

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTEXTO DO TRATAMENTO DE FERIDAS: uma revisão integrativa

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONTEXT OF WOUND TREATMENT: an integrative review

Luíze Paixão Oliveira Meurer¹
Camila Quinetti Paes Pittella²

RESUMO

As aplicações da Inteligência Artificial vêm adquirindo força e reconhecimento na última década, principalmente no campo da saúde como um todo, com notáveis avanços consolidados, especialmente na gestão de lesões agudas e crônicas. Atualmente, essa tecnologia possibilita a realização de diagnósticos precoces, a análise de fatores de risco, a estratificação da gravidade das feridas, o desenvolvimento de planos de tratamento e a avaliação do prognóstico de maneira mais precisa. Dessa forma, o presente estudo visa identificar os avanços na utilização da inteligência artificial no contexto do tratamento de feridas. Para tanto, foi realizada uma revisão integrativa da literatura utilizando as bases de dados BVS e PubMed. Como critérios de inclusão foram selecionados artigos publicados nos últimos 5 anos, artigos em português e inglês, artigos originais e disponíveis na íntegra. Como estratégia metodológica, utilizou-se as recomendações do PRISMA e para organização das referências foi utilizada a plataforma Rayyan. Como resultados, foram selecionados 10 artigos que demonstraram o potencial da inteligência artificial para transformar o cuidado de feridas, como seu auxílio na mensuração das áreas das feridas, abordando sua variedade em formas e profundidades durante o tratamento, além de contribuir para a classificação de úlcera/lesão no pé de pessoas com diabetes e úlceras venosas de perna, por meio de imagens de feridas. Baseado nos artigos selecionados, foi possível afirmar que a Inteligência Artificial promove uma revolução no cuidado de feridas impulsionada pelo avanço da tecnologia de aprendizado de máquina.

Palavras-chaves: Inteligência Artificial, Aprendizado de Máquina, Feridas e Lesões, Cicatrização de Feridas.

ABSTRACT

Artificial Intelligence applications have been gaining strength and recognition in the past decade, particularly in the healthcare field as a whole, with notable advancements consolidated, especially in the management of acute and chronic wounds. Currently, this technology enables early diagnosis, risk factor analysis, severity stratification of wounds, development of treatment plans, and more precise prognosis assessment. Therefore, this study aims to identify advances in the use of artificial intelligence in the context of wound treatment. To achieve this, an integrative literature review was conducted using the BVS and PubMed databases. Inclusion criteria selected articles published in the last 5 years, in Portuguese and English, original articles, and available in full text. Methodologically, PRISMA guidelines were followed, and the Rayyan platform was used for reference organization. As a result, 10 articles were selected that demonstrated the potential of artificial intelligence to transform wound care, such as its assistance in measuring wound areas, addressing their variety in shapes and depths during treatment, and contributing to the classification of diabetic foot ulcers and leg venous ulcers

¹Graduanda. Universidade Federal de Juiz de Fora, Graduação em Enfermagem. Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: luizepaxao@gmail.com

²Docente. Universidade Federal de Juiz de Fora, Graduação em Enfermagem. Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: camila.quinetti@ufjf.br

through wound images. Based on the selected articles, it was possible to affirm that Artificial Intelligence is promoting a revolution in wound care driven by advances in machine learning technology.

Keywords: Artificial Intelligence, Machine learning, Wounds and Injuries, Wound healing.

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA), embora tenha suas raízes nas décadas de 1940, com as contribuições teóricas e práticas de Alan Turing, ainda é vista como uma tecnologia em desenvolvimento contínuo, sendo considerada relativamente nova. Assim, ela é um campo da Ciência e Engenharia da Computação, cujo objetivo é desenvolver sistemas computacionais capazes de resolver problemas (Duarte *et al.*, 2023).

A IA busca simular a inteligência humana e o pensamento crítico, por meio de sistemas autônomos, compostos por algoritmos e códigos computacionais (Carvalho, 2021). Esses sistemas são projetados e desenvolvidos por humanos para planejar e executar sequências de ações, com o objetivo de alcançar metas específicas, sem necessidade de intervenção constante do homem. Portanto, o campo da IA é definido como um conjunto de modelos, técnicas e tecnologias (como busca, raciocínio e representação de conhecimento, tomada de decisão, percepção, planejamento, processamento de linguagem natural, tratamento de incertezas e aprendizado de máquina) que, individualmente ou combinados, são utilizados para resolver problemas dessa natureza (Sichman, 2021).

Os benefícios da IA são notáveis, mas preocupações com a proteção de dados, a privacidade e a confidencialidade podem ter um impacto significativo, visto que não há uma regulamentação estabelecida, além de existir variações dependendo do país. (Duarte *et al.*, 2023). Com isso, propostas de uma IA responsável e que compreende aspectos como justiça, transparência e privacidade têm sido abordadas. Nesse contexto, destaca-se que, no Brasil, ainda não há uma regulamentação específica para a IA, no entanto, a Lei Geral de Proteção de Dados N° 2338, de 2023 (LGPD) estabelece diretrizes para o processamento de dados pessoais, contribuindo para o aumento da transparência da IA (Carvalho, 2021).

