

O USO DE MACHINE LEARNING NA DETECÇÃO PRECOCE DE CÂNCER DO COLO DO ÚTERO

*THE USE OF MACHINE LEARNING IN THE EARLY DETECTION OF CERVICAL
CANCER*

*EL USO DEL APRENDIZAJE AUTOMÁTICO EN LA DETECCIÓN PRECOZ DEL
CÁNCER DE CUELLO UTERINO*

*L'UTILISATION DE L'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE DANS LE DÉPISTAGE
PRÉCOCE DU CANCER DU COL DE L'UTÉRUS*

Ana Beatriz de Oliveira Souto

Ellen Érika de Souza Castro

Wanessa Nascimento Barbosa

Roger Rodrigues da Silva

Resumo: Introdução: O câncer do colo do útero é uma das principais causas de morbidade e mortalidade entre as mulheres em todo o mundo, sendo responsável por aproximadamente 604 mil novos casos e 342 mil óbitos anuais, de acordo com estimativas da Organização Mundial da Saúde. Objetivo: Analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, o estado da arte e a eficácia dos algoritmos de Machine Learning aplicados à detecção precoce do câncer do colo do útero. Método: Revisão Narrativa da Literatura realizada na base MEDLINE por meio da Biblioteca Virtual em Saúde, utilizando descritores padronizados pelo DeCS. Após a busca, filtragem e elegibilidade dos estudos, 9 artigos compuseram a amostra final. Resultados: As técnicas de aprendizagem de máquina identificadas nos estudos, incluindo redes neurais convolucionais, algoritmos supervisionados e métodos híbridos, demonstraram altos índices de acurácia na identificação de lesões cervicais. Os achados também indicaram redução da subjetividade diagnóstica, maior padronização e potencial ampliação do acesso ao rastreamento em regiões com baixa infraestrutura, além de melhorar a agilidade e eficiência no processo diagnóstico. Considerações finais: A aprendizagem de máquina mostra-se uma ferramenta promissora para o diagnóstico precoce do câncer do colo do útero, podendo fortalecer políticas públicas e reduzir desigualdades no cuidado à saúde. No entanto, sua implementação requer validações locais, mitigação de vieses algorítmicos e conformidade com diretrizes éticas e regulatórias para garantir segurança e efetividade.

Palavras-chaves: Aprendizado de Máquina; Câncer do Colo do Útero; Diagnóstico Precoce; Enfermagem Ginecológica.

Abstract: Introduction: Cervical cancer is one of the leading causes of morbidity and mortality among women worldwide, accounting for approximately 604,000 new cases and 342,000 deaths annually, according to estimates from the World Health Organization. Objective: To analyze, through an integrative literature review, the state of the art and the effectiveness of machine learning algorithms applied to the early detection of cervical cancer. Method: Narrative literature review conducted in the MEDLINE database using the Virtual Health Library, employing standardized descriptors from DeCS. After searching, filtering, and reviewing study eligibility, 9 articles comprised the final sample. Results: The machine learning

Ana Beatriz de Oliveira Souto, Ellen Érika de Souza Castro, Wanessa Nascimento Barbosa, Roger Rodrigues da Silva

techniques identified in the studies, including convolutional neural networks, supervised algorithms, and hybrid methods, demonstrated high accuracy rates in identifying cervical lesions. The findings also indicated a reduction in diagnostic subjectivity, greater standardization, and potential expansion of access to screening in regions with low infrastructure, as well as improved speed and efficiency in the diagnostic process. Final considerations: Machine learning shows promise as a tool for the early diagnosis of cervical cancer, potentially strengthening public policies and reducing inequalities in healthcare. However, its implementation requires local validations, mitigation of algorithmic biases, and compliance with ethical and regulatory guidelines to ensure safety and effectiveness.

Keywords: Machine Learning; Cervical Cancer; Early Diagnosis; Gynecological Nursing.

