

APLICAÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DE LESÃO POR PRESSÃO: REVISÃO INTEGRATIVA

Tatiana Luckow ¹, Fernanda Sant'Ana Tristão ²

¹ Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil (tatianaluckow@gmail.com)

² Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil

Resumo: Tecnologias de inteligência artificial, com predominância de Machine Learning, têm sido aplicadas na prevenção e tratamento de lesões por pressão, especialmente na predição de risco, monitoramento e avaliação automatizada. Os estudos demonstraram elevada acurácia e boa aplicabilidade clínica, contribuindo para a qualificação do cuidado. Entretanto, há necessidade de evidências mais robustas para sua consolidação na prática assistencial.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Aprendizado de Máquina; Lesão por Pressão; Cuidados de Enfermagem; Tomada de Decisão Clínica

INTRODUÇÃO

A lesão por pressão (LPP) constitui-se como um relevante problema de saúde pública, especialmente em contextos hospitalares e em instituições de longa permanência, em devido a sua elevada incidência e de suas repercussões clínicas, sociais e econômicas. Associadas ao aumento da morbidade, mortalidade e custos assistenciais, essas lesões impactam significativamente a qualidade de vida dos pacientes e a eficiência dos sistemas de saúde (Mondragon, 2025). São definidas como danos localizados na pele e/ou nos tecidos moles subjacentes, geralmente sobre proeminências ósseas ou relacionados ao uso de dispositivos médicos, podendo manifestar-se tanto em pele íntegra quanto como úlceras abertas, frequentemente dolorosas (SOBEST, 2016; NPIAP, 2025).

A fisiopatologia das lesões por pressão está diretamente relacionada à exposição à pressão intensa e/ou prolongada, isoladamente ou associada a forças de cisalhamento e fricção, que comprometem a perfusão tecidual, resultando em hipóxia celular e necrose. Adicionalmente, fatores como microclima, estado nutricional, perfusão tecidual, presença de comorbidades e condições clínicas gerais influenciam a tolerância dos tecidos às agressões mecânicas, evidenciando o caráter multifatorial dessas lesões (SOBEST, 2016).

Do ponto de vista clínico, as lesões por pressão apresentam-se em diferentes estágios, variando desde eritema não branqueável em pele íntegra até a perda total de tecido, com comprometimento potencial de estruturas profundas, como músculos, tendões e ossos. Destaca-se, ainda, a ocorrência de lesões relacionadas a dispositivos médicos, que frequentemente reproduzem o formato do dispositivo, ampliando a

complexidade do cuidado e dos processos de prevenção (Veloza, Hong e Bernado, 2025).

A magnitude das lesões por pressão é expressiva em âmbito global, com prevalência que pode atingir até 72,5% em diferentes contextos clínicos e geográficos (Pott *et al.*, 2023). No Brasil, estudos apontam prevalências entre 22,3% e 40%, enquanto, em unidades de terapia intensiva (UTI), dados internacionais indicam taxas entre 16,9% e 23,8%, evidenciando a elevada vulnerabilidade de pacientes críticos (Souza *et al.*, 2024). Estima-se, ainda, que aproximadamente 13% dos pacientes hospitalizados no mundo sejam acometidos por essas lesões, que apresentam cicatrização lenta e elevada propensão a complicações, como infecções secundárias, sepse e aumento do risco de mortalidade (McLaren-Kennedy *et al.*, 2023).

Além das repercussões clínicas, as lesões por pressão impõem impacto substancial aos serviços de saúde, estando associadas ao prolongamento do tempo de internação, ao aumento da utilização de recursos e à piora dos desfechos clínicos (Cortés; Vásquez, 2024). Do ponto de vista econômico, representam entre 1,4% e 1,9% dos gastos públicos em saúde, especialmente em decorrência de complicações e da necessidade de cuidados prolongados. Em escala internacional, os custos são igualmente expressivos, alcançando aproximadamente US\$ 26,8 bilhões anuais nos Estados Unidos, entre £ 1,4 e £ 2,1 bilhões no Reino Unido e cerca de AUD 9,11 bilhões na Austrália (McLaren-Kennedy *et al.*, 2023). Contudo, a mensuração desses custos ainda é limitada pela heterogeneidade metodológica dos estudos e pela escassez de análises robustas de custo-efetividade (Cortés; Vásquez, 2024).

Consideradas eventos adversos majoritariamente evitáveis, as lesões por pressão constituem importante



indicador da qualidade da assistência e da segurança do paciente, estando frequentemente associadas a falhas na implementação de medidas preventivas e na sistematização do cuidado (Montenegro de Albuquerque *et al.*, 2023). Nesse contexto, a enfermagem assume papel central, sendo responsável pela avaliação contínua do risco, pela implementação de intervenções preventivas e pelo monitoramento da integridade cutânea.

Entre as principais estratégias destacam-se a mudança periódica de decúbito, o uso de superfícies de redistribuição de pressão, a avaliação nutricional e a manutenção do microclima cutâneo adequado (Santos Maia *et al.*, 2025). A utilização de instrumentos preditivos, associada à educação permanente e à adoção de protocolos assistenciais, contribui para a redução da incidência dessas lesões. Entretanto, limitações como adesão inconsistente às práticas, sobrecarga de trabalho, escassez de recursos e lacunas na capacitação profissional comprometem a efetividade dessas estratégias (EPUAP, NPIAP e PPPIA ; Gonçalves *et al.*, 2025).

Paralelamente, a incorporação de tecnologias em saúde tem se consolidado como elemento estratégico para a qualificação da assistência, especialmente após a pandemia de COVID-19, que impulsionou a digitalização dos serviços (Sun *et al.*, 2022). Nesse cenário, a inteligência artificial (IA) emerge como uma das principais inovações, promovendo transformações nos processos de diagnóstico, tratamento e gestão do cuidado (Gomes da Silva, Paixão e Rodrigues, 2024).

