

# Inteligência Artificial na Caracterização e Mensuração de Feridas: Uma Revisão Sistemática

<sup>1</sup>Jordanna Caballero Costa, <sup>1</sup>Gabriela Estevam da Cunha, <sup>1</sup>Mateus Tiago Cruz e Silva<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>Tiago Nogueira de Abreu, <sup>2</sup>Daniel Henrique Pinheiro Silva, <sup>2</sup>Iwens G. Sene Junior.

Faculdade Zarns - Itumbiara  
75.544-899 – Itumbiara – GO – Brasil

<sup>2</sup> Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)  
Caixa Postal 131 – 74.690-900 – Goiânia – GO – Brasil

costacjor, ggtvam, mateustiagocs, danielpinheirohs}@gmail.com, iwens@ufg.br,  
tiagoenfabreu@gmail.com

**Abstract.** *The use of artificial intelligence (AI) and software tools for wound characterization and measurement has grown significantly, offering more accurate and efficient solutions for clinical assessment. This systematic review examines studies that integrate AI and computational methodologies in wound evaluation, focusing on their effectiveness in improving diagnostic accuracy, monitoring healing progress, and optimizing treatment strategies. The findings highlight the prevalence of machine learning-based approaches, image processing techniques, and digital tools that automate and enhance traditional wound measurement methods. Moreover, the review discusses the challenges related to data standardization, model validation, and clinical adoption. The study provides a comprehensive overview of the current landscape of AI-driven wound assessment and identifies research gaps for future advancements.*

**Resumo.** *O uso de inteligência artificial (IA) e ferramentas computacionais para a caracterização e mensuração de feridas tem se expandido significativamente, oferecendo soluções mais precisas e eficientes para a avaliação clínica. Esta revisão sistemática analisa estudos que integram IA e metodologias computacionais na avaliação de feridas, com foco em sua eficácia na melhoria da acurácia diagnóstica, no monitoramento da cicatrização e na otimização de estratégias de tratamento. Os resultados destacam a prevalência de abordagens baseadas em aprendizado de máquina, técnicas de processamento de imagens e ferramentas digitais que automatizam e aprimoram os métodos tradicionais de mensuração de feridas. Além disso, a revisão discute desafios relacionados à padronização de dados, validação de modelos e adoção clínica. O estudo oferece uma visão abrangente do atual panorama da avaliação de feridas impulsionada por IA e identifica lacunas de pesquisa para avanços futuros.*

## 1. Introdução

As feridas constituem um desafio relevante na prática clínica, impactando uma porção expressiva da população global e prejudicando a qualidade de vida dos indivíduos afetados [Lucas et al. 2008]. Uma ferida surge a partir de uma lesão na pele, que pode variar em gravidade e extensão, sendo causada por fatores traumáticos, intencionais, isquêmicos ou por pressão [Brito et al. 2013]. Elas podem ser classificadas de diversas formas, sendo a distinção entre feridas agudas e crônicas uma das mais comuns. Enquanto as feridas agudas seguem um

processo de cicatrização esperado, como em cortes e lacerações traumáticas, as crônicas não cicatrizam no tempo previsto e estão frequentemente associadas a condições subjacentes, como diabetes mellitus, insuficiência venosa ou arterial e úlceras de pressão [Carbinatto et al. 2024].

A cicatrização inadequada de lesões cutâneas pode causar complicações graves, como infecções, e gerar altos custos para os sistemas de saúde. Feridas crônicas, especialmente em pacientes com comorbidades, aumentam a complexidade do tratamento, exigindo abordagens individualizadas baseadas na avaliação de fatores locais e sistêmicos [Santos et al. 2011]. A mensuração e avaliação das feridas são essenciais, mas métodos tradicionais dependem da experiência clínica do avaliador, o que pode levar a variações na análise e dificultar a padronização do tratamento [Afonso et al. 2014].

Para superar limitações, novas tecnologias, como softwares e ferramentas baseadas em inteligência artificial (IA), têm sido desenvolvidas para mensuração e classificação precisa de feridas [Jiménez et al. 2025]. A IA, por meio de algoritmos de aprendizado de máquina e deep learning, analisa imagens, segmenta tecidos afetados e estima parâmetros como área, profundidade e estágio de cicatrização [Anisuzzaman et al. 2021]. Além disso, a integração com softwares clínicos e dispositivos móveis otimiza o trabalho dos profissionais de saúde, tornando o tratamento mais eficiente e prático [Mehl et al. 2020].