Resumen: Introducción: El cáncer de cuello uterino es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad entre las mujeres en todo el mundo, con aproximadamente 604 000 casos nuevos y 342 000 muertes anuales, según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud. Objetivo: Analizar, mediante una revisión bibliográfica integradora, el estado del arte y la efectividad de los algoritmos de aprendizaje automático aplicados a la detección temprana del cáncer de cuello uterino. Método: Revisión bibliográfica narrativa realizada en la base de datos MEDLINE utilizando la Biblioteca Virtual en Salud, empleando descriptores estandarizados de DeCS. Tras la búsqueda, el filtrado y la revisión de la elegibilidad de los estudios, la muestra final estuvo compuesta por 9 artículos. Resultados: Las técnicas de aprendizaje automático identificadas en los estudios, incluyendo redes neuronales convolucionales, algoritmos supervisados y métodos híbridos, demostraron altas tasas de precisión en la identificación de lesiones cervicales. Los hallazgos también indicaron una reducción en la subjetividad diagnóstica, una mayor estandarización y una posible expansión del acceso al cribado en regiones con infraestructura deficiente, así como una mayor velocidad y eficiencia en el proceso diagnóstico. Consideraciones finales: El aprendizaje automático se perfila como una herramienta prometedora para el diagnóstico precoz del cáncer de cuello uterino, lo que podría fortalecer las políticas públicas y reducir las desigualdades en la atención sanitaria. Sin embargo, su implementación requiere validaciones locales, la mitigación de los sesgos algorítmicos y el cumplimiento de las directrices éticas y normativas para garantizar su seguridad y eficacia.

Palabras clave: Aprendizaje automático; cáncer de cuello uterino; diagnóstico precoz; enfermería ginecológica.

Resumé: Introduction : Le cancer du col de l'utérus est l'une des principales causes de morbidité et de mortalité chez les femmes dans le monde, responsable d'environ 604 000 nouveaux cas et 342 000 décès chaque année, selon les estimations de l'Organisation mondiale de la Santé. Objectif : Analyser, par une revue intégrative de la littérature, l'état de l'art et l'efficacité des algorithmes d'apprentissage automatique appliqués au dépistage précoce du cancer du col de l'utérus. Méthode : Revue narrative de la littérature menée dans la base de données MEDLINE à l'aide de la Bibliothèque virtuelle en santé, en utilisant les descripteurs standardisés de DeCS. Après recherche, filtrage et évaluation de l'éligibilité des études, 9 articles ont constitué l'échantillon final. Résultats : Les techniques d'apprentissage automatique identifiées dans les études, notamment les réseaux neuronaux convolutifs, les algorithmes supervisés et les méthodes hybrides, ont démontré des taux de précision élevés dans l'identification des lésions cervicales. Les résultats ont également indiqué une réduction de la subjectivité diagnostique, une plus grande standardisation et un élargissement potentiel de l'accès au dépistage dans les régions aux infrastructures limitées, ainsi qu'une amélioration de la rapidité et de l'efficacité du processus diagnostique. En conclusion, l'apprentissage automatique se révèle prometteur pour le diagnostic précoce du cancer du col de l'utérus, susceptible de renforcer les politiques publiques et de réduire les inégalités en matière de santé. Toutefois, sa mise en œuvre nécessite des validations locales, la correction des biais algorithmiques et le respect des directives éthiques et réglementaires afin de garantir sa sécurité et son efficacité.

Mots-clés: Apprentissage automatique ; Cancer du col de l'utérus ; Diagnostic précoce ; Soins infirmiers en gynécologie.

1 Introdução

O câncer do colo do útero é uma das principais causas de morbidade e mortalidade entre as mulheres em todo o mundo, sendo responsável por aproximadamente 604 mil novos casos e 342 mil óbitos anuais, de acordo com estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS). No Brasil, o câncer do colo do útero representa o terceiro tipo de câncer mais incidente entre as mulheres, com cerca de 16.710 novos casos estimados para 2023 e 6.620 mortes, conforme dados do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA) (INCA, 2023).

Esse tipo de neoplasia maligna é predominantemente associado à infecção persistente pelo papilomavírus humano (HPV), tipos 16 e 18, e fatores de risco como tabagismo, múltiplas parcerias sexuais e baixa cobertura vacinal contra o HPV. A detecção precoce é crucial para reduzir a progressão da doença, que evolui de lesões pré-malignas, como neoplasia intraepitelial cervical - NIC, para estágios invasivos, impactando negativamente a qualidade de vida e gerando custos elevados para os sistemas de saúde (Saslow *et al.*, 2012).

Métodos tradicionais de diagnóstico e de baixo custo, como o exame de Papanicolau, a colposcopia e testes moleculares para HPV são adotados como formas para a detecção precoce, contudo, estão sujeitos a falhas significativas quanto às altas taxas de falsos positivos (cerca de 20-30%), dependência de profissionais especializados e infraestrutura laboratorial limitada, especialmente em regiões de baixa renda ou áreas rurais, resultando em diagnósticos tardios, aumento da mortalidade e desigualdades de acesso (WHO, 2020).