A inteligência artificial pode ser compreendida como um conjunto de sistemas capazes de simular processos cognitivos humanos, fundamentando-se em pilares como aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural e visão computacional. Essas tecnologias permitem a análise de grandes volumes de dados clínicos, favorecendo a predição de riscos, o diagnóstico precoce e a personalização das intervenções terapêuticas (Gomes da Silva, Paixão e Rodrigues, 2024).

No contexto das lesões por pressão, a inteligência artificial tem demonstrado potencial significativo em diferentes etapas do cuidado, incluindo predição de risco, análise de imagens, classificação de lesões e suporte à tomada de decisão clínica. Modelos baseados em aprendizado de máquina apresentam elevada acurácia na identificação precoce de pacientes em risco, possibilitando intervenções preventivas mais oportunas e individualizadas (Padula *et al.*, 2024; Kim *et al.*, 2024). Adicionalmente, técnicas de visão computacional têm contribuído para a detecção e o monitoramento automatizado das lesões, ampliando a precisão diagnóstica e a padronização da avaliação clínica (Dweekat *et al.*, 2023; Luther *et al.*, 2023).

Apesar dos avanços, persistem lacunas relevantes quanto à validação clínica, aplicabilidade prática e

incorporação dessas tecnologias nos serviços de saúde, especialmente sob a perspectiva da enfermagem. Desafios relacionados à infraestrutura, interoperabilidade, segurança de dados, aspectos éticos e letramento digital, sobretudo em contextos marcados por desigualdades, como o brasileiro, limitam sua implementação em larga escala (Pinsky *et al.*, 2024; Rocha; Lopes, 2025; Quilezi *et al.*, 2025). Nesse contexto, torna-se necessária a sistematização dos conhecimentos disponíveis sobre o uso da inteligência artificial na prevenção e no tratamento das lesões por pressão. Frente ao exposto, o presente estudo tem como objetivo: Identificar, na literatura científica, os tipos de tecnologias baseadas em inteligência artificial aplicadas à prevenção e ao tratamento de lesões por pressão, analisando suas formas de aplicação no cuidado em saúde e os resultados quanto à efetividade, aplicabilidade clínica e potencial de incorporação na prática assistencial.

MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de revisão integrativa da literatura, método que possibilita a inclusão de diferentes delineamentos de pesquisa, tanto experimentais quanto não experimentais, permitindo uma compreensão ampliada do fenômeno investigado. Essa abordagem integra evidências teóricas e empíricas, favorecendo a análise de conceitos, teorias e aspectos metodológicos, contribuindo para a construção de um panorama consistente sobre temas relevantes para a enfermagem (Souza; Silva; Carvalho, 2010).

Na condução desta revisão, foram seguidas as seguintes etapas: identificação do problema e elaboração da questão norteadora; definição da estratégia de busca e seleção dos estudos; avaliação crítica e análise dos artigos incluídos; e síntese integrativa dos achados (Whittemore; Knafl, 2005).

A questão de pesquisa foi estruturada com base na estratégia PICO, considerando: P (fenômeno) – pacientes com risco ou presença de lesão por pressão; I (interesse) – tecnologias baseadas em inteligência artificial; e Co (contexto) – cuidado em saúde. Assim, definiu-se a seguinte questão norteadora: Como as tecnologias de inteligência artificial têm sido aplicadas na prevenção e no tratamento de lesões por pressão?

A busca dos estudos foi realizada na base de dados PubMed. A seleção dessa base justifica-se por sua ampla cobertura de literatura biomédica internacional, incluindo periódicos indexados na MEDLINE, o que possibilita o acesso a evidências científicas atualizadas e relevantes na área da saúde.

Para a identificação dos estudos, foram utilizados descritores controlados (MeSH) e termos livres, combinados por meio de operadores booleanos na base de dados PubMed. Os termos empregados



incluíram: “pressure injury” OR “pressure ulcer”, associados a “artificial intelligence” OR “machine learning” OR “deep learning” OR “neural networks”. A estratégia de busca foi estruturada com o operador booleano AND para a interseção dos conceitos e OR para a inclusão de sinônimos, resultando na seguinte expressão: (“pressure injury” OR “pressure ulcer”) AND (“artificial intelligence” OR “machine learning” OR “deep learning” OR “neural networks”). A busca foi adaptada conforme a sintaxe da base de dados, visando ampliar a sensibilidade e a recuperação dos estudos relevantes.

Os critérios de inclusão estabelecidos foram: artigos científicos publicados em base de dados previamente selecionada, com disponibilidade de texto completo, nos idiomas português ou inglês, publicados no período de 2021 a 2026, que apresentassem dados originais (estudos primários) relacionados ao uso de tecnologias baseadas em inteligência artificial na prevenção e no tratamento de lesões por pressão. Foram incluídos estudos metodológicos e, adicionalmente, protocolos de estudos, considerando

sua relevância para a compreensão do avanço tecnológico na área. Embora a revisão integrativa permita a inclusão de diferentes delineamentos de estudo, optou-se, no presente estudo, pela inclusão de estudos primários, incluindo estudos metodológicos, considerando a natureza do objeto investigado.

A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas. Inicialmente, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos dos estudos identificados, com o objetivo de verificar sua adequação aos critérios de inclusão previamente definidos. Em seguida, realizou-se a leitura na íntegra dos estudos elegíveis para confirmação da elegibilidade e inclusão final na revisão.

A busca inicial resultou em um total de 551 estudos. Após a leitura dos títulos e resumos, foram selecionados 18 estudos potencialmente elegíveis. Na etapa de leitura na íntegra, quatro estudos foram excluídos, um por duplicidade e três por indisponibilidade do texto completo. Dessa forma, a amostra final desta revisão foi composta por 14 artigos, os quais foram submetidos à análise detalhada

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados 14 artigos científicos que atenderam aos critérios de inclusão estabelecidos nesta revisão, os quais abordaram o uso de tecnologias baseadas em inteligência artificial na prevenção e no tratamento de lesões por pressão no contexto do cuidado em saúde.