Logo, com o avanço e as diversas possibilidades dessa tecnologia, houve um crescimento significativo na aplicação da IA na área da saúde. Esse progresso é impulsionado pela crescente demanda e necessidade no campo médico, com notável investimento na gestão de lesões agudas e crônicas, incluindo avanços significativos na mensuração e na classificação de condições, como úlcera/lesão no pé de pessoas com diabetes e úlceras venosas de perna, através da análise de imagens (Duarte *et al.*, 2023).

Nesse contexto, define-se feridas como qualquer alteração de integridade anatômica da pele, resultante de qualquer tipo de trauma (Pereira; Bachion, 2005). Dessa forma, as feridas agudas são aquelas que ocorrem de maneira repentina, devido algum tipo de traumatismo, acidente ou incisão cirúrgica, cicatrizando em um curto espaço de tempo, e as crônicas são lesões de pele e tecidos que não cicatrizam devido a diferentes condições subjacentes, como Diabetes Mellitus e Hipertensão Arterial (Husers et al., 2022).

Ressalta-se que a cicatrização de feridas agudas e crônicas é um desafio significativo para os sistemas de saúde, em todo o mundo, e gera uma série de impactos negativos na qualidade de vida de milhões de indivíduos e aumenta significativamente os custos da assistência à saúde. Todavia, a habilidade de cuidar destas lesões é complexa, e, por isso, deve-se seguir etapas do processo de enfermagem, as quais baseiam-se em uma abordagem de conhecimento teórico e prático, a fim de alcançar a cura completa e prevenir complicações graves (Wang *et al.*, 2020).

Outrossim, existe escasso e deficiente registro referente à epidemiologia e aos processos de cuidado das feridas crônicas no Brasil (Resende *et al.*, 2017). Assim, embora não haja dados consolidados nacionais, estudos regionais e em populações específicas mostram que as feridas agudas e crônicas são um problema substancial, especialmente entre pacientes hospitalizados, idosos e pessoas com doenças crônicas como diabetes e hipertensão (De Oliveira; De Abreu Castro; Granjeiro, 2013). Desse modo, conforme um estudo epidemiológico realizado por De Oliveira, De Abreu Castro e Granjeiro (2013), em que foram envolvidos 186 pacientes com feridas crônicas, observou-se que, em relação à idade, o maior percentual de pacientes com estas lesões está na faixa etária referente a população idosa. Este fator torna-se relevante, pois pessoas que vivem mais têm maior probabilidade de desenvolver tais feridas. Além disso, a partir do histórico clínico, verificou-se que 20% dos analisados apresentavam Diabetes Mellitus e Hipertensão Arterial Sistêmica, isto é, a maioria dos pacientes atendidos possuíam doenças de base, as quais causam ou retardam a cicatrização das feridas e são altamente prevalentes na população.

Dessa maneira, as feridas crônicas, ao contrário das feridas agudas, em sua maioria, não progridem de forma esperada e não seguem as fases da cicatrização de maneira ordenada e oportuna, de modo que os principais exemplos são as úlceras de pressão, as úlceras venosas e arteriais, e as úlceras diabéticas. Por conseguinte, em muitos casos, há a necessidade de hospitalização e de tratamentos adicionais. Nesse sentido, com os avanços contínuos no tratamento destas lesões, sobretudo relacionados à IA, vem ocorrendo uma transformação nesse

campo, oferecendo soluções mais eficazes e eficientes. Além disso, essa tecnologia torna viável a execução de diagnósticos precoces, a análise de fatores de risco, a estratificação de sua gravidade, o desenvolvimento de planos de tratamento e a avaliação do prognóstico das feridas de forma mais precisa (Wang *et al.*, 2020).

Assim sendo, torna-se fundamental o desenvolvimento de pesquisas, no âmbito dos serviços de saúde, que investiguem o perfil dos pacientes com feridas e explorem as contribuições das ferramentas de IA para aprimorar o tratamento dessas lesões e melhorar a saúde coletiva. Portanto, o presente estudo tem como objetivo identificar os avanços na utilização da IA no contexto do tratamento de feridas.

2 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa, com coleta de dados a partir da pesquisa bibliográfica baseada no conhecimento de diversos autores, acerca do conteúdo "A Inteligência Artificial no contexto do tratamento de feridas". A elaboração da revisão integrativa foi realizada de acordo com a adaptação do estudo de Dantas *et al.* (2021), seguindo quatro etapas para sua validação, sendo elas: delimitação do tema; busca na literatura do tema escolhido e extração de dados; análise e interpretação crítica dos estudos que foram incluídos na busca; apresentação dos resultados.