Além disso, a interpretação subjetiva de imagens histopatológicas pode levar a variações interobservadores, comprometendo a precisão e a reprodutibilidade dos diagnósticos. Esses desafios são ainda mais acentuados em países em desenvolvimento, como o Brasil, uma vez que a cobertura do rastreamento cervical é desigual, com taxas abaixo de 70% em algumas regiões, conforme estudos nacionais (Ribeiro *et al.*, 2021).

Nesse cenário, a *machine learning* (ML) ou, em português, aprendizagem de máquina, uma subárea da inteligência artificial (IA) que emprega algoritmos para analisar grandes volumes de dados e identificar padrões complexos, emerge como uma solução inovadora para mitigar esses reveses. A ML permite a automação de processos diagnósticos, integrando dados multimodais como imagens citológicas, histopatológicas e epidemiológicas, potencializando a detecção precoce com maior objetividade e eficiência (Hu *et al.*, 2020). Estudos preliminares demonstram que técnicas como redes neurais convolucionais (*Convolutional Neural Networks* - CNN) e algoritmos de aprendizado supervisionado podem superar limitações humanas, oferecendo diagnósticos mais rápidos e acessíveis, mesmo em contextos com recursos escassos (Kourou *et al.*, 2015).

No Brasil, pesquisas como a de Pereira *et al.* (2022) aplicaram modelos de ML em imagens de exames citológicos de coortes brasileiras, alcançando acurácia superiores a 85% na classificação de lesões cervicais, destacando o potencial para reduzir lacunas regionais. No entanto, apesar do potencial, persistem lacunas na literatura, como a escassez de revisões sistemáticas sobre a aplicabilidade da ML em populações diversas, a avaliação de vieses algorítmicos em dados não representativos e a integração prática em sistemas de saúde pública, o que problematiza a adoção generalizada dessa

tecnologia (Siegel *et al.*, 2021). Vale destacar a existência de desafios éticos e regulatórios na implementação de ML em contextos de saúde pública, reforçando a necessidade de sínteses qualitativas que considerem realidades locais (Silva *et al.*, 2021).

A adoção e implementação de ML nos sistemas de saúde poderá viabilizar a detecção precoce assertiva do câncer ao demonstrar melhorias na eficiência diagnóstica em cenários de baixa infraestrutura, bem como destacar a necessidade de validações locais para evitar vieses culturais e epidemiológicos (Silva *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2022). Ao integrar esse tipo de tecnologia baseada em IA, os meios para rastreamento poderão promover a equidade em saúde, reduzindo barreiras geográficas e econômicas, e potencializando intervenções oportunas que salvam vidas.

A relevância dessa abordagem reside na capacidade da ML de revolucionar a otimização da cobertura quanto ao rastreamento e prevenção do câncer do colo do útero, alinhando-se às metas globais de saúde, como as estabelecidas pela OMS para eliminar o câncer do colo do útero como problema de saúde pública até 2030, através dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (WHO, 2015), e às prioridades estratégicas brasileiras, mediante à expansão do rastreamento via Programa Nacional de Controle do Câncer do Colo do Útero (PNCCC) (Brasil, 2021).

A justificativa para o emprego da ML na detecção precoce do câncer do colo do útero baseia-se em evidências científicas robustas de sua superioridade em tarefas médicas. Por exemplo, modelos de ML têm alcançado acurácias superiores a 90% na classificação de imagens de células cervicais, superando métodos tradicionais em estudos comparativos (Hu *et al.*, 2020). Além disso, a escalabilidade da ML permite sua aplicação em dispositivos móveis e plataformas de telemedicina, facilitando o rastreamento em populações remotas, onde a incidência do câncer do colo do útero é elevada devido à falta de acesso a cuidados primários (Kourou *et al.*, 2015). Essa abordagem também aborda a problematização das lacunas diagnósticas, como a subjetividade na interpretação de exames, ao fornecer ferramentas objetivas e reprodutíveis, alinhadas às diretrizes da *American Society for Colposcopy and Cervical Pathology* (ASCCP) para triagem cervical (Saslow *et al.*, 2012).

O objetivo desta pesquisa foi analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, o estado da arte e a eficácia dos algoritmos de *Machine Learning* aplicados à detecção precoce do câncer do colo do útero.