O Quadro 1 apresenta a síntese dos estudos incluídos na presente revisão, contemplando a numeração dos artigos, os autores e título, o ano de publicação, o tipo de delineamento, bem como a classificação quanto ao nível de evidência e ao grau de recomendação, conforme os critérios do Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. Essa organização possibilita a visualização sistematizada das características metodológicas dos estudos, permitindo a análise comparativa e a hierarquização das evidências disponíveis acerca da temática investigada.

Quadro 1 – Síntese dos estudos incluídos com numeração, autores e título, ano de publicação, tipo de delineamento, nível de evidência e grau de recomendação segundo o Oxford Centre for Evidence-Based Medicine.

Nº	Autores e título	Ano	TD	NE	Grau
01	ANDERSON, Christine; BEKELE, Zerihun; QIU, Yongkai; TSCHANEN, Dana; DINO, Ivo D. Modeling and prediction of pressure injury in hospitalized patients using artificial intelligence.	2021	Estudo observacional	4	C
02	WU, Shu-Chen; LI, Yu-Chuan; CHEN, Hsiao-	2021	Estudo metodológico	5	D

	Ling et al. Using artificial intelligence for the early detection of micro-progression of pressure injuries in hospitalized patients.				
03	SONG, Wenyu; KANG, Min-Jeoung; ZHANG, Linying et al. Predicting pressure injury using nursing assessment phenotypes and machine learning methods.	2021	Estudo de coorte	2	B
04	LAU, Chun Hon; YU, Ken Hung-On; YIP, Tsz Fung et al. An artificial intelligence-enabled smartphone app for real-time pressure injury assessment.	2022	Estudo metodológico	5	D
05	LUSTIG, Maayan; SCHWARTZ, Dafna; BRYANT, Ruth; GEFEN, Amit. A machine learning algorithm for early detection of heel deep tissue injuries based on sub-epidermal moisture measurements.	2022	Estudo metodológico	5	D
06	ALDERDEN, Jenny; JOHNNY, Jace; BROOKS, Katie R. et al. Explainable artificial intelligence for early prediction of pressure injury risk.	2024	Estudo observacional	4	C
07	YANG, Feiying; CHEN, Huiying; SHAN, Yajuan et al. Preventing postoperative moderate- and high-risk pressure injuries with artificial intelligence-powered smart decompression mattress: a retrospective cohort analysis.	2024	Estudo de coorte	2	B
08	GE, Xiaofang; DU, Liping; SHI, Aili. Development and application of an intelligent pressure injury assessment system using AI image recognition.	2024	Estudo quase-experimental	2	B



09	KIM, Jaeseung; KIM, Mujung; YOUN, Heejun et al. Method for enhancing AI accuracy in pressure injury detection using real and synthetic datasets.	2024	Estudo metodológico	5	D
10	TRUTSCHL, Maya; CVEK, Urska; BRUMLEY, Andrea L. et al. Mitigation of pressure injuries utilizing machine learning and an inertial wearable.	2024	Estudo metodológico	5	D
11	PADULA, Guilherme V.; ARMSTRONG, David G.; PRONOVOST, Peter J. et al. Prediction of pressure injury risk in hospitalized patients using machine learning with electronic health records: a multilevel cohort study.	2024	Estudo de coorte	2	B
12	KIRKLAND-KYHN, Holly; SENGUL, Tuba; KARADAG, Ayise et al. Exploring nurses' acceptability and readiness for patient-centered artificial intelligence systems in pressure injury prevention.	2025	Estudo observacional	4	C
13	QIAN, Yijie; PAN, Hongying; CHEN, Jun et al. Development of an explainable machine learning model for predicting device-related pressure injuries in clinical settings.	2025	Estudo observacional	4	C
14	PINNEKAMP, Hannah; RENTSCHLER, Vanessa; MAJOUTI, Khalid et al. Controlled pilot intervention study on the effects of an AI-based application to support assessment and care: study protocol.	2025	Estudo de intervenção	5	D
TD: Tipo de delineamento; NE: nível de evidência; Grau: grau de recomendação que indica a confiabilidade da evidência científica para orientar a prática clínica.					

1. Nível de evidência e grau de recomendação dos estudos

No que se refere ao nível de evidência dos estudos incluídos, observou-se predominância de delineamentos classificados como de nível de evidência moderado, a baixo. Estudos classificados como nível de evidência 2, correspondentes principalmente a delineamentos de coorte e quase-experimentais, foram identificados em menor proporção (3, 7, 8, 11). Por outro lado, estudos com nível de evidência 4, caracterizados como observacionais, estiveram presentes em número relevante (1, 6, 12, 13).

Observou-se, ainda, predominância de estudos com nível de evidência 5, majoritariamente metodológicos, o que evidencia a incipiência das evidências científicas robustas na área (2, 4, 5, 9, 10, 14).

Quanto ao grau de recomendação, verificou-se predominância de estudos classificados com grau B, associados a evidências oriundas de estudos de melhor consistência metodológica, porém ainda não consideradas de alto nível (3, 7, 8, 11). Em

contrapartida, estudos com grau C, correspondentes a evidências provenientes de estudos observacionais, também foram frequentes (1, 6, 12, 13).

Observou-se maior concentração de estudos com grau de recomendação D, relacionados a investigações metodológicas ou com menor robustez de evidência científica, indicando limitações quanto à generalização dos resultados e à incorporação imediata na prática clínica (2, 4, 5, 9, 10, 14).

De forma geral, os achados evidenciam que, embora haja crescente interesse na aplicação da inteligência artificial na prevenção e tratamento de lesões por pressão, a literatura ainda apresenta predominância de estudos com níveis de evidência intermediários e baixos, o que impacta diretamente o grau de recomendação das tecnologias avaliadas e reforça a necessidade de estudos com delineamentos mais robustos para consolidação de evidências aplicáveis à prática assistencial.