Ao realizar a primeira etapa, foi utilizada a estratégia PICO (População, Interesse e Contexto) em que: P- inteligência artificial, I- a utilização da inteligência artificial para o tratamento de feridas, Co- cicatrização de feridas, como apresentado no Quadro 1. Com esse acrônimo foi possível formar uma pergunta norteadora "Como se caracteriza a produção científica disponível na literatura nacional e internacional sobre a utilização da inteligência artificial no tratamento de feridas?" e, dessa forma, aprimorar as estratégias de busca relacionadas com o tema em questão (Dantas *et al.*, 2021).

QUADRO 1 - Descritores em Ciências da Saúde e palavras chaves. Juiz de Fora, MG, Brasil, 2024

Idioma	Português	Inglês
P: população	Inteligência artificial Inovação tecnológica	Artificial intelligence Machine learning

I: interesse	Feridas Tratamento de feridas Cicatrização Ferimento e lesões	Wounds and injuries Burns Wound care
Co: contexto	Cicatrização de feridas	Wound healing

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Ao realizar a segunda etapa foi realizada a busca na literatura, sobre o tema e extração de dados, em que foram escolhidas duas bases, sendo elas Biblioteca Virtual em saúde (BVS), National Library of Medicine (PubMed). Utilizou-se os seguintes descritores: *Artificial Intelligence*, *Machine learning*, *Wounds and Injuries*, *Wound healing*, nos idiomas inglês e português. Para seleção dos descritores foram utilizados os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), conforme delineado no Quadro 1. Adicionalmente, os operadores booleanos "AND" e "OR" foram empregados para combinar os descritores selecionados, estabelecendo uma estratégia de busca avançada nas bases de dados, como ilustrado no Quadro 2.

QUADRO 2 - Estratégias de busca. Juiz de Fora, MG, Brasil, 2024.

Base de dados	Estratégia de busca
MEDLINE via Pubmed	(((artificial intelligence) OR (machine learning)) AND (wounds and injuries)) AND (wound healing) (artificial intelligence) AND (wounds and injuries) AND (wound healing)
BVS	("machine learning") AND ("wounds and injuries") AND ("wound healing") ("Inteligência artificial") AND (feridas) AND ("wound healing")

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A terceira etapa consistiu na análise crítica dos estudos que foram incluídos na busca e interpretação dos achados. Sendo assim, foram utilizados como critérios de inclusão artigos publicados nos últimos 5 anos; artigos em português e inglês; artigos originais e disponíveis na íntegra. Foram excluídas revisões de literatura; trabalhos de conclusão de curso; dissertações e teses; artigos de opinião e artigos que não estejam disponíveis na íntegra. Além disso, foi empregada uma plataforma de gestão de referências, o *Rayyan*, para realizar a organização dos estudos.

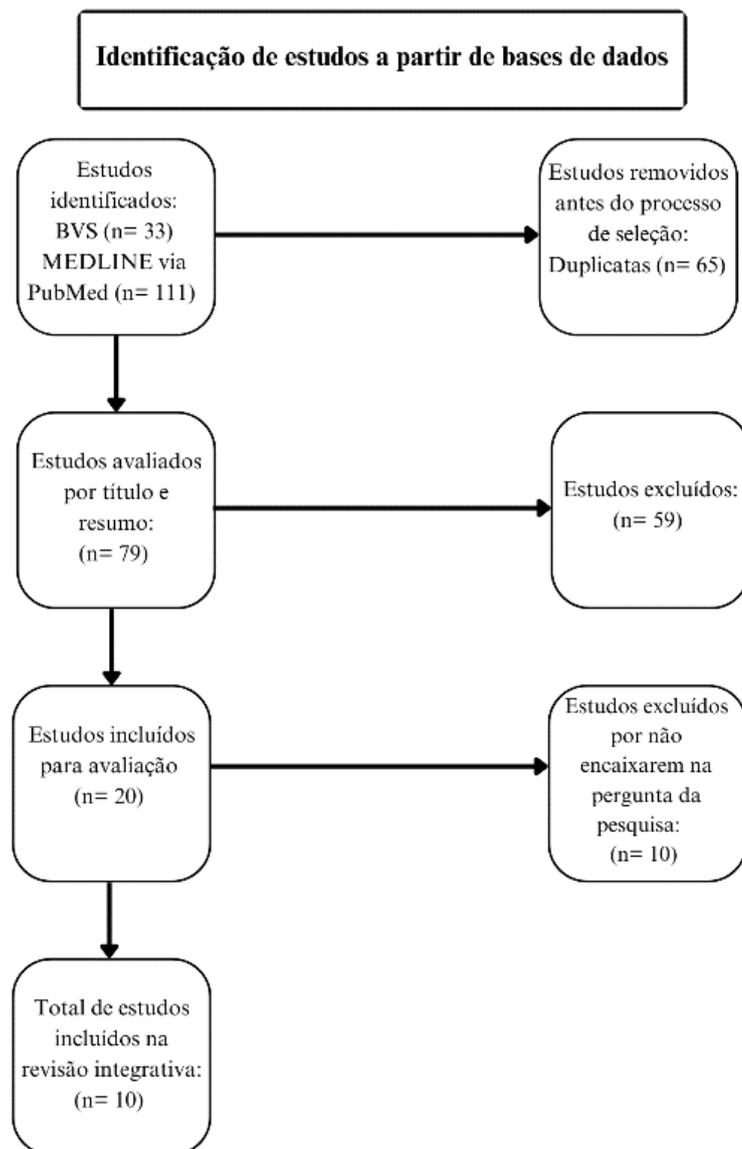
Por fim, na quarta fase, foram expostos os resultados obtidos nas bases de dados, por meio da escolha e da análise dos estudos que puderam ser avaliados, uma vez que atenderam os critérios de inclusão. Com isso, títulos, resumos e palavras-chave foram previamente analisados e lidos, passando por um filtro, enquanto os estudos selecionados foram lidos na íntegra. Dessa forma, ao final, foi possível categorizar os estudos de acordo com sua contribuição para o contexto do tratamento de feridas.