2 Métodos

Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura de caráter descritivo e abordagem qualitativa, visando avaliar evidências científicas, identificar lacunas metodológicas e práticas, e sintetizar os meios de integração da ML em sistemas de saúde pública, com o intuito de promover diagnósticos mais precisos e acessíveis.

A presente pesquisa partiu do seguinte pressuposto: de que forma o uso da *machine learning* tem auxiliado no diagnóstico precoce do câncer do colo do útero? A partir dessa questão de pesquisa, os potenciais descritores foram mapeados para construção da estratégia de busca, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Conversão dos descritores. Fortaleza, Ceará, Brasil.

De que forma o uso da machine learning tem auxiliado no diagnóstico precoce do câncer do colo do útero?	
Conversão	DeCS
<i>Machine learning</i>	Aprendizado de Máquina; Aprendizado Automático; Aprendizado de Transferência; Aprendizagem Automática; Aprendizagem de Máquina; Aprendizagem de Transferência.
Câncer do Colo do Útero	Câncer de Colo Uterino; Câncer de Colo do Útero; Câncer do Colo do Útero; Neoplasias de Colo do Útero; Neoplasias do Colo Uterino
Diagnóstico Precoce	Diagnóstico Precoce

As buscas foram realizadas on-line a partir da base de dados MEDLINE via Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) em novembro de 2025.

Os descritores empregados situam-se no idioma português e estão padronizados pelos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS); sendo eles: Aprendizado de Máquina; Câncer do Colo do Útero; Diagnóstico Precoce, os quais foram conjugados a partir do(s) operador(e) booleano(s) *AND* e/ou *OR*. A estratégia de busca utilizada/empregada na BVS está descrita no Quadro 2.

Quadro 2 – Estratégia de Busca. Fortaleza, Ceará, Brasil.

Estratégia de Busca
("Aprendizado de Máquina" OR "Aprendizado Automático" OR "Aprendizado de Transferência" OR "Aprendizagem Automática" OR "Aprendizagem de Máquina" OR "Aprendizagem de Transferência") AND ("Câncer de Colo Uterino" OR "Câncer de Colo do Útero" OR "Câncer do Colo do Útero" OR "Neoplasias de Colo do Útero" OR "Neoplasias do Colo Uterino") AND ("Diagnóstico Precoce")

Para os critérios de elegibilidade dos estudos foram considerados como critérios de inclusão: documentos gratuitos, em formato de artigo, nos idiomas: português ou inglês e publicados nos últimos sete anos, totalizando 28 artigos inicialmente selecionados. Em seguida, aplicaram-se os critérios de exclusão, que envolveram a remoção de artigos duplicados e daqueles que não apresentavam relação com o objetivo da pesquisa, resultando na exclusão de 19 estudos. Ao final, a amostra foi composta por 9 artigos, os quais subsidiaram a elaboração desta revisão.

A partir dos estudos selecionados, realizou-se uma leitura crítica e interpretativa com a necessária imparcialidade e objetividade, na qual foram relacionadas às informações e ideias dos autores com o objetivo do estudo. A partir da leitura, os resultados foram apresentados de forma descritiva.

2.1 Análise dos Dados e Aspectos Éticos

Os estudos selecionados foram submetidos à análise descritiva e interpretativa, considerando informações como autoria, ano de publicação, objetivos, metodologia

empregada e principais resultados. A partir da leitura criteriosa dos artigos, realizou-se a síntese das evidências encontradas, possibilitando a identificação dos principais achados relacionados ao tema investigado.