A predominância de estudos com níveis de evidência moderado a baixo, evidencia que, apesar do avanço no desenvolvimento de tecnologias baseadas em inteligência artificial, a produção científica na área ainda se encontra em estágio de consolidação (Chen; Chi, 2023). O elevado número de estudos classificados como nível de evidência 5, majoritariamente metodológicos, indica que grande parte das investigações está voltada ao desenvolvimento e validação inicial de modelos, com menor foco na avaliação de sua efetividade em contextos clínicos reais.

A presença significativa de estudos observacionais (nível 4) e a menor proporção de delineamentos mais robustos, como estudos de coorte e quase-experimentais (nível 2), reforçam a limitação quanto à força das evidências disponíveis. Esse cenário impacta diretamente o grau de recomendação das tecnologias analisadas, com predominância de classificações intermediárias (grau B e C) e menor robustez científica (grau D), o que pode restringir sua incorporação imediata na prática assistencial (Brunt; Morris, 2023).

Nesse contexto, observa-se que o avanço das tecnologias baseadas em inteligência artificial tem ocorrido de forma recente e ainda em fase de desenvolvimento, o que contribui para a limitada disponibilidade de evidências clínicas de alta qualidade. Esse cenário indica a necessidade de estudos mais robustos, que avaliem não apenas o desempenho dos modelos, mas também seus impactos na prática clínica e nos desfechos assistenciais.

2. Tipos de Inteligência Artificial

Foram identificados diferentes tipos de tecnologias baseadas em inteligência artificial aplicadas à prevenção e ao tratamento de lesões por pressão. Observou-se predominância de modelos de Machine



Learning (ML), incluindo algoritmos como Random Forest, Support Vector Machine (SVM) e redes neurais (01, 03, 05, 10, 11), além de abordagens mais avançadas, como Deep Learning para análise de imagens (04, 08).

Também foram identificadas tecnologias baseadas em Explainable Artificial Intelligence (XAI), que permitem a interpretação dos resultados dos modelos (06, 13), bem como soluções integradas a dispositivos assistenciais, como colchões inteligentes com sensores (07) e dispositivos vestíveis (wearables) para monitoramento da posição corporal (10). Além disso, destacam-se aplicações envolvendo inteligência artificial generativa associada a chatbots (09), sistemas integrados ao prontuário eletrônico (Electronic Medical Record – EMR) (08), modelos longitudinais de predição (11) e aplicações centradas no paciente (12), bem como aplicativos móveis baseados em análise de imagem e aprendizado de máquina (14).

O Machine Learning (ML) constitui uma subárea da inteligência artificial, caracterizada pela capacidade de identificar padrões a partir de dados de forma automatizada, sem a necessidade de programação explícita. Esses modelos aprendem com os dados de maneira progressiva e experimental, sendo amplamente utilizados na área da saúde para apoiar a análise de informações e a tomada de decisão clínica (Rahmani *et al*, 2021).

Algoritmos são conjuntos de instruções computacionais utilizados para processar dados e gerar resultados ou previsões (Raubitzek; Neubauer, 2021). Nesse contexto, algoritmos como Random Forest, Support Vector Machine (SVM) e redes neurais são amplamente utilizados na análise de dados clínicos e predição de risco. O Random Forest combina múltiplas árvores de decisão para aumentar a precisão das previsões (Salman; Kalakech; Steiti, 2024) enquanto o SVM classifica dados ao estabelecer limites entre diferentes grupos (Khan *et al*, 2023).

As redes neurais identificam padrões complexos em grandes volumes de dados (Islam, Chen, Jin, 2019), sendo utilizadas no contexto da lesão por pressão para analisar informações clínicas e imagens da pele, permitindo a identificação de áreas de risco, a detecção precoce de alterações teciduais e a classificação do estágio das lesões (Lei *et al*, 2025).

O Deep Learning, baseado em redes neurais profundas, estruturas compostas por múltiplas camadas de processamento que permitem ao modelo aprender progressivamente características simples até padrões mais complexos (Naskath, Sivakamasundari e Begum, 2022), destaca-se na análise de imagens médicas por sua capacidade de extrair automaticamente informações relevantes dos dados, sem a necessidade de definição manual de atributos (Yu *et al*, 2021). Essa abordagem possibilita a

identificação, segmentação e classificação automatizada de estruturas e lesões por pressão com elevada acurácia, sendo amplamente utilizada em tarefas como detecção precoce, estadiamento e monitoramento de condições clínicas.

Tecnologias baseadas em Explainable Artificial Intelligence (XAI) são descritas como ferramentas que permitem tornar compreensível o processo de tomada de decisão dos sistemas de inteligência artificial. Diferentemente de modelos considerados “caixa-preta”, que apresentam respostas sem explicitar seus critérios, a XAI promove maior transparência ao indicar variáveis relevantes, como características clínicas dos pacientes. Dessa forma, contribui para ampliar a compreensão, a confiança e a utilização dessas tecnologias por profissionais de saúde (Carvalho, Pereira e Cardoso, 2019).

Os chatbots são sistemas de inteligência artificial desenvolvidos para simular conversas humanas por meio da linguagem natural, permitindo interações mais flexíveis, contextuais e próximas da comunicação humana. Esses sistemas utilizam modelos avançados, como os Large Language Models (LLMs), que possibilitam compreender intenções, interpretar contextos e gerar respostas mais coerentes e adaptadas às necessidades dos usuários. Podem ser aplicados em diferentes áreas, incluindo a saúde, atuando no suporte à orientação, triagem de informações e apoio à tomada de decisão (Pappula; Allam, 2023).

3. Formas de aplicação no cuidado em saúde

No que se refere às formas de aplicação, verificou-se que as tecnologias de inteligência artificial são utilizadas principalmente para predição de risco, monitoramento contínuo, avaliação automatizada de lesões e suporte à tomada de decisão clínica.

A predição de risco foi a aplicação mais frequente, sendo observada em estudos que utilizaram dados clínicos e administrativos, incluindo informações provenientes de prontuários eletrônicos e dados de enfermagem (01, 03, 05, 06, 11, 13). O monitoramento contínuo foi identificado em tecnologias que utilizam sensores e dispositivos inteligentes para acompanhamento da pressão corporal e da posição do paciente (07, 10), bem como em sistemas que permitem avaliação em tempo real.

