EDITORA PASTEUR

Oncologia e Hematologia

Edição X

Capítulo 3

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: APLICAÇÕES NO DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA

ALICE WEISS JUNG[1]
AMANDA SEUS PAZ[1]
FLÁVIA FACHINI MOREIRA[1]
GABRIELLE DE SOUZA CASTANHO[1]
IGOR GIROTTO[1]
INÁCIO KEHL[1]
JÚLIA CRESTANA RANGEL[1]
LUCAS MARIANO PINHEIRO[1]
LUÍSA MOSTARDEIRO TABAJARA FRANCHE[1]
PEDRO HENRIQUE PEREIRA PINTO[1]
RAFAELA JUNG KURTZ RODRIGUES[1]
SOLANA MELO[1]
THIAGO BONATTO ARLAQUE[1]
VALENTINA BORTOLAN ZANATTA[1]
VITOR CHAO CHUANG[1]

[1]*Discente - Medicina em Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS*

Palavras-Chave: *Câncer de Mama; Inteligência Artificial; Diagnóstico.*

DOI 10.59290/978-65-6029-191-1.3

INTRODUÇÃO

Câncer de Mama

O câncer de mama é a malignidade mais diagnosticada em mulheres no mundo e uma das principais causas de mortalidade feminina. De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde, em 2022, foram registrados mais de 2,3 milhões de casos novos de câncer de mama globalmente (WHO, 2024). No Brasil, o câncer de mama é a neoplasia maligna que apresenta maior incidência e maior mortalidade na população feminina, excetuando-se os tumores de pele não melanoma (INCA, jun. 2022). As taxas de incidência de câncer de mama estão aumentando progressivamente em países de médio e baixo desenvolvimento, como os da América do Sul, sendo esse aumento associado ao envelhecimento da população, às mudanças de estilo de vida e ao sobrediagnóstico relacionado à difusão do rastreamento com mamografia (INCA, 2022).

Embora a fisiopatologia do câncer de mama feminina ainda não seja completamente elucidada, sabe-se que diversos fatores de risco contribuem para o aumento da suscetibilidade a essa neoplasia. Esses fatores podem ser classificados como constitucionais, como idade avançada, histórico familiar de câncer de mama, e alterações genéticas hereditárias, como mutações genéticas, ou modificáveis, incluindo obesidade, sedentarismo, consumo excessivo de álcool, tabagismo e exposição prolongada a hormônios. Assim, a compreensão desses elementos é essencial para promover uma abordagem mais holística e eficaz na prevenção, diagnóstico precoce e tratamento do câncer de mama, permitindo intervenções personalizadas e estratégias de conscientização mais eficazes. (INCA, set. 2022)

Atualmente, a mamografia é o método de rastreio de escolha para detecção precoce de câncer de mama. Diversos estudos já mostraram que o rastreamento regular com mamografia em faixas etárias específicas pode reduzir a mortalidade por câncer de mama em até 20%. Dessa forma, acredita-se que o rastreamento proporciona um melhor prognóstico, com tratamento mais efetivo e menor morbidade associada. No Brasil, o Ministério da Saúde recomenda rastreamento mamográfico uma vez a cada dois anos para mulheres de 50 a 69 anos. (INCA, 2015)

Diversos avanços tecnológicos recentes, especialmente na análise de imagens mamográficas, têm revolucionado o rastreamento e a detecção do câncer de mama, aumentando a precisão e a eficiência dos diagnósticos. Entre essas inovações, a inteligência artificial (IA) se destaca, permitindo análises rápidas e detalhadas que identificam padrões muitas vezes imperceptíveis aos métodos tradicionais. A IA, aliada à interpretação clínica, pode melhorar a semsibilidade e a especificidade, reduzir falsos negativos e otimizar o trabalho dos radiologistas.

Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial vem sendo cada vez mais aplicada na prática médica, tanto no raciocínio diagnóstico, quanto no desenvolvimento de pesquisas e de bancos de dados. No câncer de mama, diversos estudos recentes analisam a eficácia e a sensibilidade da IA no diagnóstico de neoplasias mamárias a partir da análise do exame de mamografia.