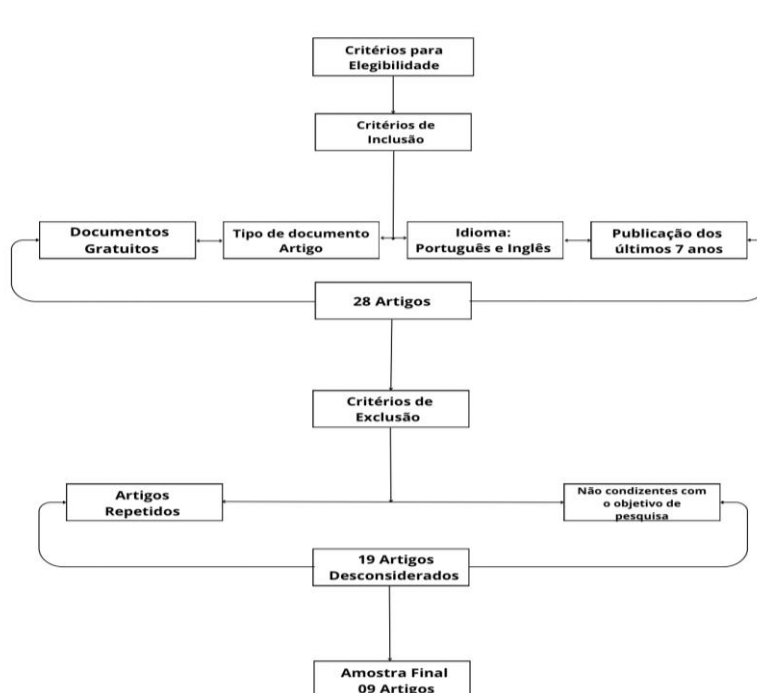
Em consonância com os princípios éticos e legais, destaca-se que o presente estudo não foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), uma vez que não envolveu, em nenhuma de suas etapas, a participação direta ou indireta de seres humanos e animais, conforme estabelecido pela Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2016). Todas as informações foram obtidas de fontes secundárias e de acesso público. Ademais, foram respeitados os direitos autorais, mediante a correta citação e referência de todas as fontes consultadas.

3 Resultados e discussão

O processo de seleção dos estudos para a revisão iniciou-se com a identificação de 28 artigos provenientes da base de dados Medline. Na primeira triagem, realizada com base na leitura dos títulos, foram selecionados 20 estudos considerados potencialmente relevantes, sendo 2 posteriormente excluídos por duplicação ou por não atenderem aos critérios iniciais de inclusão, restando 11 estudos.

Esses 11 artigos passaram por leitura dos resumos, a qual 2 foram excluídos por não se adequarem aos objetivos da pesquisa, resultando em 10 estudos selecionados para leitura na íntegra. A análise dos textos completos foi realizada inicialmente por um primeiro revisor, que manteve os 9 estudos. Em seguida, foi feita uma revisão dupla e independente, com base nos critérios previamente estabelecidos, resultando na exclusão de 1 estudo. A Figura 1 ilustra o processo de seleção dos estudos.

Figura 1 – Fluxograma com processo de elegibilidade dos estudos. Fortaleza, Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram confirmados 9 artigos pelo segundo revisor como elegíveis e foram, portanto, incluídos na revisão final. Esse processo garantiu uma seleção criteriosa e sistemática da literatura, assegurando a validade e a relevância dos estudos considerados. A caracterização dos estudos está descrita no Quadro 2.

Quadro 2 – Caracterização dos estudos incluídos. Fortaleza, Ceará, Brasil.

Autor/Ano	Método/Amostra	Desfechos
Baykemagn <i>et al.</i> 2025.	Análise de banco de dados	Melhorar a educação e a conscientização, ampliar o acesso ao rastreio (especialmente em áreas rurais), aproveitar a saúde digital e o alcance comunitário, integrar o rastreio a outros serviços de saúde e abordar as barreiras socioeconômicas são estratégias recomendadas para aumentar as taxas de rastreio do câncer do colo do útero na África Subsaariana.
Arage <i>et al.</i> 2025.	Análise de banco de dados	Os modelos de aprendizado de máquina em conjunto, são promissores na previsão da adesão ao rastreio do câncer cervical em mulheres africanas.
Allogmani <i>et al.</i> 2024.	Estudo de revisão	Os resultados experimentais da técnica CPLDC-AOATL enfatizaram a acurácia superior de 99,53% em comparação com outras abordagens existentes.
Pedroso; Ademir, 2024.	Estudo de revisão	A aplicação de IA na detecção de anomalias cervicais, apresenta

		resultados promissores, com destaque para o uso de redes neurais CNNs e ML.
Ramirez <i>et al.</i> 2023.	Estudo de revisão	A espectroscopia oferece novas abordagens menos invasivas para o diagnóstico do câncer cervical.
Mamun ali <i>et al.</i> 2021.	Estudo de revisão	Os métodos de aprendizado de máquina e a classificação são capazes de detectar o câncer cervical (CC) com precisão e eficiência em seus estágios iniciais, utilizando dados clínicos.
Mehmood <i>et al.</i> 2021.	Estudo de revisão	Ao longo deste estudo, modelos de aprendizado de máquina (RF e rede neural rasa) foram utilizados para o diagnóstico de câncer cervical, demonstrando a importância da construção do modelo com limpeza de dados, substituição de valores nulos e implementação de um procedimento de seleção de características para alcançar uma melhor precisão na previsão, com um subconjunto de características otimizado.
Wong <i>et al.</i> 2019.	Ensaio clínico	Demonstrou que o componente hrHPV do teste <i>Onclarity</i> HPV apresentou