A avaliação automatizada de lesões foi evidenciada em estudos que utilizaram análise de imagens para classificação e detecção de lesões por pressão (02, 04, 08, 09, 14), incluindo aplicações móveis e sistemas integrados ao prontuário eletrônico. Além disso, foram identificadas aplicações voltadas ao suporte à tomada de decisão clínica e à organização do cuidado, incluindo sistemas centrados no paciente e ferramentas de apoio à prática de enfermagem (12, 14)



A predição ou avaliação de risco consiste em estimar a probabilidade de um paciente desenvolver determinada condição clínica a partir da análise sistemática de múltiplos fatores de risco, com o objetivo de orientar a tomada de decisão e a implementação de medidas preventivas (Ajitsaria, Eissa; Kerridge, 2018).

No contexto da lesão por pressão, essa avaliação envolve a consideração de variáveis como mobilidade, estado nutricional e perfusão tecidual, sendo tradicionalmente realizada por meio da avaliação clínica e da utilização de escalas padronizadas (Gould *et al.*, 2024).

O monitoramento contínuo na prevenção de lesão por pressão funciona por meio de sensores instalados em superfícies, como colchões, que captam continuamente dados de pressão e posição do paciente. Essas informações são processadas por algoritmos que identificam padrões de risco, permitindo detectar precocemente áreas de maior pressão ou tempo prolongado sem mudança de posição. A partir dessa análise, o sistema pode gerar alertas ou recomendações, como a necessidade de reposicionamento, apoiando a tomada de decisão da equipe de enfermagem (Silva *et al.*, 2022).

A análise de imagens para detecção e classificação de lesões por pressão baseia-se na captura padronizada de fotografias da pele, que são processadas por algoritmos de inteligência artificial, especialmente redes neurais convolucionais, capazes de extrair e analisar características como coloração, textura, limites da lesão e presença de tecidos como necrose, esfacelo, granulação (Zahia *et al.*, 2018).

A partir desse processamento, os sistemas realizam a identificação e a classificação automatizada dos estágios da lesão, podendo também estimar sua área e evolução ao longo do tempo. Em aplicações móveis, essas análises podem ocorrer diretamente no dispositivo ou via processamento em nuvem, favorecendo o uso à beira-leito (Toffaha, Simsekler, Omar, 2023). Quando integrados ao prontuário eletrônico, permitem o registro sistematizado das imagens, o acompanhamento longitudinal e a geração de informações que subsidiam a tomada de decisão clínica e a padronização da avaliação (Lei *et al.*, 2025;

4. Efetividade, aplicabilidade clínica e potencial de incorporação

Observou-se que as tecnologias de inteligência artificial apresentaram, de modo geral, níveis elevados de efetividade, especialmente nos estudos que utilizaram modelos preditivos e análise de imagens. Foram relatados altos níveis de acurácia, como Area Under the Curve – AUC, que avalia a capacidade do modelo em diferenciar corretamente pacientes com e sem risco de desenvolver lesão por pressão de até 0,94

(03), 0,964 (13) e acurácia de até 93,8% (10), demonstrando elevada capacidade dos modelos em prever o risco de lesão por pressão e identificar fatores associados. E melhorias na capacidade de predição e identificação de fatores de risco (01, 03, 05).

No que se refere à aplicabilidade clínica, a maioria dos estudos indicou aplicabilidade moderada a alta, destacando-se tecnologias integradas a sistemas clínicos, dispositivos inteligentes e aplicativos móveis (04, 07, 08, 10, 12, 14). Essas aplicações contribuíram para a otimização do cuidado, redução do tempo assistencial, melhoria da tomada de decisão e padronização das avaliações clínicas.

Quanto ao potencial de incorporação na prática assistencial, observou-se predominância de tecnologias com viabilidade de implementação em médio prazo (01, 02, 03, 05, 06, 07, 09, 10), enquanto algumas apresentaram potencial de incorporação em curto a médio prazo (08, 11, 12, 13) e curto prazo (14), especialmente aquelas já integradas a sistemas clínicos ou com aplicação direta no cuidado de enfermagem.

A efetividade da inteligência artificial (IA) refere-se à capacidade de tecnologias baseadas em IA produzirem resultados desejados e relevantes quando aplicadas em condições reais de uso, especialmente nos contextos assistencial, educacional ou gerencial em saúde, abrangendo o impacto prático de sua utilização no mundo real, incluindo sua contribuição para a melhoria de desfechos clínicos, o apoio à tomada de decisão e a qualificação dos processos de cuidado (Martinez-Millana *et al.*, 2022; Ouanes, Farhah, 2024).

A acurácia corresponde à proporção de previsões corretas (verdadeiros positivos e verdadeiros negativos) em relação ao total de observações, sendo amplamente utilizada para avaliar modelos de classificação, como algoritmos de inteligência artificial em saúde (Moharrami *et al.*, 2024).

Os resultados de estudo de revisão sistemática com meta-análise demonstraram que os algoritmos de inteligência artificial apresentam elevado desempenho diagnóstico na identificação de lesões por pressão, com sensibilidade combinada de 0,77 (IC 95%: 0,76–0,77) e especificidade de 0,92 (IC 95%: 0,92–0,92). A área sob a curva ROC (AUC) de 0,928 reforça a alta acurácia global dos modelos, indicando excelente capacidade discriminativa. Adicionalmente, a razão de verossimilhança positiva (LR+ = 9,87) e a razão de verossimilhança negativa (LR– = 0,26) corroboram a utilidade clínica desses sistemas. Esses achados indicam que a IA possui desempenho robusto e consistente para o diagnóstico de lesões por pressão, embora sua aplicabilidade clínica deva ser interpretada com cautela diante das limitações metodológicas dos estudos incluídos (Ge *et al.*, 2025). A aplicabilidade clínica da inteligência artificial na prevenção e no tratamento de lesão por pressão



representa um avanço relevante para a qualificação do cuidado, ao permitir a identificação precoce de riscos e o monitoramento contínuo da integridade da pele.