3 RESULTADOS

Ao utilizar as estratégias de busca foram encontrados 144 estudos no total. Inicialmente, os artigos escolhidos foram inseridos na Plataforma Rayyan, que encontrou ao todo 65 estudos duplicados. Na busca geral dos estudos nas bases de dados selecionadas obteve-se na Biblioteca Virtual de Saúde (BVS) 33 estudos, e na National Library of Medicine (PubMed) foram encontrados 111 estudos.

Por meio da Plataforma Rayyan, foram selecionados os artigos que se encaixavam na questão da pesquisa. Após revisão dos títulos e dos resumos, 20 artigos foram identificados, inicialmente, possuindo os critérios de inclusão. Entretanto, após análise mais aprofundada, 10 artigos foram considerados adequados, como observado no Fluxograma 1. O mesmo foi realizado segundo o Protocolo PRISMA (2020), e traduzido para português pela autora (Page et al., 2021).

FLUXOGRAMA 1: Processo de inclusão e exclusão dos artigos selecionados de acordo com o PRISMA (2020). Juiz de Fora, MG, Brasil, 2024



Fonte: Elaborado e adaptado pela autora (2024).

Para uma visualização mais clara e eficaz das informações coletadas, foi elaborada uma tabela de extração dos dados onde os 10 artigos foram organizados segundo título, autores, ano de publicação, local, objetivo principal e principais resultados, conforme disposto no Quadro 3.

QUADRO 3 - Artigos selecionados nas bases de dados e as suas respectivas informações contendo título do estudo, autores, local, ano, objetivo e resultados. Juiz de Fora, MG, Brasil, 2024.

N°	Título do estudo	Autor, ano e local	Objetivo	Resultado
E1.	Comparison of wound surface area measurements obtained using clinically validated artificial intelligence-based technology versus manual methods and the effect of measurement method on debridement code reimbursement cost	Alonso <i>et al.</i> , Estados Unidos, 2023.	Investigar a discrepância nas medições da área da ferida usando métodos DWMS (dimensões da ferida traçada) versus TPR (fórmula largura x comprimento) e comparar os códigos de desbridamento submetidos para reembolso por método de avaliação.	Documentar o comprimento e a largura é uma prática padrão no tratamento de feridas. Sendo assim, os resultados permitiram destacar que a área superficial média da ferida foi significativamente maior com o método TPR do que com o DWMS.
E2.	Automatic Wound Type Classification with Convolutional Neural Networks	Malihi <i>et al.</i> , Alemanha, 2022.	Explorar o desempenho de uma rede neural convolucional profunda para classificar úlceras/lesão no pé	Apresenta como resultado uma rede neural convolucional profunda treinada para classificar dois tipos de imagens de feridas e amplia a

			de pessoas com diabetes e úlceras venosas de perna usando imagens de feridas.	caixa de ferramentas de classificação automática de feridas, onde obtiveram resultados promissores.
E3.	An Image Based Object Recognition System for Wound Detection and Classification of Diabetic Foot and Venous Leg Ulcers	Husers <i>et al.</i> , Alemanha, 2022.	Explorar a capacidade e o desempenho de algoritmos de detecção e classificação para úlceras/lesão no pé de pessoas com diabetes e úlceras venosas de perna em imagens de feridas.	O estudo avaliou modelos de aprendizado de máquina para detecção de feridas em imagens médicas. Todos os modelos treinados foram eficazes, demonstrando consistência de desempenho com variação mínima na métrica avaliada. O modelo obteve resultados superiores na detecção de úlceras/lesão no pé de pessoas com diabetes quando comparado à detecção de úlceras venosas na perna.
E4.	Development of a Method for Clinical	Howell <i>et al.</i> , Estados	Desenvolver um método quantitativo e	Uma abordagem estruturada para avaliação de feridas

