diante das limitações ainda presentes na triagem pré-natal das cardiopatias congênitas, a inteligência artificial apresenta-se como uma ferramenta promissora para ampliar a sensibilidade diagnóstica e favorecer a detecção precoce de alterações cardíacas fetais. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, o potencial da inteligência artificial como ferramenta de apoio ao diagnóstico precoce de cardiopatias congênitas durante o pré-natal.

MÉTODOS

O presente estudo consistiu em uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e descritiva. A seleção dos artigos ocorreu a partir das seguintes bases de dados: *National Library of Medicine (PubMed*), Google Acadêmico (Google Scholar), *Scientific Electronic Library Online (SciELO*) e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs). A estratégia de busca foi elaborada a partir dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH): *"cardiopatias congênitas"*, *"diagnóstico precoce"*, *"Diagnóstico pré-natal"* e *"inteligência artificial"*, os quais foram utilizados de forma isolada ou combinados com operadores booleanos ("AND", "OR"), com o objetivo de otimizar a recuperação dos estudos.

A extração das informações contemplou: autoria, ano de publicação, país de realização, delineamento do estudo, tipo de exame de imagem utilizado (como ultrassonografia obstétrica e ecocardiografia fetal), aplicação específica da inteligência artificial (como classificação, segmentação ou detecção automatizada), população avaliada, objetivo do algoritmo proposto, bem como as métricas de desempenho empregadas, incluindo acurácia, sensibilidade e especificidade.

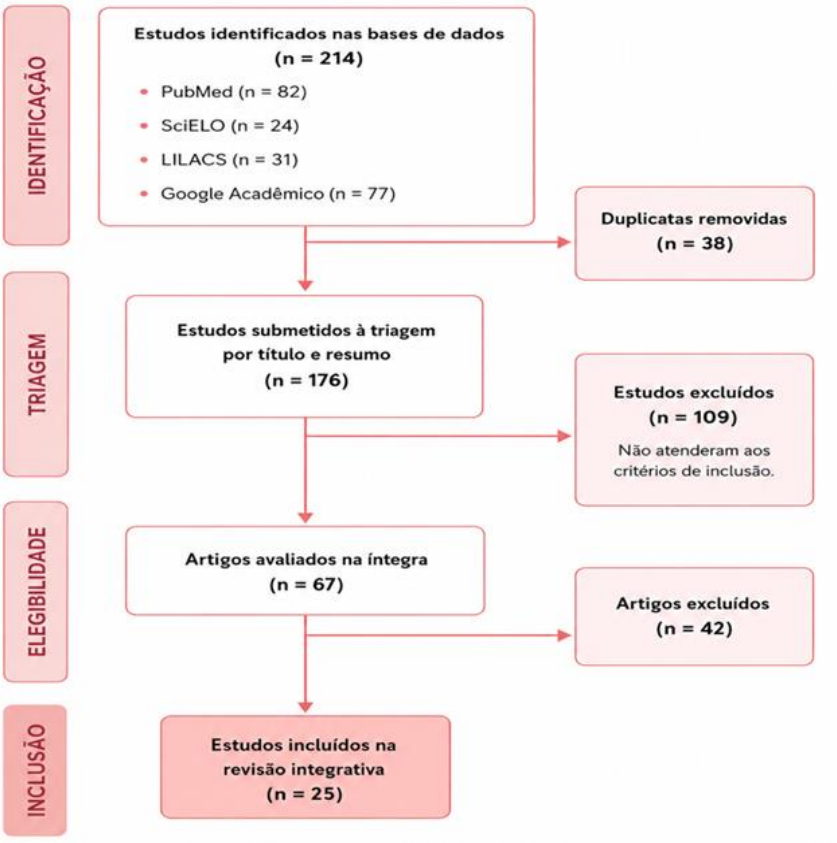
Foram estabelecidos como critérios de inclusão: artigos científicos originais, revisões sistemáticas e estudos de validação de algoritmos publicados entre 2015 e 2026, nos idiomas português e inglês, que abordassem a aplicação da inteligência artificial no diagnóstico pré-natal, especialmente em exames baseados em ultrassonografia obstétrica e ecocardiografia fetal. Optou-se por priorizar artigos científicos revisados por pares, considerando seu maior rigor metodológico e relevância científica.