		desempenho semelhante ao do teste Cobas HPV na identificação de mulheres com risco de desenvolver CIN2/3+.
William <i>et al.</i> 2018	Estudo de revisão	Portanto, há uma carência de evidências de que esses algoritmos funcionarão em contextos clínicos encontrados em países em desenvolvimento que não dispõem de citologistas treinados em número suficiente nem de recursos para adquirir <i>softwares</i> comerciais de segmentação.

Os 9 resultados evidenciam que o diagnóstico precoce do câncer do colo do útero na rede pública de saúde é dificultado por diversos entraves estruturais, formativos e sociais. Mais de 85% dos casos de câncer do colo do útero ocorrem em países menos desenvolvidos (William *et al.*, 2018), o que limita o acesso a uma avaliação especializada, essencial em casos mais complexos.

A comparação de técnicas e achados em estudos de visão computacional e aprendizado supervisionado: revisões e estudos empíricos mostram consistência na vantagem de abordagens baseadas em redes neurais convolucionais e métodos *ensemble* frente a classificadores tradicionais para tarefas de imagem e predição clínica. Além disso, *features* clínicas e sociodemográficas continuam a ser preditores relevantes em modelos tabulares (idade, visitas de saúde, acesso aos serviços, uso de contraceptivos, exposição à mídia, residência urbana) (Mehmood *et al.* 2021). Esse estudo demonstrou como a ML pode ser benéfica para a população dos países subdesenvolvidos.

O emprego da ML na detecção precoce do câncer do colo do útero baseia-se em evidências científicas robustas de sua superioridade em tarefas médicas. Por exemplo, modelos de ML têm alcançado acurácias superiores a 90% na classificação de imagens de células cervicais, superando métodos tradicionais em estudos comparativos (Hu *et al.*, 2020). Além disso, a escalabilidade da ML permite sua aplicação em dispositivos móveis e plataformas de telemedicina, facilitando o rastreamento em populações remotas, onde a incidência do câncer do colo do útero é elevada devido à falta de acesso a cuidados primários (Kourou *et al.*, 2015). Essa abordagem também aborda a problematização das lacunas diagnósticas, como a subjetividade na interpretação de exames, ao fornecer ferramentas objetivas e reprodutíveis, alinhadas às diretrizes da *American Society for Colposcopy and Cervical Pathology* (ASCCP) para triagem cervical (Saslow *et al.*, 2012).

Os dados sugerem que a implementação da aprendizagem de máquina pode trazer uma triagem ampliada e modelos de imagem com alta sensibilidade que podem ser usados como ferramenta de triagem em cenários com poucos especialistas, encaminhando para colposcopia apenas casos suspeitos confirmados (Allogmani *et al.* 2024). Quanto à tomada de decisão clínica, antes de incorporar em sistemas de apoio à decisão é necessário validar decisões em estudos prospectivos e avaliar impacto em desfechos (detecção de lesões precoces, redução de mortalidade) (Arage *et al.* 2025).

Diante das evidências apresentadas, torna-se evidente que as tecnologias baseadas em ML representam um avanço significativo na detecção precoce de lesões cervicais e na identificação dos fatores que influenciam a adesão ao rastreamento. Os estudos analisados demonstram que modelos robustos, tanto aqueles aplicados a imagens quanto os derivados de dados populacionais, têm potencial para apoiar a tomada de decisão clínica, otimizar estratégias de triagem e direcionar ações em saúde pública com maior precisão (Baykemagn *et al.* 2025. Arage *et al.* 2025. Allogmani *et al.* 2024. Pedroso; Ademir, 2024. Ramirez *et al.* 2023. Mamun *et al.* 2021. Wong *et al.* 2019. William *et al.* 2018).

À vista disso, ressalta-se que apesar dos resultados promissores, permanece essencial investir em validação externa, padronização metodológica e fortalecimento de bases de dados multicêntricas, garantindo aplicabilidade real e segurança no uso dessas ferramentas. Assim, reforça-se que o uso da IA deve complementar, e não substituir, a avaliação clínica e as políticas de prevenção já estabelecidas.