Conforme estudos de revisão sistemática, até o ano de 2020 não haviam ensaios-clínicos randomizados que descrevessem a aplicação da IA no diagnóstico por imagem, afirmando que as evidências do período ainda não permitiam o julgamento da precisão da IA em programas de triagem de câncer de mama, visto que os sistemas ainda não se apresentavam suficientemente

específicos para substituir a leitura dupla do radiologista. Desse modo, a extração de dados concretos acerca da sensibilidade dessa aplicação, visando formar um banco de dados consistente, que abrangesse informações das diferentes populações, tornou-se um desafio. Além disso, abordou-se a necessidade de cautela na aplicação de um algoritmo fixo para todas as populações, pois percebeu-se que a etnia e a idade eram fatores importantes nas variáveis do algoritmo para diagnóstico do câncer de mama. (ANDERSON, A. W. *et al*., 2022; FREEMAN, K. *et al*., 2021)

Atualmente, com o ensaio-clínico randomizado MASAI, publicado na "The Lancet Oncology" no ano de 2023, pôde-se analisar com maior clareza a aplicação da IA no diagnóstico por imagem do câncer de mama, quando comparado a um grupo controle, avaliado por um médico radiologista, evidenciando que o uso de IA na triagem mamográfica é seguro. Ademais, outros estudos recentes indicaram que a tecnologia de IA para detecção automatizada de câncer de mama em mamografia tem apresentado progresso significativo e tem grande potencial para melhorar programas de triagem nos próximos anos (DÍAZ,*et al*, 2024). Por fim, observou-se também que a aplicação de IA no diagnóstico do câncer de mama pode diminuir em até 60% o tempo gasto pelo médico radiologista na realização de laudos. Essa redução contribui para mitigar o desgaste profissional, especialmente em um cenário de escassez de especialistas. Além disso, a economia de tempo permite que os profissionais se dediquem a análises mais complexas, focadas em casos que apresentam maior risco de câncer de mama, conforme identificado na triagem prévia ao exame. (BRANCO, *et al*., 2024). Assim, progressivamente, contesta-se a insegurança do ano de 2020, baseando-se em evidências recentes do avanço positivo da aplicação da tecnologia de IA na análise do exame de mamografia para diagnóstico de neoplasias de mama.

Métodos de IA no Câncer de Mama: CAD, AI-CAD e XAI

Os avanços recentes destacam a capacidade da IA de auxiliar em várias etapas do manejo clínico, incluindo diagnóstico, planejamento de tratamento e previsão de desfechos. Isso é possível pela aplicação de técnicas modernas que transformam imagens médicas em representações quantitativas, facilitando a segmentação, classificação e prognóstico de casos clínicos (ZHANG *et al*., 2023). Diversos métodos foram desenvolvidos para atender às demandas crescentes da medicina de precisão, sendo os sistemas CAD, AI-CAD e XAI os mais representativos.

CAD (Computer-Aided Detection): Os sistemas de detecção assistida por computador (CAD) foram os primeiros a introduzir o uso de IA na análise de imagens médicas. Os CAD tradicionais baseiam-se em metodologias baseadas em regras para extrair características específicas, como textura, forma e valores de pixels, para identificar possíveis lesões. Contudo, a aplicação dessa tecnologia enfrenta diversos desafios, que limitam sua eficiência e abrangência em contextos mais complexos, como baixa especificidade, alta taxa de falsos positivos e dependência de conhecimento humano para engenharia de características (ZHANG *et al*., 2023; AHN *et al*., 2023). Estudos mostram que, embora tenham melhorado a eficiência dos radiologistas ao indicar regiões de interesse (ROIs), os CAD tradicionais não conseguiram oferecer precisão suficiente para evitar o sobrecarregamento dos profissionais com exames desnecessários (AHN *et al*., 2023).