Com o avanço das tecnologias digitais e da inteligência artificial (IA) em áreas como educação, engenharia e saúde, torna-se crucial revisar e sistematizar estudos sobre o uso de softwares e IA na caracterização e mensuração de feridas. Este artigo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, a aplicabilidade dessas tecnologias no tratamento de feridas, considerando o tipo de lesão, softwares e IA utilizados, linguagem, parâmetros mensurados e desafios enfrentados.

Para isso, este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a metodologia adotada, incluindo a formulação das questões de pesquisa, os critérios de inclusão e exclusão dos estudos analisados, bem como o processo de busca, seleção e extração dos dados. A Seção 3 discute os principais achados da revisão, destacando os avanços proporcionados pelas tecnologias analisadas. Por fim, a Seção 4 apresenta as considerações finais.

## **2. Metodologia**

Este estudo utilizou o mapeamento sistemático da literatura (MSL) seguindo o protocolo PRISMA [Page et al. 2022] para revisar a eficácia e acessibilidade da inteligência artificial e softwares na caracterização e tratamento de feridas. A pesquisa foi realizada entre outubro e novembro de 2024 nas bases BVS, IEEE, PubMed, Scopus e SciELO, selecionadas por sua relevância e equilíbrio entre áreas médica e de IA. A escolha dessas bases garantiu a qualidade e abrangência dos dados, focando na aplicação biomédica, especialmente no contexto de feridas.

A estratégia de busca foi baseada na abordagem PICO, focando em pacientes que necessitam de avaliação e tratamento de feridas. A intervenção analisou o uso de softwares e ferramentas de inteligência artificial (IA) para caracterização e tratamento, comparando-os com métodos tradicionais. A comparação incluiu eficácia do tratamento, melhoria na cicatrização, precisão na caracterização das feridas e acessibilidade das tecnologias. O objetivo foi avaliar a eficácia e acessibilidade da IA e softwares no tratamento de feridas, identificando ferramentas disponíveis no mercado. A string de pesquisa utilizada foi:

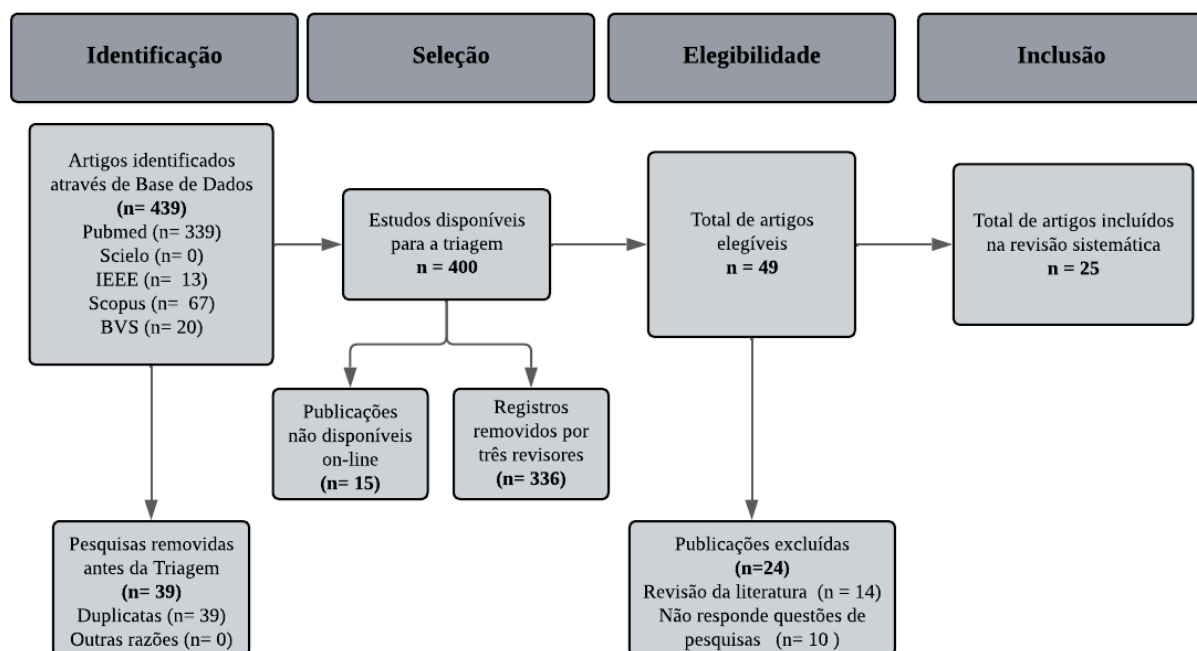
"Artificial Intelligence" AND "measurement" AND "wounds", definida com especialistas, incluindo o termo "measurement" para destacar a aplicação da IA na análise quantitativa e qualitativa das feridas, como tamanho, profundidade e evolução da cicatrização.