Estudo de revisão sistemática demonstrou que algoritmos como o random forest apresentam alta acurácia (AUC 0,95) e elevada especificidade, o que sugere forte potencial para uso na prática clínica, especialmente na identificação de pacientes com baixo risco e na otimização de recursos assistenciais. Além disso, modelos com boa sensibilidade, como support vector machines, podem contribuir para a detecção precoce de pacientes em risco de LPP, permitindo intervenções preventivas oportunas (Qu *et al.*, 2022).

Os achados desta revisão evidenciam que a inteligência artificial apresenta elevado desempenho na prevenção e no tratamento de lesões por pressão, com potencial para apoiar a tomada de decisão e qualificar o cuidado. Entretanto, limitações metodológicas, indicam que a aplicabilidade clínica da IA ainda requer evidências mais robustas e estudos conduzidos em contextos reais de assistência.

CONCLUSÃO

Os resultados desta revisão integrativa evidenciam a predominância de modelos de Machine Learning (ML) na prevenção e no tratamento de lesões por pressão, incluindo algoritmos como Random Forest, Support Vector Machine (SVM) e redes neurais, além de aplicações de Deep Learning e inteligência artificial explicável, integradas a dispositivos inteligentes, prontuários eletrônicos e aplicativos móveis. Essas tecnologias têm sido utilizadas principalmente para predição de risco, monitoramento contínuo, avaliação automatizada de lesões e suporte à tomada de decisão clínica.

De modo geral, os estudos demonstraram resultados promissores, com elevada acurácia preditiva, potencial para identificação precoce de fatores de risco e boa aplicabilidade clínica, contribuindo para a padronização das práticas, redução do tempo assistencial e qualificação do cuidado. Contudo, a predominância de estudos com níveis de evidência moderado a baixo evidencia lacunas na produção científica e a necessidade de investigações mais robustas.

Como limitações, destacam-se a heterogeneidade das tecnologias analisadas, a variabilidade dos cenários e desfechos avaliados e a utilização de uma única base de dados, o que pode ter restringido a abrangência dos achados.

No que se refere às implicações para a prática, essas tecnologias apresentam potencial para qualificar a assistência, especialmente na identificação precoce de risco, monitoramento clínico e apoio à tomada de decisão, contribuindo para maior segurança do

paciente e otimização do trabalho da equipe de enfermagem.

Diante disso, recomenda-se o desenvolvimento de estudos mais robustos e investigações voltadas à implementação dessas tecnologias nos serviços de saúde, bem como o investimento na capacitação dos profissionais e na integração aos sistemas de informação.

A inteligência artificial constitui uma estratégia inovadora e promissora para qualificar o cuidado na prevenção e no tratamento de lesões por pressão, embora sua consolidação ainda dependa do avanço das evidências e da superação de desafios relacionados à sua implementação.

REFERÊNCIAS

AJITSARIA, Pragma; EISSA, Sabry Z.; KERRIDGE, Ross K. Risk assessment. **Current Anesthesiology Reports**, v. 8, p. 1–8, 2018.

ALDERDEN, Jenny; JOHNNY, Jace; BROOKS, Katie R., *et al.* Explainable artificial intelligence for early prediction of pressure injury risk. **American Journal of Critical Care**, v. 33, n. 5, p. 373–381, 2024.

ANDERSON, Christine; BEKELE, Zerihun; QIU, Yongkai; *et al.* Modeling and prediction of pressure injury in hospitalized patients using artificial intelligence. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, v. 21, n. 253, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTOMATERAPIA (SOBEST). **Consenso NPUAP 2016: classificação das lesões por pressão**. 2016.

BRUNT, Barbara. A.; MORRIS, Melanie. M. Nursing Professional Development: Evidence-Based Practice. **Treasure Island (FL): StatPearls Publishing**, 2023.

CARVALHO, Diogo V.; PEREIRA, Eduardo M.; CARDOSO, Jaime S. Machine learning interpretability: a survey on methods and metrics. **Electronics**, v. 8, n. 8, p. 832, 2019.

CHEN, Yen-Ning; CHI, Ching-Chi. Levels of evidence and study designs: a brief introduction to dermat-epidemiological research methodology. **Dermatologica Sinica**, v. 41, n. 4, p. 199–205, Oct./Dec. 2023.

CORTÉS, L.Olga; VÁSQUEZ, Skarlet M. Patient Repositioning during Hospitalization and Prevention of Pressure Ulcers: a Narrative Review. **Invest Educ Enferm**. 2024 Mar;42(1):e07.



DWEEKAR, Odai.Y.; LAM Sarah.S.; MCGRATH, Lindsay. Machine Learning Techniques, Applications, and Potential Future Opportunities in Pressure Injuries (Bedsore) Management: A Systematic Review. **Int J Environ Res Public Health**. 2023 Jan 1;20(1):796.

European Pressure Ulcer Advisory Panel (EPUAP), National Pressure Injury Advisory Panel (NPIAP) and Pan Pacific Pressure Injury Alliance (PPPIA). **Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Clinical Practice Guideline**. The International Guideline. Emily Haesler (Ed.). EPUAP/NPIAP/PPPIA: 2019.

GE, Xiaofang; DU, Liping; SHI, Aili. Development and application of an intelligent pressure injury assessment system using AI image recognition. **Artificial Intelligence in Medicine**, v. 33, n. 3, 2024.

GE, Yu; AIHEMAITINIYAZI, Subinuer; ZHANG, Xu. Artificial intelligence performance on pressure injury diagnosis: a systematic review and meta-analysis. **Advances in Wound Care, OnlineFirst**, 2025.