AI-CAD (Artificial Intelligence-Enhanced CAD): Com o avanço das técnicas de aprendizado profundo (DL), os sistemas CAD evoluíram para o AI-CAD. Esses novos sistemas

utilizam grandes volumes de dados rotulados para aprender automaticamente as características relevantes das lesões, superando as limitações do CAD tradicional. Ao contrário de seus predecessores, o AI-CAD não depende de engenharia manual de características, mas utiliza redes neurais convolucionais (CNNs) para identificar padrões complexos e sutis que podem passar despercebidos ao olho humano (ZHANG *et al*., 2023; AHN *et al*., 2023). Estudos recentes indicam que os sistemas AI-CAD atingem taxas de detecção significativamente superiores, mantendo alta especificidade e apresentando menor propensão a falsos positivos. Essas características não apenas aumentam a precisão diagnóstica, mas também melhoram a eficiência dos radiologistas ao reduzir o tempo necessário para a análise de exames, especialmente em modalidades como mamografia digital (DM) e tomossíntese digital (DBT) (AHN *et al*., 2023).

XAI (Explainable Artificial Intelligence): Embora os sistemas AI-CAD apresentem desempenho superior, sua aceitação na prática clínica é desafiada pelo "enigma da caixa preta", que dificulta a explicação das decisões tomadas por esses modelos. O "enigma da caixa preta" refere-se à dificuldade em compreender como os sistemas de inteligência artificial, especialmente os modelos de aprendizado profundo, tomam decisões. Nesse contexto, surge a inteligência artificial explicável (XAI), que tem como objetivo tornar as decisões dos modelos de IA mais transparentes e interpretáveis para profissionais de saúde (ZHANG *et al*., 2023; AHN *et al*., 2023). Os métodos XAI fornecem mapas de ativação que ajudam os radiologistas a compreender quais características específicas das imagens foram utilizadas pelo modelo para chegar a um diagnóstico. Isso aumenta a confiança no uso de IA e facilita a integração desses sistemas em fluxos de trabalho clínicos (ZHANG *et al*., 2023; AHN *et al*., 2023).

Aplicações da IA no diagnóstico, tratamento e prognóstico do Câncer de Mama: Melhorias em Imagens Médicas

Uma das áreas de maior impacto da IA é no aprimoramento da qualidade das imagens utilizadas no diagnóstico. Técnicas como redes adversariais generativas (GANs) têm sido empregadas para melhorar a resolução de imagens, reduzir ruídos e uniformizar características de imagens obtidas em diferentes condições técnicas. Por exemplo, a aplicação de redes GAN resultou em imagens de ressonância magnética de alta resolução, permitindo diagnósticos mais precisos. Além disso, estratégias de adaptação de domínio baseadas em IA têm mostrado eficácia em reduzir as diferenças entre imagens oriundas de protocolos distintos, facilitando a padronização em estudos multicêntricos (ZHANG *et al*., 2023).

Ainda, outra contribuição significativa é a capacidade de síntese de imagens para reduzir exposição à radiação. GANs têm sido usados para gerar imagens de mamografia digital (DM) a partir de tomossíntese digital da mama (DBT), garantindo alta consistência entre as imagens reais e sintetizadas. Da mesma forma, no ultrassom (US), técnicas avançadas possibilitam a geração de ultrassonografias elastográficas com sensibilidade comparável às imagens reais, reduzindo custos e aumentando a acessibilidade ao diagnóstico avançado (ZHANG *et al*., 2023). Ademais, sistemas CAD baseados em IA, têm sido associados a reduções substanciais no tempo de leitura dos exames pelos radiologistas, sem comprometer, e em alguns casos até melhorando, a sensibilidade diagnóstica (AHN *et al*., 2023).

Detecção e Segmentação Automatizadas: O uso de IA para detecção e segmentação de lesões mamárias é outro avanço notável. Redes

neurais como U-Net e seus derivados, além de transformers, têm sido empregadas para identificar e delinear lesões com alta precisão. Na mamografia e na tomossíntese, essas redes atingiram índices de similaridade superiores a 80%, destacando sua confiabilidade. Em ultrassom, a combinação de redes convolucionais e transformers tem permitido a extração de informações contextuais de longo alcance, melhorando ainda mais a precisão em casos complexos (ZHANG *et al*., 2023). Já, na ressonância magnética, a segmentação baseada em IA tem sido reforçada pelo uso de imagens pré e pós-contraste, maximizando a identificação de tumores e reduzindo erros de supersegmentação. Essa abordagem permite que a IA extraia características semânticas fundamentais para análises subsequentes, como subtipagem molecular e estadiamento do tumor (ZHANG *et al*., 2023).