Para direcionar a análise dos estudos, formularam-se as seguintes questões de pesquisa:

- Q1:* Quais softwares ou algoritmos de IA estão sendo usados para caracterizar feridas?
- Q2:* Quais são os tipos de feridas envolvidas nesses estudos?
- Q3:* Como as ferramentas de IA são importantes para mensuração de feridas, (ex.: tamanho, profundidade)?
- Q4:* Como é validado o resultado da aplicação de inteligência artificial e software para medir e classificar as feridas?
- Q5:* Quais desafios são relatados na implementação de softwares e IA para caracterização de feridas?

Para garantir a relevância dos estudos, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão. Foram selecionados estudos primários em inglês ou português, publicados nos últimos 10 anos, que abordam o uso de inteligência artificial e softwares na mensuração e caracterização de feridas. Excluíram-se artigos secundários, revisões, meta-análises, trabalhos incompletos, resumos de conferências e estudos onde IA e software não realizaram essa função específica, além de artigos duplicados ou focados em feridas não visíveis.

A busca inicial retornou 439 artigos, sendo 20 da BVS, 13 da IEEE Xplore, 339 da PubMed, 67 da Scopus e nenhum da SciELO. Após a remoção de duplicatas, um rastreamento inicial foi conduzido com suporte da ferramenta *Parsifal*, resultando em 25 estudos selecionados: 5 do IEEE, 4 da PubMed e 16 da Scopus. Nenhum estudo das bases BVS e SciELO atendeu aos critérios estabelecidos.



**Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos artigos incluídos na revisão sistemática, conforme protocolo PRISMA.**

A seleção dos estudos foi realizada em três etapas: triagem por títulos e resumos, aplicação dos critérios de inclusão e exclusão e leitura completa dos artigos para garantir a relevância dos dados. A análise foi conduzida por três revisores independentes e, em casos de discordância, as decisões foram tomadas por consenso.

Para extração e descrição dos dados, utilizou-se *Google Spreadsheets*, onde foram organizadas informações padronizadas para posterior construção de gráficos. A análise foi realizada de forma qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa focou na identificação de tendências, limitações e desafios da aplicação dessas tecnologias no contexto clínico.

Os resultados obtidos serão apresentados na próxima seção, relacionando as respostas às questões de pesquisa e identificando lacunas que possam nortear futuras investigações.

3. Resultados e Discussão

A seleção dos artigos seguiu critérios metodológicos rigorosos para garantir a inclusão de estudos relevantes sobre o uso de software e inteligência artificial na caracterização e mensuração de feridas. A Tabela 1 apresenta os 25 artigos selecionados com base nos critérios metodológicos, organizados conforme o ano de publicação.