	Evaluation of Artificial Intelligence-Based Digital Wound Assessment Tools.	Unidos, 2021.	qualitativo para avaliar ferramentas de feridas baseadas em IA em comparação com avaliações humanas especializadas.	usando tecnologia avançada, como IA, pode levar a uma maior eficácia do tratamento e melhores resultados para pacientes com feridas crônicas.
E5.	Evidence-Based Mobile Wound Application to Support Professionals in State-of-the-Art Chronic Wound Treatment	Schnalzer <i>et al.</i> , Áustria, 2022.	Superar as fronteiras interdisciplinares no atendimento domiciliar entre profissionais de saúde e aumentar a motivação do paciente para participar ativamente na cicatrização de feridas, fornecendo estrutura e orientação consistentes. Além de desenvolver um aplicativo móvel de documentação de feridas.	Como resultado, foi desenvolvido um aplicativo móvel para feridas visando reduzir o tempo e os recursos necessários para a documentação por parte de cuidadores e profissionais médicos. O aplicativo deve melhorar a qualidade de vida do paciente, proporcionando o cuidado ideal para a ferida.
E6.	Real-time burn depth assessment using artificial	Wang <i>et al.</i> , China, 2020.	Utilizar a inteligência artificial em	Um novo modelo artificial de reconhecimento de

	networks: a large-scale, multicentre study.		conjunto com a imagiologia médica para criar um assistente altamente experiente visando aprimorar o diagnóstico clínico precoce das queimaduras.	profundidade de queimadura baseado em rede neural convolucional foi estabelecido e a precisão diagnóstica dos três tipos de queimaduras é de cerca de 80%.
E7.	Utilizing Precision Medicine to Estimate Timing for Surgical Closure of Traumatic Extremity Wounds.	Lisboa <i>et al.</i> , Estados Unidos, 2019.	Diminuir o tempo para o fechamento da ferida e as taxas de falha da ferida com base em ferramentas de apoio à decisão clínica (CDST).	Os CDSTs (ferramentas de apoio à decisão clínica) apresentam como resultado ajudar a identificar quem pode necessitar de desbridamentos seriados versus fechamento precoce, e precisamente quando feridas traumáticas devem ser fechadas de maneira ideal.
E8.	Can a prolonged healing pressure injury be benefited by using an AI mattress? A case study.	Ni <i>et al.</i> , China, 2024.	Determinar se o uso de um colchão artificial inteligente pode oferecer benefícios significativos para a saúde e o bem-	À medida que o colchão artificial inteligente foi adicionado aos cuidados de rotina foi observado que o tamanho da ferida

			<p>estar do residente que vive em uma casa de repouso com lesão por pressão prolongada.</p>	<p>diminuiu e todo o eczema nas costas do residente diminuiu. A pontuação escala de úlcera de pressão para cura (PUSH) caiu para 6. A equipe também relatou que a qualidade do sono do residente melhorou e os gemidos diminuíram.</p>
E9.	<p>Machine learning analysis of multispectral imaging and clinical risk factors to predict amputation wound healing.</p>	<p>Squiers <i>et al.</i>, Estados Unidos, 2022.</p>	<p>Avaliar um novo sistema de imagem de feridas para antecipar a cicatrização de feridas de amputação durante a primeira avaliação.</p>	<p>Este estudo preliminar aponta para a possibilidade de que um algoritmo de aprendizado de máquina, ao integrar imagens multiespectrais de feridas com os fatores de risco clínicos do paciente, possa aprimorar a previsão da cicatrização de feridas de amputação.</p>
E10.	<p>Battery-free and AI-enabled multiplexed sensor patches</p>	<p>Zheng <i>et al.</i>, Singapura, 2023.</p>	<p>Relatar o desenvolvimento de um sensor multiplexado (PETAL)</p>	<p>O sensor PETAL possibilita a detecção antecipada de eventos adversos, promovendo</p>

	for wound monitoring.		habilitado para IA para monitoramento holístico da cicatrização de feridas.	intervenção clínica para facilitar o tratamento de lesões.
--	-----------------------	--	---	--

Observou-se que o maior volume de publicações ocorreu em 2022 e 2023, com 4 e 2 publicações respectivamente, representando 40% e 20% do total durante esses anos. Ademais, até junho de 2024, apenas uma publicação (10%) foi registrada, sugerindo a possibilidade de um aumento ao longo do restante do ano.

Além disso, a grande maioria dos artigos são originados dos Estados Unidos, com 4 publicações, seguido da Alemanha e China, com 2 publicações, e Áustria e Singapura com 1 publicação. Esses países estão entre os líderes globais em termos de economia, inovação e padrões de vida, sendo classificados como desenvolvidos, por isso apresentam uma facilidade para realizar pesquisas desse tipo e para investir nessa área.