Diagnóstico e Subtipagem Molecular: O diagnóstico auxiliado por inteligência artificial, além de classificar lesões como benignas ou malignas, também inclui a subtipagem molecular de tumores, categorizando-os em grupos como Luminal A, Luminal B, HER2-positivo e triplo-negativo. Esses subtipos, por sua vez, apresentam diferentes prognósticos e implicações terapêuticas, o que torna sua identificação fundamental para a definição de estratégias de tratamento. Para isso, técnicas baseadas em redes neurais convolucionais (CNNs) e aprendizado por transferência têm demonstrado alta precisão na identificação dessas categorias, utilizando imagens provenientes de DM, US e ressonância magnética. Consequentemente, essa capacidade reduz a necessidade de procedimentos invasivos, como biópsias, tornando o processo diagnóstico não apenas mais rápido, mas também menos desconfortável e econômicamente mais acessível para os pacientes (ZHANG *et al*., 2023).

Prognóstico e Planejamento Terapêutico: Além do diagnóstico, a IA também contribui significativamente para a previsão de resultados clínicos. Modelos baseados em IA têm sido utilizados para prever a resposta ao tratamento e para estratificar pacientes quanto ao risco de recorrência ou metástase. Por exemplo, a integração de dados multi-ômicos (radiômica, genômica, patômica) possibilita a criação de modelos personalizados de prognóstico, que consideram não apenas imagens médicas, mas também informações biológicas e genéticas dos tumores (ZHANG *et al*., 2023). Além disso, o estadiamento TNM (Tumor, Nódulo e Metástase) e a graduação tumoral também se beneficiam da IA. Modelos automatizados para detecção de linfonodos e classificação de graus de agressividade são capazes de reduzir a carga de trabalho dos clínicos, ao mesmo tempo em que aumentam a padronização e a precisão desses processos (ZHANG *et al*., 2023).

Deste modo, embora existam desafios significativos a serem superados, o impacto da IA na melhoria da precisão diagnóstica, eficiência dos fluxos de trabalho e personalização do tratamento já é evidente e representa um marco significativo na medicina oncológica (ZHANG *et al*., 2023; AHN *et al*., 2023).

MÉTODO

Trata-se de uma revisão de literatura realizada em novembro de 2024. A busca de referências foi realizada na base *PubMed*, durante o período de 11/11/2024 a 14/11/2024, os descritores utilizados foram: *“Artificial Intelligence" OR "AI"* AND *“Screening”* AND *"Breast Cancer”*. Os critérios de inclusão foram: artigos publicados em língua inglesa publicados entre 2020 a 2024 dos tipos meta-análise, revisões sistemáticas e estudos clínicos randomizados disponíveis na íntegra e que abordaram o assunto proposto. Foram excluídos artigos du-

plicados e que não tratavam da temática determinada. Assim, para a coleta de dados, foram selecionados e analisados minuciosamente 11 artigos. Os resultados obtidos foram avaliados e apresentados de forma descritiva, explorando a aplicação da inteligência artificial em exames de imagem dedicados ao rastreio e detecção do câncer de mama.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AUC

A Área Sob a Curva (AUC) é uma métrica estatística amplamente utilizada em inteligência artificial para avaliar o desempenho de modelos preditivos, refletindo a capacidade do modelo em distinguir entre casos positivos e negativos. Derivada da curva ROC (Receiver Operating Characteristic), a AUC relaciona a sensibilidade (verdadeiros positivos) com a taxa de falsos positivos, oferecendo uma visão clara da eficácia do modelo. Esse valor representa a probabilidade de o modelo classificar corretamente um caso positivo como mais provável do que um caso negativo. Quanto mais próximo de 1 for o valor da AUC, maior será a capacidade do modelo em fazer acertos, indicando um bom desempenho na discriminação entre as classes. Por outro lado, valores próximos a 0,5 indicam um desempenho equivalente ao acaso, sugerindo que o modelo não possui uma capacidade preditiva significativa. Dessa forma, a AUC se torna uma ferramenta crucial para avaliar a qualidade dos modelos preditivos, especialmente em contextos onde é essencial garantir precisão e confiabilidade nas classificações realizadas (FLETCHER *et al*., 2021).