Além disso, foram analisadas as principais limitações metodológicas dos estudos incluídos, considerando aspectos como tamanho amostral, vieses e generalização resultados. Posteriormente, procedeu-se à análise qualitativa e descritiva dos dados, com a finalidade de identificar avanços relevantes na detecção precoce de cardiopatias congênitas, bem como seu impacto na prática clínica pré-natal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das buscas nas bases PubMed, SciELO, LILACS e Google Acadêmico, foram identificados inicialmente 214 estudos. Após a remoção de 38 duplicatas, 176 publicações foram submetidas à triagem por título e resumo. Destas, 109 foram excluídas por não atenderem aos critérios de inclusão. Em seguida, 67 artigos foram avaliados na íntegra, sendo excluídos 42 por não abordarem diretamente a aplicação da inteligência artificial no diagnóstico pré-natal de cardiopatias congênitas. Ao final, 25 estudos compuseram a amostra desta revisão integrativa, esquematizados no fluxograma da **Figura 1**.

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos estudos incluídos na revisão integrativa.



Fonte: Figueira HD, et al., 2026.

O **Quadro 1** apresenta, de forma resumida, os estudos mais representativos incluídos na amostra final, contendo informações sobre autor/ano, país, tipo de estudo, exame/imagem, aplicação da inteligência artificial, métricas avaliadas e principais achados.

Quadro 1 - Artigos selecionados para esta revisão integrativa

Autor/ Ano	País	Tipo de estudo	Exame/Imagem	Aplicação da IA	Métricas avaliadas	Principais achados
XIAO S, et al., 2023	China	Estudo observacional retrospectivo	Ultrassonografia/ecocardiografia fetal	Detecção e classificação automatizada	Acurácia, sensibilidade e especificidade	A IA demonstrou potencial para auxiliar na triagem pré-natal de cardiopatias congênitas
CAO Y, et al., 2025	China	Estudo multicêntrico	Ecocardiografia fetal	Reconhecimento de padrões anatômicos	AUC, acurácia	Elevada capacidade de detecção de alterações cardíacas fetais
WANG SY, et al., 2020	China	Estudo experimental	Ultrassonografia fetal	Classificação supervisionada	Sensibilidade, especificidade	Algoritmos supervisionados apresentaram alta precisão diagnóstica
LU Y, et al., 2024	China	Estudo de validação	Ultrassonografia fetal	Deep Learning (CNN/RNN/DNN)	AUC, sensibilidade	Modelos de aprendizado profundo apresentaram desempenho superior na identificação de anomalias
SACHDEVA R, et al., 2024	Índia	Estudo experimental	Banco de imagens fetais	Aprendizagem não supervisionada	Clusterização e validação	Identificação automatizada de padrões ocultos em imagens cardíacas fetais

Fonte: Figueira HD, et al., 2026.

Conforme apresentado no **Quadro 1**, os estudos analisados demonstraram ampla aplicação da inteligência artificial na análise de imagens fetais, especialmente em exames de ultrassonografia obstétrica e ecocardiografia fetal. Observou-se pelos artigos analisados, que houve a predominância de modelos baseados em aprendizado de máquina e aprendizado profundo voltados à classificação automatizada, segmentação anatômica e reconhecimento de padrões cardíacos fetais. De modo geral, os estudos incluídos relataram elevados valores de acurácia, sensibilidade, especificidade e área sob a curva ROC (AUC), métricas amplamente utilizadas para avaliação do desempenho diagnóstico de algoritmos aplicados à análise de imagens médicas.

Lu Y, et al. (2024); Cao Y, et al. (2025) e Wang SY, et al. (2020) demonstraram resultados expressivos na identificação automatizada de alterações cardíacas fetais, indicando elevada capacidade dos modelos em reconhecer corretamente anomalias estruturais e reduzir resultados falso-positivos e falso-negativos.

Entre as tecnologias mais empregadas nos estudos analisados, destacaram-se as Redes Neurais Convolucionais (CNN), os modelos de Deep Learning e técnicas de Machine Learning aplicadas à identificação automatizada de estruturas cardíacas fetais e análise de planos ultrassonográficos. De forma semelhante, Wang SY, et al. (2020) observaram alta precisão na classificação supervisionada de alterações cardíacas fetais, enquanto Haberer K et al. (2022) ressaltaram a eficiência das redes neurais artificiais na interpretação de imagens médicas complexas. Além disso, Oikonomou EK, et al. (2020) destacaram o potencial de algoritmos baseados em Support Vector Machine (SVM) e árvores de decisão como ferramentas de apoio clínico automatizado.