Ao avaliar os trabalhos presentes no Quadro 3, é evidente que existe uma prevalência de estudos que abordam as feridas crônicas, isso ocorre devido sua crescente incidência, seu grande impacto nos sistemas de saúde, sua complexidade no tratamento e, portanto, a busca por intervenções mais eficazes.

A utilização da IA, no contexto do tratamento de feridas, acontece por meio de Redes Neurais Convolucionais (CNNs), as quais analisam imagens para identificar o tipo de lesão, para possibilitar a mensuração precisa da área acometida, e para prever a cicatrização de feridas de amputação durante a primeira avaliação. Adicionalmente, a IA é empregada, em colaboração com imagiologia médica, para desenvolver um assistente altamente especializado, com o objetivo de melhorar o diagnóstico clínico precoce das queimaduras, e colchões artificiais inteligentes, cuja finalidade é proporcionar benefícios significativos para a saúde e o bem-estar de residente em casa de repouso com lesão por pressão prolongadas.

Em última análise, os estudos avaliados obtiverem a mesma conclusão, isto é, a aplicação da IA, no tratamento de feridas, é benéfica e propicia uma série de vantagens, como diagnósticos mais exatos e ágeis, maior previsibilidade e eficiência no progresso da cicatrização, personalização dos tratamentos com base nas características individuais dos

pacientes, e monitoramento contínuo das condições das feridas para intervenções oportunas. Além disso, a IA facilita a análise de grandes quantidades de dados clínicos, permitindo a identificação de padrões complicados e, conseqüentemente, uma melhora nos resultados dos cuidados de saúde.

4 DISCUSSÃO

Na última década, a IA adquiriu força e reconhecimento, impulsionada pelo avanço dos modelos de aprendizado de máquina e suas diversas aplicações. Nesse contexto, houve o início de pesquisas, na área da saúde, especialmente na gestão de lesões agudas e crônicas (Bruno *et al.*, 2023; Duarte *et al.*, 2023).

Nos estudos de Alonso *et al.* (2023) e Howell *et al.* (2021), constatou-se que a redução da área de superfície da ferida é o principal indicador de cicatrização, logo medições precisas da área acometida são essenciais para otimizar os resultados em pacientes em situações crônicas. Na prática clínica, existem vários métodos para medir a área da ferida, como a régua de papel, a qual é frequentemente utilizada para determinar suas dimensões e que emprega distintas técnicas para estimar largura e comprimento. No entanto, essa forma de medição pode apresentar alta variação, levando a uma possível superestimação da área real da superfície da ferida.

Assim sendo, o estudo de Alonso *et al.* (2023) investigou a disparidade nas medições da área da ferida entre a abordagem TPR (fórmula x largura x comprimento) manual e os métodos digitais de avaliação do tratamento em um contexto prático. Além disso, avaliou-se como diferentes características da lesão influenciam nas medições de área ao comparar o aplicativo digital de tratamento, baseado em IA, com o método TPR manual. Portanto, a tecnologia baseada em IA mostrou-se clinicamente válida e comparável aos métodos manuais tradicionais, na medição da área da ferida, e foram identificadas discrepâncias significativas entre ambas, destacando áreas onde cada método pode ser mais preciso ou menos suscetível a erros.

No estudo diagnóstico de Howell *et al.* (2021), que analisou 199 fotografias de feridas, desenvolveu-se um método para avaliar de forma quantitativa e qualitativa as anotações de IA sobre as lesões. Sendo assim, as distribuições dos erros de medição, ao comparar IA, com anotações feitas por humanos, em geral, indicaram um desempenho de medição comparável. Isto é, essas descobertas demonstraram que os algoritmos de anotação podem operar de maneira comparável aos especialistas humanos em feridas.

De acordo com o estudo de Wang *et al.* (2020), o algoritmo de IA mais avançado no processamento de imagem, nos últimos anos, são as Redes Neurais Convolucionais (CNNs), as quais estão sendo empregadas para realizar a medição automática da área da ferida com maior precisão, em menos tempo, seguindo um protocolo padronizado. Além disso, esse algoritmo é utilizado para o diagnóstico precoce de queimaduras, com alta taxa de exatidão, o que ajuda a evitar sequelas graves e a garantir um maior impacto clínico.

Outro estudo que investigou resultados significativos no campo das Redes Neurais Convolucionais (CNNs) foi conduzido por Malihi *et al.* (2022), o qual testou a hipótese de que a tecnologia de IA, impulsionada por CNNs e utilizando imagens de feridas, é capaz de classificar tipos específicos de lesões. Isto posto, o estudo apresentou como resultado uma CNNs treinada para classificar dois tipos de imagens de feridas (úlceras/lesões no pé de pessoas com diabetes e úlceras venosas), ampliando as opções para a classificação automática de feridas, possibilitando resultados promissores.