GOMES DA SILVA, Gabriela; PAIXÃO, Hugo; RODRIGUES, Mariana Luiza A. Desafios do uso da inteligência artificial nos diagnósticos de saúde: uma revisão integrativa. **Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário, [S. l.]**, v. 13, n. 2, p. 11–18, 2024.

GONÇALINHO, Nadine C.; COSTA, Maria Antónia. Prevenção e controle de lesões por pressão na pessoa em situação crítica: quais as estratégias que os enfermeiros devem adotar? Uma revisão de escopo. **RIASE, VOL 11 N°1** abril de 2025.

GOULD, Lisa J.; ALDERDEN, Jenny; ASLAM, Rummana, *et al.* WHS guidelines for the treatment of pressure ulcers—2023 update. **Wound Repair and Regeneration**, v. 32, n. 1, p. 6–33, jan./fev. 2024. ISLAM, Mohaiminul; CHEN, Guorong; JIN, Shangzhu. An overview of neural network. **American Journal of Neural Networks and Applications**, v. 5, n. 1, p. 7–11, 2019.

KHAN, Sundas Naqeeb; KHAN, Samra Urooj; AZNAOUI, Hanane, *et al.* Generalization of linear and non-linear support vector machine in multiple fields: a review. **Computer Science and Information Technologies**, v. 4, n. 3, p. 226–239, nov. 2023.

KIM, Jaeseung; KIM, Mujung; YOUN, Heejun, *et al.* Method for enhancing AI accuracy in pressure injury detection using real and synthetic datasets. **Applied Sciences**, v. 14, n. 20, p. 9396, 2024.

KIM, Yuna; LIM, Myungeun; KIM, Young S., *et al.* Abordagem integrada de aprendizado de máquina para a predição precoce de úlceras de pressão em pacientes com lesão medular. **Journal of Clinical Medicine**. 2024; 13(4):990

KIRKLAND-KYHN, Holly; SENGUL, Tuba; KARADAG, Ayise, *et al.* Exploring nurses' acceptability and readiness for patient-centered artificial intelligence systems in pressure injury prevention. **Advances in Skin & Wound Care**, v. 38, n. 9, p. 488–495, 2025.

LAU, Chun Hon; YU, Ken Hung-On; YIP, Tsz Fung, *et al.* An artificial intelligence-enabled smartphone app for real-time pressure injury assessment. **Frontiers in Medical Technology**, v. 4, 2022.

LEI, Changbin; JIANG, Yan; XU, Ke, *et al.* Convolutional neural network models for visual classification of pressure ulcer stages: cross-sectional study. **JMIR Medical Informatics**, v. 13, e62774, p. 1, 2025.

LUSTIG, Maayan; SCHWARTZ, Dafna; BRYANT, Ruth, *et al.* A machine learning algorithm for early detection of heel deep tissue injuries based on a daily history of sub-epidermal moisture measurements. **International Wound Journal**, 2022.

LUTHER, Stephen L.; THOMASON, Susan S.; SABHARWAL, Sunil, *et al.* Machine learning to develop a predictive model of pressure injury in persons with spinal cord injury. **Spinal Cord**. 2023 Sep;61(9):513-520.

MARTINEZ-MILLANA, Antonio; SAEZ-SAEZ, Aida; TORNERO-COSTA, Roberto, *et al.* Artificial intelligence and its impact on the domains of universal health coverage, health emergencies and health promotion: an overview of systematic reviews. **International Journal of Medical Informatics**, v. 166, 104855, out. 2022.

MCLAREN-KENNEDY, Annette; CHABOYER, Wendy; CARLINI, Joan, *et al.* Uso de dispositivos de umidade subepidérmica no ponto de atendimento para detectar edema localizado e avaliar o risco de lesão por pressão: uma revisão de escopo. **Jornal de Enfermagem Clínica**, 32, 5478–5492.2023.

MOHARRAMI, Mohammad; ZAVAREH, Parnia Azimian; WATSON, Erin, *et al.* Prognosing post-treatment outcomes of head and neck cancer using structured data and machine learning: a systematic review. **PLOS ONE**, 24 jul. 2024.



MONDRAGON, Natalie; ZITO, Patrick M. Lesão por Pressão. [Atualizado em 28 de fevereiro de 2024]. **Treasure Island (FL): StatPearls Publishing**; janeiro de 2026.

MONTENEGRO DE ALBUQUERQUE, Adriana; MENDONÇA DE OLIVERA, Ana Elza; DE SOUZA, Maria Amélia, *et al.* Prevenção de lesão por pressão: efetividade de intervenção educativa no conhecimento de profissionais de enfermagem. **Revista Enfermagem Atual In Derme**, [S. l.], v. 97, n. 4, p. e023183, 2023.

NASKATH, J.; SIVAKAMASUNDARI, G.; BEGUM, A. A. S. A study on different deep learning algorithms used in deep neural nets: MLP, SOM and DBN. **Wireless Personal Communications**, v. 128, p. 2913–2936, 2023.

NPIAP. INTERNATIONAL GUIDELINE. **Etiology of pressure ulcers**.

OUANES, Khaled; FARHAH, Nesren. Effectiveness of artificial intelligence (AI) in clinical decision support systems and care delivery. **Journal of Medical Systems**, v. 48, art. 74, 2024.

PADULA William V.; ARMSTRONG, David G.; PRONOVOST, Peter J., *et al.* Predicting pressure injury risk in hospitalised patients using machine learning with electronic health records: a US multilevel cohort study. **BMJ Open**. 2024 Apr 9;14(4):e082540.

PAPPULA, Sharmila Reddy; ALLAM, S. LLMs for conversational AI: enhancing chatbots and virtual assistants. **International Journal of Research Publication and Reviews**, v. 4, n. 12, p. 1601–1611, dez. 2023.

PINNEKAMP, Hannah; RENTSCHLER, Vanessa; MAJJOUTI, Khalid, *et al.* Controlled pilot intervention study on the effects of an AI-based application to support incontinence-associated dermatitis and pressure injury assessment, nursing care and documentation: study protocol. **Research in Nursing & Health**, v. 48, p. 419–428, 2025

PINSKY, Michael R.; BEDOYA, Armando; BIHORAC, Azra, *et al.* Use of artificial intelligence in critical care: opportunities and obstacles. **Crit Care**. 2024 Apr 8;28(1):113.