Ao comparar as capacidades da IA e dos radiologistas na leitura de mamografia digital, as diferenças nas estimativas agrupadas da área sob a curva (AUC) não mostraram significância estatística em interpretações retrospectivas. Já nos estudos com leitores, a AUC foi significativamente maior para a IA (AUC 0,87 vs 0,81). Nos estudos que compararam a leitura de tomossíntese digital da mama (DBT), a AUC também se mostrou maior para a inteligência artificial (AUC 0,90 vs. 0,79) (YOON, J., 2023).

Ademais, outro estudo revelou que a AUC dos radiologistas apresentou variações entre 0,62 e 0,87, enquanto a IA isolada teve uma AUC variando de 0,66 a 0,94. Quando combinados, radiologistas e IA alcançaram uma AUC entre 0,80 e 0,89. (ANDERSON, A. W., 2022). Os estudos também observaram uma melhoria significativa no desempenho dos radiologistas com o auxílio da IA, embora a IA issolada não tenha mostrado diferença significativa em relação ao desempenho dos radiologistas. No entanto, quando comparada a radiologistas com mais de 20 anos de experiência, a IA apresentou um desempenho inferior (AUC 0,904 e 0,778, respectivamente). (BRANCO, P. *et al*., 2024). Além disso, é importante destacar que a AUC varia dependendo do tipo de modalidade analisada, com IA mostrando maior vantagem na detecção de tumores em mamas densas e em contextos que envolvem imagens tridimensionais.

Sensibilidade e Especificidade

A mamografia continua sendo o exame padrão-ouro para o rastreamento do câncer de mama, com valores de sensibilidade em torno de 85%, e especificidade de 90% (RENTIYA, Z. S. *et al*, 2024). Um estudo que utilizou um algoritmo treinado a partir de redes neurais convolucionais demonstrou que radiologistas apresentaram menor sensibilidade e maior especificidade quando comparado à IA (RENTIYA, *et al*, 2024). Tal dado corrobora com as informações obtidas por JONES, M. A. *et al*., 2022, que compila os dados de sensibilidade e de especificidade de 16 artigos, totalizando 1 108 328

exames, os quais revelaram que os radiologistas tiveram sensibilidade e especificidade de 73,6 % e 89,6%, enquanto a IA demonstrou valores de 80,6% e 85,7%, respectivamente.

Apesar dos dados serem favoráveis ao uso de IA, um estudo acerca da perspectiva de uma possível substituição do radiologista pela inteligência artificial mostrou-se como ainda sendo inviável. Nesse contexto, FREEMAN, K. *et al*, 2021 reitera que não somente há uma falta de resultados sólidos que mostram uma superioridade quanto a acurácia por parte das IA's no rastreio, como também atesta uma inferioridade quando comparada com o consenso de 2 radiologistas. Nesse sentido, o artigo cita o estudo DREAM, composto por 68 008 mulheres, no qual foram comparados radiologistas e IA's sozinhos, resultando em uma diferença de especificidade entre 88% e 96.7%, respectivamente. Sob essa ótica, estudos mostraram que a IA apresentou maior sensibilidade e menor especificidade na detecção de câncer de mama, o que pode levar a um aumento no número de falsos positivos (YOON, J., 2023).

Outrossim, apesar do uso IA, quando programada para performar a sensibilidade de um radiologista humano, apresentar uma sensibilidade relativa potencial aproximadamente 5% maior, ela exige o dobro da carga de trabalho envolvida nas discussões de consenso, sugerindo que o cenário combinado de IA e leitor humano, juntamente com o limiar do algoritmo de IA associado, pode ser mais adequado para programas de rastreamento que visam reduzir a carga de trabalho e, ao mesmo tempo, garantirem uma sensibilidade similar à dupla leitura por diferentes radiologistas (AHN, *et al*., 2023), conclusão sustentada por meio dos achados de ANDERSON, *et al*. 2022, que agrupou estudos que compararam radiologistas versus radiologistas + IA (7 coortes em 5 estudos), mostrando um aumento consistente na precisão para radiologistas + IA.