De forma geral, os achados apontam que a integração entre tecnologia, vigilância em saúde e práticas clínicas qualificadas pode contribuir de forma relevante para a ampliação do acesso ao rastreamento, a redução de desigualdades e, sobretudo, para a prevenção eficaz do câncer do colo do útero.

Considerações Finais

As evidências desta revisão narrativa sugerem que a ML se configura como uma estratégia promissora para otimizar a detecção precoce do câncer do colo do útero. Os estudos analisados demonstraram desempenho expressivo de modelos baseados em técnicas como redes neurais convolucionais, algoritmos supervisionados e abordagens híbridas, que apresentaram elevados índices de acurácia, sensibilidade e especificidade na identificação de lesões cervicais. Tais resultados reforçam a capacidade dessas ferramentas em complementar e, em alguns contextos, superar limitações dos métodos diagnósticos convencionais, sobretudo no que se refere à subjetividade interpretativa e à dependência de profissionais altamente especializados.

Verificou-se, ainda, que a utilização de modelos de aprendizagem de máquina pode contribuir significativamente para a ampliação do acesso ao rastreamento, especialmente em regiões com escassez de recursos ou baixa cobertura dos serviços de saúde. O emprego de tecnologias digitais, dispositivos móveis e sistemas automatizados mostra-se alinhado às estratégias globais e nacionais de redução da incidência e mortalidade por câncer cervical, ao possibilitar intervenções precoces, maior equidade e melhoria na eficiência dos processos diagnósticos.

Referências Bibliográficas

ALIAS, N. A. et al. Pap smear images classification using machine learning: a literature matrix. **Diagnosics**, [s. l.], v. 12, n. 12, 2900, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/diagnostics12122900>. Acesso em: 3 nov. 2025.

ALI, M. M. et al. Machine learning-based statistical analysis for early stage detection of cervical cancer. **Biblioteca Virtual em Saúde**, [s. l.], 2025. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta/resource/pt/mdl-34735942>. Acesso em: 14 nov. 2025.

ALLOGMANI, A. S. et al. Enhanced cervical precancerous lesions detection and classification using Archimedes Optimization Algorithm with transfer learning. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 14, 12076, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62773-x>. Acesso em: 14 nov. 2025.

ARAGE, F. G. et al. Adoção do rastreamento do cancro do colo do útero e o fator associado na África Subsaariana: uma abordagem de aprendizagem automática. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, [s. l.], v. 25, 197, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12911-025-03039-y>. Acesso em: 14 nov. 2025.

BAYKEMAGN, N. D. et al. Identifying predictors of cervical cancer screening uptake in sub-Saharan Africa using machine learning: cross-sectional study. **JMIR Public Health and Surveillance**, [s. l.], v. 11, e71677, 2025. Disponível em: <https://publichealth.jmir.org/2025/1/e71677>. Acesso em: 14 nov. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016**. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Brasília, DF: Conselho Nacional de Saúde, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/atos-normativos/resolucoes/2016/resolucao-no-510.pdf/view>. Acesso em: 1 jun. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Controle do Câncer do Colo do Útero**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

HU, L. et al. An observational study of deep learning and automated evaluation of cervical images for cancer screening. **Journal of the National Cancer Institute**, [s. l.], v. 112, n. 9, p. 923-930, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jnci/djy225>. Acesso em: 3 nov. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Estimativa 2023**: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2023. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/estimativa-2023-incidencia-de-cancer-no-brasil>. Acesso em: 3 nov. 2025.

KOUROU, K. et al. Machine learning applications in cancer prognosis and prediction. **Computational and Structural Biotechnology Journal**, [s. l.], v. 13, p. 8-17, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2014.11.005>. Acesso em: 3 nov. 2025.

MEHMOOD, M. et al. Machine learning assisted cervical cancer detection. **Frontiers in Public Health**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2021.788376/full>. Acesso em: 14 nov. 2025.

PEDROSO, A. **Inteligência artificial e saúde**: uma revisão sobre o desempenho de técnicas de aprendizagem de máquina na identificação de lesões cervicais. Biblioteca Virtual em Saúde,

Ana Beatriz de Oliveira Souto, Ellen Érika de Souza Castro, Wanessa Nascimento Barbosa, Roger Rodrigues da Silva

2025. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1584876>. Acesso em: 14 nov. 2025.

RAMIREZ, C. A. M. et al. Advancing cervical cancer diagnosis and screening with spectroscopy and machine learning. **Expert Review of Molecular Diagnostics**, [s. l.], v. 23, n. 5, p. 375-390, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14737159.2023.2203816>. Acesso em: 14 nov. 2025.