Pesquisas como a de Hüsters *et al.* (2022), a qual estudo avaliou modelos de aprendizado de máquina para detecção de feridas em imagens, destacam a importância da identificação precisa do tipo de ferida, especialmente ao explorar a capacidade e o desempenho de algoritmos para detectar e classificar úlceras/lesões no pé de pessoas com diabetes e úlceras venosas na perna. Assim, verificou-se que todos os modelos treinados demonstraram eficácia, exibindo consistência no desempenho, com pouca variação nas métricas avaliadas. Outrossim, salienta-se que o modelo apresentou resultados superiores na detecção de úlceras/lesões no pé de pessoas com diabetes em comparação com a detecção de úlceras venosas na perna.

O tratamento de feridas crônicas representa um desafio global significativo, de maneira que uma das tarefas mais importantes e a base do tratamento bem sucedido é a execução de uma documentação de enfermagem clara e precisa. Essa coleta de informações inclui diversas técnicas e é necessária a integração da documentação manual do histórico da ferida com os novos métodos de medição, incluindo imagens em 3D. À vista disso, evidencia-se o estudo de Schnalzer *et al.* (2022), em que se desenvolveu um aplicativo para documentação e para fotografia de feridas crônicas, cujo objetivo é diminuir o tempo e os recursos necessários para a documentação, por parte de cuidadores e profissionais médicos, e melhorar a qualidade de vida do paciente. Suas funcionalidades consistem na medição automática e na classificação de feridas, por meio de algoritmos de aprendizado de máquina, porém, apesar de promissor, o aplicativo ainda está em teste para avaliar sua usabilidade e intuitividade.

No contexto do tratamento de feridas, um estudo de Lisboa *et al.* (2019) abordou como temática ferimentos decorridos de conflitos militares, os quais são comuns tanto entre vítimas militares quanto em ferimentos civis. Assim, verificou-se que as taxas de complicações, observadas nesse tipo de lesão, são altas e, portanto, ferramentas de apoio à decisão clínica (CDST) tornam-se de extrema importância para reduzir o tempo necessário para cicatrização e as taxas de falha associadas. Dessa forma, esses CDST podem auxiliar na identificação de pacientes que requerem desbridamentos seriados e fechamento precoce, além de determinar com precisão o momento ideal para o fechamento das lesões traumáticas.

Outrossim, há as lesões por pressão, as quais constituem um desafio significativo para residentes acamados, em instituições de longa permanência, e que se tornaram objeto de estudo no trabalho de Ni *et al.* (2024). Desse modo, investigou-se os benefícios da utilização de um colchão artificial inteligente, de maneira que, à medida que este recurso foi adicionado aos cuidados de rotina, foi observado uma redução do tamanho da ferida e do eczema. Logo, a pontuação escala de úlcera de pressão para cura (PUSH) caiu para 6, sendo que anteriormente era 11. A equipe também relatou que a qualidade do sono do paciente melhorou e os gemidos diminuíram.

Ainda, no estudo de Squiers *et al.* (2022), constatou-se que, anualmente, mais de 150.000 pacientes nos Estados Unidos passam por amputações não traumáticas de membros inferiores. Desse modo, evidencia-se que a previsibilidade na cicatrização de feridas de amputação é um desafio devido à natureza multifatorial da isquemia crítica dos membros e à escassez de ferramentas de avaliação objetivas. Por isso, durante o trabalho, testou-se um novo sistema de imagem de feridas para prever a cicatrização destas lesões, no decorrer da avaliação inicial, e foi possível concluir que um algoritmo de aprendizado de máquina, o qual integra imagens multiespectrais de feridas com fatores de risco clínicos dos pacientes, possui potencial para aprimorar a previsão da cura e para reduzir a necessidade de reoperação e a incidência de cicatrização retardada.

Por fim, de acordo com Zheng *et al.* (2023), a cicatrização de feridas é um processo dinâmico, que envolve múltiplas fases, e o perfil rápido e a caracterização quantitativa da inflamação e da infecção continuam sendo obstáculos. Assim, foi proposto um sensor multiplexado (PETAL), composto por um painel de papel impresso em cera, com cinco sensores colorimétricos para temperatura, pH, trimetilamina, ácido úrico e umidade habilitado, e cuja finalidade é realizar uma avaliação abrangente de feridas, utilizando algoritmos de aprendizado profundo. Dessa maneira, verificou-se que o sensor PETAL possibilitou a detecção

antecipada de eventos adversos, promovendo uma intervenção clínica antecipada e que facilita todo o tratamento.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que há acentuados e substanciais avanços na aplicação da IA no tratamento de feridas, visto que este recurso demonstra capacidade para realizar diagnóstico precoce, classificação e tratamento de maneira mais eficiente e eficaz, com grande potencial na análise de imagens de feridas. Assim, a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina e CNNs tem permitido uma análise mais minuciosa das condições das lesões.

Contudo, é fundamental que, para melhora da assistência aos pacientes, o cuidado de feridas se adapte a novas formas de tecnologia, e aborde, principalmente, questões como a privacidade dos dados e a interpretabilidade dos resultados, garantindo uma implementação ética e acessível a todos que delas necessitam. De tal modo, é evidente que a IA, impulsionada pelo avanço da tecnologia de aprendizado de máquina, promove uma revolução no cuidado de feridas.