Acerca da segurança clínica relacionada ao uso de Inteligência Artificial em exames de mamografias para diagnóstico de câncer de mama, o estudo MASAI, realizado na Suécia, randomizou mais de 80.000 mulheres e avaliou a eficácia do screening de câncer de mama com suporte de inteligência artificial em comparação à dupla leitura padrão. Os resultados demonstraram uma margem segura para o uso dessa ferramenta, visto que a taxa de detecção de anormalidades (6,1 a cada 1000 participantes) permanece acima do limite mínimo de segurança, apresentando-se similar às taxas de detecção por dupla leitura sem o uso de IA (5,1 a cada 1000). É necessário ressaltar, ainda, que o uso de IA não influenciou as taxas de reconvocação, falsos positivos ou reuniões de consenso, enquanto a carga de trabalho de leitura de triagem foi reduzida em quase metade (LÅNG, K. *et al*., 2023). Portanto, o uso de sistemas de IA, quando combinada com a análise dos radiologistas, pode apresentar-se como um recurso importante para uma melhoria da sensibilidade e da especificidade dos exames.

Nesse sentido, estudos compararam a sensibilidade e especificidade entre o uso isolado de IA e o seu uso em conjunto a um radiologista, revelaram um aumento da sensibilidade somado a uma manutenção da especificidade (BRANCO, *et al*, 2024). Também, foram realizados três estudos, os quais demonstraram um aumento de sensibilidade de +3,0% e aumento de especificidade para +2,0% para aqueles que foram auxiliados pela IA (FREEMAN, *et al*, 2021).

Por conseguinte, aponta-se que os algoritmos de IA utilizados no rastreamento do câncer de mama passaram a ser considerados um instrumento para ajudar a melhorar a eficiência e a precisão dos radiologistas, além de também

auxiliam médicos menos experientes a identificar lesões potencialmente cancerígenas (BRANCO, *et al*, 2024), o que permite uma nova abordagem, mais segura e efetiva, para o diagnóstico do câncer de mama.

Tempo e carga de trabalho

A crescente sobrecarga do sistema de saúde, associada à grande carga de trabalho e ao sobrediagnóstico em estágios iniciais de câncer de mama, tem colocado os radiologistas sobrecarregados. O diagnóstico excessivo de casos de baixo risco consome tempo e recursos que poderiam ser direcionados a situações mais críticas, como estágios mais avançados de câncer de mama. Essa realidade é agravada pela escassez global de radiologistas, com projeções preocupantes, como a estimativa de uma redução de 40% desses profissionais no Reino Unido até 2027. Nesse cenário, a inteligência artificial (IA) se destaca como uma ferramenta promissora para aliviar a pressão sobre o sistema, ao remover casos de baixo risco da carga de trabalho e direcionar a atenção dos especialistas para os casos mais complexos, onde sua experiência é mais essencial. (AHN, *et al*., 2023)

A aplicação da IA na radiologia tem demonstrado resultados concretos na redução da carga de trabalho e na otimização dos fluxos clínicos. Estudos recentes destacam, por exemplo, uma redução de 44,3% no volume de leitura de exames, com 36.886 mamografias a menos avaliadas em grupos assistidos por IA (Lång *et al*., 2023). Outros levantamentos apontam que a tecnologia pode diminuir o volume de trabalho dos radiologistas em até 60% ou mais (BRANCO *et al*., 2024). Essa abordagem, baseada em sistemas de detecção e CAD, vem sendo desenvolvida nas últimas três décadas para melhorar a precisão e a eficiência na análise de imagens médicas (JONES *et al*., 2022). Além de aliviar o intenso fluxo de trabalho, a IA reduz diagnósticos excessivos, promovendo um cuidado mais direcionado e minimizando complicações para os pacientes (ZHANG *et al*., 2023).