RIBEIRO, C. M. et al. Rastreamento do câncer do colo do útero no Brasil: análise da cobertura a partir do Sistema de Informação do Câncer. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], v. 41, n. 8, e00152224, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311XPT152224>. Acesso em: 3 nov. 2025.

SASLOW, D. et al. American Cancer Society, American Society for Colposcopy and Cervical Pathology, and American Society for Clinical Pathology screening guidelines for the prevention and early detection of cervical cancer. **CA: A Cancer Journal for Clinicians**, [s. l.], v. 62, n. 3, p. 147-172, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3322/caac.21139>. Acesso em: 3 nov. 2025.

SIEGEL, R. L. et al. Cancer statistics, 2021. **CA: A Cancer Journal for Clinicians**, [s. l.], v. 71, n. 1, p. 7-33, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3322/caac.21654>. Acesso em: 3 nov. 2025.

SILVA, M. A.; OLIVEIRA, L. S.; CARVALHO, R. F. Desafios éticos e regulatórios na implementação de inteligência artificial para detecção de câncer cervical no Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 345-356, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-93042021000200005>. Acesso em: 3 nov. 2025.

WILLIAM, W. et al. A review of image analysis and machine learning techniques for automated cervical cancer screening from pap-smear images. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, [s. l.], 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.05.034>. Acesso em: 14 nov. 2025.

WONG, O. G. W. et al. Machine learning interpretation of extended human papillomavirus genotyping by Onclarity in an Asian cervical cancer screening population. **Journal of Clinical Microbiology**, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/jcm.00997-19>. Acesso em: 14 nov. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO guideline for screening and treatment of cervical pre-cancer lesions for cervical cancer prevention**. Geneva: WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240030824>. Acesso em: 3 nov. 2025.



Editorial

Editor-chefe:

Vicente de Paulo Augusto de Oliveira Júnior
Centro Universitário Fanor Wyden
vicente.augusto@wyden.edu.br

Editora responsável:

Ozângela de Arruda Silva
Centro Universitário Fanor Wyden
ozangela.arruda@wyden.edu.br

Autor(es):

Ana Beatriz de Oliveira Souto
Centro Universitário Fanor Wyden
anabeatrizdeoliveirasouto@gmail.com
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Ellen Érika de Souza Castro
Centro Universitário Fanor Wyden
202408156529@alunos.unifanor.edu.br
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Wanessa Nascimento Barbosa
Centro Universitário Fanor Wyden
202212170197@alunos.unifanor.edu.br
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Roger Rodrigues da Silva
Centro Universitário Fanor Wyden
roger95silva@gmail.com
Contribuição: *Investigação, orientação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Submetido em: 08.04.2025

Aprovado em: 09.04.2026

Publicado em: 09.04.2026

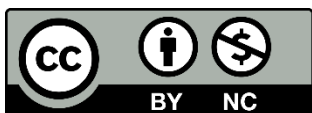
DOI: 10.5281/zenodo.20681130

Financiamento:

Como citar este trabalho:

SOUTO, Ana Beatriz de Oliveira; CASTRO, Ellen Érika de Souza; BARBOSA, Wanessa Nascimento; SILVA, Roger Rodrigues da. O USO DE MACHINE LEARNING NA DETECÇÃO PRECOCE DE CÂNCER DO COLO DO ÚTERO. **Duna: Revista Multidisciplinar de Inovação e Práticas de Ensino**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 115–128, 2026. DOI: 10.5281/zenodo.20681130. Disponível em: <https://wyden.periodicoscientificos.com.br/index.php/jornadacientifica/article/view/1317>. Acesso em: 13 jun. 2026. (ABNT)

Souto, A. B. de O., Castro, E. Érika de S., Barbosa, W. N., & Silva, R. R. da. (2026). O USO DE MACHINE LEARNING NA DETECÇÃO PRECOCE DE CÂNCER DO COLO DO ÚTERO. *Duna: Revista Multidisciplinar De Inovação E Práticas De Ensino*, 2(1), 115–128. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20681130> (APA)



© 2026 Duna – Revista Multidisciplinar de Inovação e Práticas de Ensino. Centro Universitário Fanor Wyden – UniFanor Wyden. Este trabalho está licenciado sob uma licença *Creative Commons* Atribuição - Não comercial - Compartilhar 4.0 Internacional CC-BY NC 4.0 Internacional).