Os achados também indicaram potencial da inteligência artificial para redução da variabilidade interobservador e fortalecimento da triagem pré-natal. Xiao S et al. (2023) destacaram que os algoritmos podem atuar como ferramentas complementares à avaliação médica, auxiliando profissionais menos experientes na identificação de alterações sutis durante o pré-natal. De maneira complementar, Ghorbani A, et al. (2020) observaram melhora na avaliação das imagens cardíacas fetais e otimização do processo diagnóstico por meio da análise automatizada.

Já Sachdeva R, et al. (2024) demonstraram que modelos de aprendizagem não supervisionada foram capazes de identificar padrões ocultos em bancos de imagens fetais, ampliando as possibilidades de detecção precoce das cardiopatias congênitas. Esses resultados possuem importante relevância clínica, especialmente em regiões com acesso limitado a especialistas em medicina fetal, nas quais a escassez de profissionais qualificados pode comprometer o diagnóstico precoce e o encaminhamento adequado das gestantes de alto risco.

Esses resultados são corroborados por Pinheiro DO, et al. (2019), que demonstraram desempenho diagnóstico superior da ecocardiografia fetal em relação à ultrassonografia obstétrica e à ultrassonografia morfológica, evidenciando a influência do método na detecção de imagem.

Entretanto, apesar dos resultados promissores, os achados devem ser interpretados com cautela devido às importantes limitações metodológicas identificadas nos estudos incluídos. Xiao S et al. (2023) e Wang SY, et al. (2020) utilizaram bancos de imagens provenientes de centros especializados e amostras relativamente restritas, condição que pode aumentar o risco de viés algorítmico e limitar a representatividade populacional. A adequada indicação da ecocardiografia neonatal também representa etapa fundamental para confirmação diagnóstica e planejamento terapêutico dos recém-nascidos acometidos (SILVA MT, et al., 2024). Contudo, muitos estudos foram conduzidos em condições ideais de aquisição ultrassonográfica, cenário que nem sempre corresponde à realidade clínica observada em serviços com limitações estruturais e tecnológicas, especialmente em países em desenvolvimento.

Outro aspecto crítico refere-se à ausência de validação externa robusta dos algoritmos desenvolvidos. Modelos baseados em redes neurais artificiais, aprendizagem não supervisionada e sistemas automatizados de apoio à decisão clínica, como os descritos por Haberer K, et al. (2022); Sachdeva R, et al. (2024); Oikonomou EK (2020), apresentaram resultados relevantes relacionados à precisão diagnóstica, desempenho computacional e identificação automatizada de padrões cardíacos fetais durante as etapas de treinamento e validação interna. Entretanto, poucos estudos avaliaram a reprodutibilidade desses sistemas em populações distintas ou em cenários multicêntricos, limitando a capacidade de generalização clínica dos algoritmos e dificultando sua incorporação segura à prática assistencial.

Além disso, observou-se significativa heterogeneidade metodológica entre os estudos analisados. Ghorbani A, et al. (2020) e Dey D, et al. (2019) destacaram diferenças importantes relacionadas aos modelos computacionais empregados, critérios de seleção das imagens e métricas utilizadas para avaliação diagnóstica. Essa variabilidade metodológica dificulta comparações diretas entre os resultados encontrados e limita a definição de parâmetros padronizados para aplicação clínica da inteligência artificial na medicina fetal.

A dependência da qualidade da imagem ultrassonográfica também se destacou como importante fator limitante para o adequado funcionamento dos sistemas de inteligência artificial. Fatores como obesidade materna, posição fetal inadequada, movimentação fetal e limitação da janela acústica podem comprometer significativamente a qualidade das imagens obtidas e reduzir a confiabilidade diagnóstica dos algoritmos. Nesse contexto, Lu Y, et al. (2024); Cao Y, et al. (2025) demonstraram que modelos de *Deep Learning* apresentaram melhor desempenho em imagens com maior padronização técnica, evidenciando a influência direta da qualidade ultrassonográfica sobre a performance dos sistemas automatizados.

A aplicabilidade da inteligência artificial no contexto brasileiro representa outro ponto crítico relevante. Embora os avanços descritos por Behera SK, et al. (2022) e Xiao S, et al. (2023) demonstrem potencial para fortalecimento da triagem pré-natal, sua implementação prática ainda enfrenta desafios relacionados à infraestrutura tecnológica, disponibilidade de equipamentos adequados e integração entre sistemas digitais de saúde**.** Esse achado também é corroborado por Silva GG, et al. (2024), que destacam que a inteligência artificial pode otimizar o fluxo de trabalho nos serviços de saúde, reduzindo potenciais falhas ao longo do processo diagnóstico e contribuindo para maior eficiência assistencial. Entretanto, a desigualdade no acesso à medicina fetal especializada no Brasil pode limitar a utilização dessas ferramentas, sobretudo em regiões com menor disponibilidade tecnológica e escassez de profissionais capacitados.