CONCLUSÃO

Conforme os progressos mencionados, a inteligência artificial se revelou um instrumento crucial no diagnóstico e na gestão do câncer de mama. A sua incorporação na prática clínica possibilita não apenas aprimorar a precisão e a sensibilidade diagnóstica, mas também se apresenta como uma resposta eficiente à falta de profissionais e ao aumento da complexidade na procura por serviços de saúde. Além de que, a IA possibilita abordagens menos invasivas e contribui para o aprimoramento de análises prognósticas e terapêuticas personalizadas. Apesar dos desafios ainda existentes no uso dessa ferramenta, como a exigência de maior clareza nos modelos e a necessidade de bases de dados sólidas, os resultados indicam um futuro promissor, onde a Inteligência Artificial pode se estabelecer como uma ferramenta útil ao médico no combate ao câncer de mama, trazendo benefícios tanto para os profissionais de saúde quanto para os pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHN, J. S. *et al*. Artificial Intelligence in Breast Cancer Diagnosis and Personalized Medicine. Journal of Breast Cancer, v. 26, n. 5, 1 jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4048/jbc.2023.26.e45>.

ANDERSON, A. W. *et al*. Independent External Validation of Artificial Intelligence Algorithms for Automated Interpretation of Screening Mammography: A Systematic Review. Journal of the American College of Radiology, v. 19, n. 2, Part A, p. 259–273, 1 fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2021.11.008>.

BRANCO, P. E. S. C. *et al*. Artificial intelligence in mammography: a systematic review of the external validation. Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia, v. 46, 1 jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.61622/rbgo/2024rbgo71>.

DÍAZ, O.; RODRÍGUEZ-RUÍZ, A.; SECHOPOULOS, I. Artificial Intelligence for breast cancer detection: Technology, challenges, and prospects. European journal of radiology, v. 175, n. 111457, p. 111457, 1 jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111457>.

FLETCHER, Robert H.; FLETCHER, Suzanne W.; FLETCHER, Edward H. Epidemiologia clínica: elementos essenciais. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2021. ISBN 978-65-5882-015-4.

FREEMAN, K. *et al*. Use of artificial intelligence for image analysis in breast cancer screening programmes: systematic review of test accuracy. BMJ, v. 374, p. n1872, 1 set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.n1872>.

GURMESSA, D. K.; JIMMA, W. Explainable machine learning for breast cancer diagnosis from mammography and ultrasound images: a systematic review. BMJ health & care informatics, v. 31, n. 1, p. e100954, 1 fev. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmjhci-2023-100954>.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Diretrizes para a detecção precoce do câncer de mama no Brasil. Rio de Janeiro, Brasil: Instituto Nacional de Câncer (INCA), 2015. ISBN 978-85-7318-274-3.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Estatísticas de câncer. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/numeros>. Publicado em: 23 jun. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro, Brasil: Instituto Nacional de Câncer (INCA), 2022. ISBN 978-65-88517-10-9.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Fatores de risco: Fatores relacionados ao aumento do risco de desenvolver o câncer de mama. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/gestor-e-profissional-de-saude/controle-do-cancer-de-mama/fatores-de-risco>. Publicado em: 16 set. 2022.

JONES, M. A. *et al*. Applying artificial intelligence technology to assist with breast cancer diagnosis and prognosis prediction. Frontiers in Oncology, v. 12, 31 ago. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.980793>.

LÅNG, K. *et al*. Artificial intelligence-supported screen reading versus standard double reading in the Mammography Screening with Artificial Intelligence trial (MASAI): a clinical safety analysis of a randomised, controlled, non-inferiority, single-blinded, screening accuracy study. Lancet Oncology, v. 24, n. 8, p. 936–944, 1 ago. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/s1470-2045(23)00298-x>.

RENTIYA, Z. S. *et al*. Revolutionizing Breast Cancer Detection With Artificial Intelligence (AI) in Radiology and Radiation Oncology: A Systematic Review. Cureus, v. 16, n. 4, 4 abr. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.7759/cureus.57619>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Breast Cancer. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>. Publicado em: 13 mar. 2024

YOON, J. H. *et al*. Standalone AI for breast cancer detection at screening digital mammography and digital breast tomosynthesis: A systematic review and meta-analysis. Radiology, v. 307, n. 5, 23 mai. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1148/radiol.222639>.

ZHANG, J. *et al*. Recent advancements in artificial intelligence for breast cancer: Image augmentation, segmentation, diagnosis, and prognosis approaches. Seminars in Cancer Biology, v. 96, p. 11–25, 1 nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2023.09.001>.