Todavia, é essencial reconhecer e abordar as limitações do uso da IA no contexto clínico. Desse modo, pode-se citar a disparidade existente, na qualidade do tratamento disponível, em virtude da localização geográfica e do nível socioeconômico de cada território, o que dificulta o acesso a uma tecnologia de qualidade. Além do mais, capturar imagens de feridas fora do protocolo padrão pode ser um desafio para os algoritmos de IA, pois fotografias adquiridas em condições inadequadas de iluminação e posicionamento podem levar a avaliações imprecisas. Portanto, é crucial estabelecer protocolos adequados para aquisição de imagens, visando definir padrões que permitam uma avaliação correta pela IA.

REFERÊNCIAS

ALONSO, M. C. et al. Comparison of wound surface area measurements obtained using clinically validated artificial intelligence-based technology versus manual methods and the effect of measurement method on debridement code reimbursement cost. **Wounds: a Compendium of Clinical Research and Practice**, v. 35, n. 10, p. E330-E338, 2023.

BRUNO, F., PEREIRA, P. C., FALTAY, P. Inteligência artificial e saúde: ressituar o problema. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde**, v. 17, n. 2, p. 235-242, 2023.

CARVALHO, A. C. P. D. L. Inteligência Artificial: riscos, benefícios e uso responsável. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 21-36, 2021.

DE LIMA DANTAS, H. L. et al. Como elaborar uma revisão integrativa: sistematização do método científico. **Revista Recien-Revista Científica de Enfermagem**, v. 12, n. 37, p. 334-345, 2022.

DE OLIVEIRA, B. G. R. B., DE ABREU CASTRO, J. B., GRANJEIRO, J. M. Panorama epidemiológico e clínico de pacientes com feridas crônicas tratados em ambulatório [Epidemiologic and clinical overview of patients with chronic wounds treated at ambulatory]. **Revista enfermagem UERJ**, v. 21, n. 5, p. 612-617, 2013.

DUARTE, E. S. et al. Aspectos bioéticos del uso de sistemas de inteligencia artificial en el campo de la salud: un estudio exploratorio. **Revista de Bioética y Derecho**, n. 57, p. 263-285, 2023.

HOWELL, R. S. et al. Development of a method for clinical evaluation of artificial intelligence-based digital wound assessment tools. **JAMA network open**, v. 4, n. 5, p. e217234-e217234, 2021.

HÜSERS, J. et al. An Image Based Object Recognition System for Wound Detection and Classification of Diabetic Foot and Venous Leg Ulcers. In: **MIE**. 2022. p. 63-67.

LISBOA, F. A. et al. Utilizing precision medicine to estimate timing for surgical closure of traumatic extremity wounds. **Annals of Surgery**, v. 270, n. 3, p. 535-543, 2019.

LOBO, L. C. Inteligência artificial e medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 41, p. 185-193, 2017.

MALIHI, L. et al. Automatic Wound Type Classification with Convolutional Neural Networks. In: **ICIMTH**. 2022. p. 281-284.

NI, T. F. et al. Can a prolonged healing pressure injury be benefited by using an AI mattress? A case study. **BMC geriatrics**, v. 24, n. 1, p. 307, 2024.

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Bmj**, v. 372, 2021.

PEREIRA, Ângela Lima; BACHION, Maria Márcia. Tratamento de feridas: análise da produção científica publicada na Revista Brasileira de Enfermagem de 1970-2003. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 58, p. 208-213, 2005.

RESENDE, N. M. et al. Cuidado de pessoas com feridas crônicas na Atenção Primária à Saúde. **JMPHC| Journal of Management & Primary Health Care| ISSN 2179-6750**, v. 8, n. 1, p. 99-108, 2017.

Resolução A/78/L.49 Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD Projeto de Lei 2338/2023.

SCHNALZER, B. et al. Evidence-Based Mobile Wound Application to Support Professionals in State-of-the-Art Chronic Wound Treatment. In: **dHealth**. 2022. p. 101-108.

SICHMAN, J. S. Inteligência Artificial e sociedade: avanços e riscos. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 37-50, 2021.

SQUIERS, J. J. et al. Machine learning analysis of multispectral imaging and clinical risk factors to predict amputation wound healing. **Journal of vascular surgery**, v. 75, n. 1, p. 279-285, 2022.

WANG, C. et al. Fully automatic wound segmentation with deep convolutional neural networks. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 21897, 2020.

WANG, Y. et al. Real-time burn depth assessment using artificial networks: a large-scale, multicentre study. **Burns**, v. 46, n. 8, p. 1829-1838, 2020.

ZHENG, X. T. et al. Battery-free and AI-enabled multiplexed sensor patches for wound monitoring. **Science Advances**, v. 9, n. 24, p. eadg6670, 2023.