POTT, Franciele S.; MEIER, Marineli J.; STOCCO, Janislei G.D., *et al.* Pressure injury prevention measures: overview of systematic reviews. **Rev Esc Enferm USP**. 2023 Dec 22;57:e20230039.

QIAN, Yijie; PAN, Hongying; CHEN, Jun, *et al.* Development of an explainable machine learning model for predicting device-related pressure injuries in clinical settings. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, v. 25, p. 256, 2025.

QUILEZI, Fernando A.; GALVÃO, Ana Paula M.; MOTA E SILVA, Carolina G., *et al.* A transformação digital na saúde: impactos da inteligência artificial e da telemedicina na assistência ao paciente. **Revista de Geopolítica**, [S. l.], v. 16, n. 5, p. e952, 2025.

QU, C. *et al.* The predictive effect of different machine learning algorithms for pressure injuries in hospitalized patients: a network meta-analyses. **Heliyon**, v. 8, n. 11, e11361, 2022. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e11361.

RAHMANI, Amir Masoud; YOUSEFPOOR, Efat; YOUSEFPOOR, Mohammad Sadegh, *et al.* Machine Learning (ML) in Medicine: Review, Applications, and Challenges. **Mathematics**, v. 9, p. 2970, 2021.

RAUBITZEK, Sebastian; NEUBAUER, Thomas. Taming the chaos in neural network time series predictions. **Entropy (Basel)**, v. 23, n. 11, p. 1424, 2021.

ROCHA, Alyne A.; LOPES, Angela Maria M. Desafios sociais da telemedicina no Brasil: uma revisão de literatura. **Fisioter Bras**. 2025;26(2):2147–2153.

SALMAN, Hasan Ahmed; KALAKECH, Ali; STEITI, Amani. Random Forest Algorithm Overview. **Babylonian Journal of Machine Learning**, v. 2024, p. 69–79, 2024.

SANTOS MAIA, Luiz F.; LIMA, Fledson de S.; MAIA, Janiza S. Cuidados com a pele em pessoas idosas: ações de enfermagem na prevenção de lesão por pressão. **Revista Recien - Revista Científica de Enfermagem**, [S. l.], v. 15, n. 43, p. 289–295, 2025.

SILVA, Arlindo; METRÔLHO, José; RIBEIRO, Fernando, *et al.* A review of intelligent sensor-based systems for pressure ulcer prevention. **Computers**, v. 11, n. 1, p. 6, 2022.

SONG, Wenyu; KANG, Min-Jeoung; ZHANG, Linying, *et al.* Predicting pressure injury using nursing assessment phenotypes and machine learning methods. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 28, n. 4, p. 759–765, 2021.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o



que é e como fazer. **Einstein**, São Paulo, v. 8, n. 1, pt. 1, p. 102-106, 2010.

SOUZA, Taís Milena P.; NOGUEIRA, Paula C.; SANTOS, Vera Lucia C.G. *et al.* Lesão por pressão em pacientes críticos: prevalência e fatores associados. **ESTIMA, Braz J Enterostomal Ther.** 2024;22:e1519.

SUN, Violeta; SANDES GUIMARÃES, Luisa V.; ARAUJO, Marcelo H. Transformação digital e o cenário da telessaúde no Brasil: reflexões sobre a pandemia COVID-19. **Panorama Setorial da Internet** N°1 março, 2022 Ano 14.

TOFFAHA, Khaled M.; SIMSEKLER, Mecit Can Emre; OMAR, Mohammed Atif. Leveraging artificial intelligence and decision support systems in hospital-acquired pressure injuries prediction: a comprehensive review. **Artificial Intelligence in Medicine**, v. 141, 102560, jul. 2023.

TRUTSCHL, Maya; CVEK, Urska; BRUMLEY, Andrea L., *et al.* Mitigation of pressure injuries utilizing machine learning and an inertial wearable. In: WYLD, David C. *et al.* (Eds.). **EDUIT, BMLI, NSEC – 2024. CS & IT - CSCP 2024**, p. 47-56, 2024.

VELOZO, Bruna C.; HONG, Michelle V.; BERNARDO, Larissa C. *et al.* Lesão por pressão: atualização sobre conceitos gerais, aspectos clínicos e achados laboratoriais - Parte I. **Anais Brasileiros de Dermatologia 2025;100(5):501187.**

WHITTEMORE, Robin; KNAFL, Kathleen. The integrative review: updated methodology. **Journal of Advanced Nursing**, v. 52, n. 5, p. 546-553, dez. 2005. William V Padula 1 2 3, David G Armstrong 3 4, Peter J Pronovost

WU, Shu-Chen; LI, Yu-Chuan (Jack); CHEN, Hsiao-Ling, *et al.* Using artificial intelligence for the early detection of micro-progression of pressure injuries in hospitalized patients: a preliminary nursing perspective evaluation. **Studies in Health Technology and Informatics**, v. 290, p. 1016–1017, 2021.

YANG, Feiying; CHEN, Huiying; SHAN, Yajuan, *et al.* Preventing postoperative moderate- and high-risk pressure injuries with artificial intelligence-powered smart decompression mattress in middle-aged and elderly patients: a retrospective cohort analysis. **British Journal of Hospital Medicine**, 2024.

YU, Hang; YANG, Laurence T.; ZHANG, Qingchen, *et al.* Convolutional neural networks for medical image analysis: state-of-the-art, comparisons,

improvement and perspectives. **Neurocomputing**, v. 444, p. 92–110, 15 jul. 2021.

ZAHIA, Sofia; SIERRA-SOSA, Daniel; GARCIA-ZAPIRAIN, Begonya, *et al.* Tissue classification and segmentation of pressure injuries using convolutional neural networks. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 159, p. 51–58, jun. 2018.