Outro fator importante refere-se à necessidade de capacitação profissional para utilização e interpretação adequada dos algoritmos de inteligência artificial. A incorporação dessas tecnologias à prática clínica exige não apenas treinamento técnico, mas também compreensão crítica das limitações e possibilidades dos sistemas automatizados. Paralelamente, Dey D, et al. (2019) ressaltaram que questões éticas relacionadas ao uso de dados, privacidade das informações dos pacientes e responsabilidade clínica diante de possíveis falhas diagnósticas ainda representam desafios relevantes para implementação segura da IA nos serviços de saúde.

Dessa forma, embora a inteligência artificial demonstre elevado potencial para auxiliar no diagnóstico pré-natal das cardiopatias congênitas, sua consolidação na prática clínica ainda depende de validações externas robustas, padronização metodológica e desenvolvimento de estudos multicêntricos com populações mais representativas. Assim, os achados desta revisão sugerem que a IA pode atuar como importante ferramenta complementar na medicina fetal, contribuindo para ampliação da precisão diagnóstica, redução de falhas de triagem e fortalecimento da assistência pré-natal especializada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão evidenciou que a inteligência artificial possui elevado potencial como ferramenta complementar no diagnóstico pré-natal de cardiopatias congênitas, especialmente por meio da análise automatizada de imagens ultrassonográficas e ecocardiográficas fetais, com destaque para técnicas de aprendizado de máquina e aprendizado profundo, como as Redes Neurais Convolucionais (CNN), que demonstraram resultados promissores na ampliação da sensibilidade diagnóstica, padronização da interpretação das imagens e redução da variabilidade a partir da observação do profissional da área. Os achados indicam ainda que a IA pode fortalecer as estratégias de triagem pré-natal, favorecer a detecção precoce de alterações cardíacas fetais e otimizar o encaminhamento para centros especializados, sobretudo em contextos com limitação de especialistas. Entretanto, persistem limitações metodológicas relevantes, como amostras reduzidas, ausência de validação externa robusta, heterogeneidade dos modelos computacionais e dependência da qualidade das imagens analisadas, fatores que restringem a generalização clínica dos resultados. Além disso, no contexto brasileiro, desafios relacionados à infraestrutura tecnológica, capacitação profissional e integração dessas ferramentas aos fluxos diagnósticos do Sistema Único de Saúde (SUS) ainda dificultam sua implementação ampla. Assim, conclui-se que a inteligência artificial representa uma estratégia inovadora e promissora para o fortalecimento do diagnóstico precoce das cardiopatias congênitas, podendo contribuir significativamente para maior precisão diagnóstica, redução de falhas na triagem fetal e melhoria da assistência perinatal, embora sua incorporação segura e efetiva dependa de maior validação clínica e padronização metodológica.

REFERÊNCIAS

1. AMERICAN INSTITUTE OF ULTRASOUND IN MEDICINE. AIUM Practice Parameter for the Performance of Fetal Echocardiography. Journal of Ultrasound in Medicine. 2020; 39(1): E5-E16.
2. ANDRADE BC, et al. O papel do ultrassom na medicina fetal e na avaliação do trabalho de parto. Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences. 2024; 6(11): 3594-3608.
3. BARROS EB, et al. Perfil epidemiológico de nascidos vivos com cardiopatia congênita nas regiões brasileiras. Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences. 2023; 5(5): 2316-2328.
4. BEHERA SK, et al. Impact of Fetal Echocardiography Comprehensiveness on Diagnostic Accuracy. Journal of the American Society of Echocardiography. 2022; 35(7): 752-761.e11.
5. BERTHOLDI EC, et al. Diagnóstico precoce de cardiopatias congênitas críticas: o papel do ecocardiograma fetal e neonatal. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. 2025; 11(7): 3172-3186.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Saúde Brasil 2022: uma análise da situação de saúde e uma visão integrada sobre os fatores de risco para anomalias congênitas. Brasília: Ministério da Saúde; 2023.

7. CAO Y, ZHONG X, MA X, LI J, HUANG G. Utilization of artificial intelligence in echocardiographic imaging for congenital heart disease: a narrative review. Pediatric Medicine. 2025; 8: 9.
8. CAPPELLESSO VR, AGUIAR AP. Cardiopatias congênitas em crianças e adolescentes: caracterização clínico-epidemiológica em um hospital infantil de Manaus-AM. O Mundo da Saúde. 2017; 41(2): 144-153.
9. CESARIO MSA, et al. Mães de crianças com cardiopatia congênita: dúvidas e estratégia de intervenção. Revista Eletrônica Acervo Saúde. 2020; 12(5): e2337.
10. COMITÊ DE BOLETINS DE PRÁTICA – OBSTETRÍCIA, INSTITUTO AMERICANO DE ULTRASSOM EM MEDICINA. Boletim de prática nº 175: ultrassom na gravidez. Obstetrics & Gynecology. 2016; 128(6): e241-e256.
11. DA SILVA SANTOS AD, et al. Perfil dos recém-nascidos com cardiopatia congênita em uma maternidade de alto risco do município de Aracaju. Caderno de Graduação – Ciências Biológicas e da Saúde – UNIT Sergipe. 2023; 1(3): 59-70.
12. DE AQUINO TC, et al. Aumento da sobrevida de pacientes com cardiopatias congênitas após assistência perinatal e neonatal adequada: relato de caso. Revista Eletrônica Acervo Saúde. 2020; 12(10): e4797.
13. DE OLIVEIRA SILVA MM, et al. Análise dos registros de cardiopatias congênitas em crianças menores de um ano no Brasil. Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia. 2022; 10(3): 1489-1499.
14. DEY D, et al. Artificial Intelligence in Cardiovascular Imaging: JACC State-of-the-Art Review. Journal of the American College of Cardiology. 2019; 73(11): 1317-1335.
15. GHORBANI A, et al. Echocardiogram interpretation using deep learning. NPJ Digital Medicine. 2020; 3:10.
16. HABERER K, et al. Accuracy of Fetal Echocardiography in Defining Anatomic Details: A Single-Institution Experience over a 12-Year Period. Journal of the American Society of Echocardiography. 2022; 35(7): 762-772.
17. HOSNY A, et al. Artificial intelligence in radiology. Nature Reviews Cancer. 2018; 18(8): 500-510.
18. KRITTANAWONG C, et al. Artificial intelligence in precision cardiovascular medicine. Journal of the American College of Cardiology. 2017; 69(21): 2657-2664.
19. LOBO LC. Inteligência artificial, o futuro da medicina e a educação médica. Revista Brasileira de Educação Médica. 2018; 42(3): 3-8.
20. LU Y, et al. Instance Segmentation Deep Neural Network Based on YOLOX for Cardiac Anatomical Structures in Fetal Ultrasound Images. IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics. 2024; 21: 1007-1018.
21. OIKONOMOU EK, et al. Artificial Intelligence in Medical Imaging: A Radiomic Guide to Precision Phenotyping of Cardiovascular Disease. Cardiovascular Research. 2020; 116(13): 2040-2054.
22. PINHEIRO DO, et al. Acurácia do diagnóstico pré-natal de cardiopatias congênitas. Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia. 2019; 41(1): 11-16.
23. RIVERA IR, et al. Cardiopatia congênita no recém-nascido: da solicitação do pediatra à avaliação do cardiologista. Arquivos Brasileiros de Cardiologia. 2007; 89: 6-10.
24. SACHDEVA R, et al. Novel Techniques in Imaging Congenital Heart Disease: JACC Scientific Statement. Journal of the American College of Cardiology. 2024; 83(1): 63-81.
25. SILVA GG, et al. Desafios do uso da inteligência artificial nos diagnósticos de saúde: uma revisão integrativa. Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário. 2024; 13: 11-18.
26. SILVA MT, et al. Fatores associados à indicação de ecocardiografia neonatal na investigação de cardiopatias congênitas. Revista Gaúcha de Enfermagem. 2024; 45: e20230170.
27. SOARES AM. Mortalidade em doenças cardíacas congênitas no Brasil: o que sabemos? Arquivos Brasileiros de Cardiologia. 2021; 115: 1174-1175.
28. WANG SY, et al. Big Data Requirements for Artificial Intelligence. Current Opinion in Ophthalmology. 2020; 31(5): 318-323.
29. XIAO S, et al. Application and progress of artificial intelligence in fetal ultrasound. Journal of Clinical Medicine. 2023; 12(9): 3298.