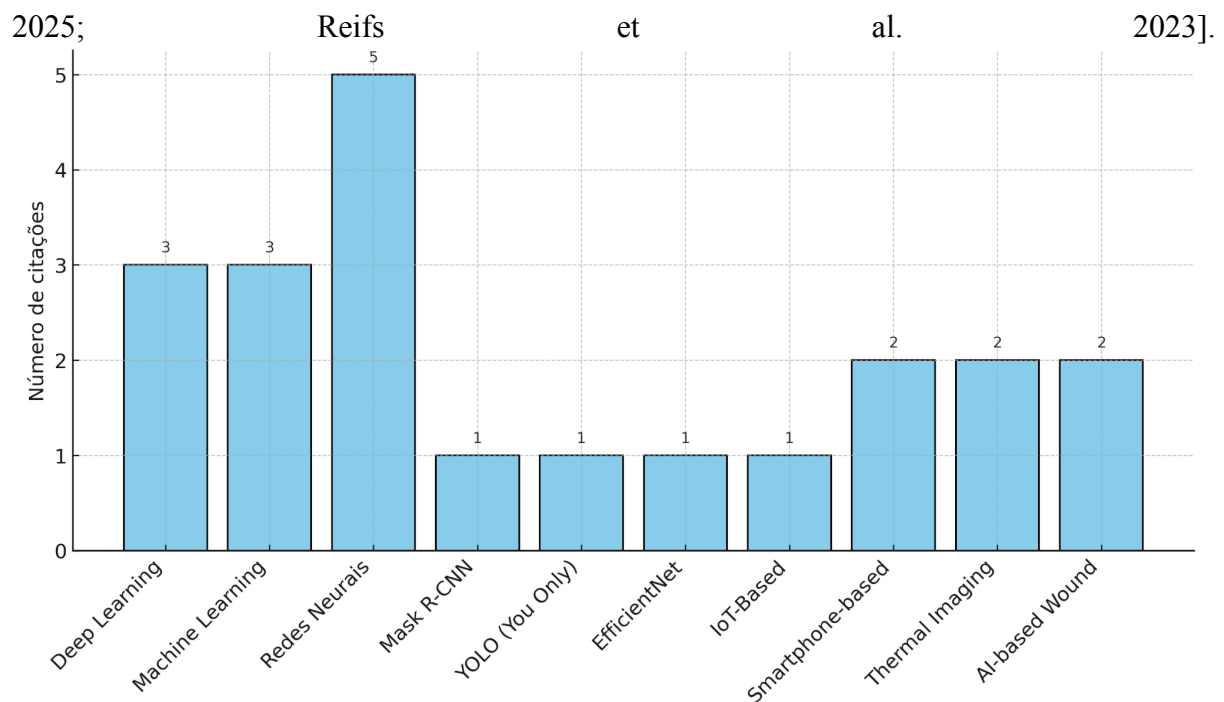
Tabela 1. Trabalhos primários selecionados na RSL organizados por ano de publicação.

Título	Ano	ID	Título	Ano	ID
A machine learning algorithm for early detection of heel deep tissue injuries	2022	S1	Triage of in vivo burn injuries and prediction of wound healing outcome using neural networks and models	2023	S11
A New Smart Mobile System for Chronic Wound Care Management	2018	S2	CADFU for Dermatologists: A Novel Chronic Wounds & Ulcers Diagnosis System with DHuNet and YOLOv8	2023	S12
A time motion study of manual versus artificial intelligence methods for wound assessment	2022	S3	The mathematics of erythema: (Development) of machine learning models for artificial intelligence assisted measurement and severity scoring of radiation induced dermatitis	2021	S13
AI-Assisted Assessment of Wound Tissue with Automatic Color and Measurement Calibration on Images	2023	S4	AI technology for remote clinical assessment and monitoring - Innovations in wound care	2020	S14
Algorithms for Size and Color Detection of Smartphone Images of Chronic Wounds for Healthcare Applications	2015	S5	Clinical validation of computer vision and artificial intelligence algorithms for wound measurement and tissue classification in wound care	2023	S15
An IoT-Based Intelligent Wound Monitoring System	2019	S6	Comparison of wound surface area measurements obtained using clinically validated artificial intelligence-based technology versus manual methods	2023	S16
Development of a Method for Clinical Evaluation of Artificial Intelligence-Based Digital Wound Assessment Tools	2021	S7	Diabetic foot ulcers segmentation challenge report and analysis - Benchmarking AI in medical image segmentation	2024	S17
Development of an Explainable Artificial Intelligence Model for Asian Vascular Wound Images	2024	S8	Advanced Smart Textiles for Wound Healing: A Neural Network-Driven Wearable Health Monitoring System for Real-time Predictive Analysis	2024	S18
Experimental Study on Wound Area Measurement with Mobile Devices	2021	S9	SwishRes-U-Net: A deep neural architecture for chronic wound segmentation	2025	S19
Smartphone-based infrared thermography to assess progress in thoracic surgical incision healing	2024	S10			

Entre 2015 e 2024, houve uma evolução nas publicações sobre diferentes tipos de feridas, com um crescimento significativo a partir de 2021 e um pico em 2023, quando a variedade de feridas abordadas se torna mais evidente. Porém, em 2024, observa-se uma redução, possivelmente indicando estabilização das pesquisas na área. Entretanto, como a pesquisa não incluiu bases mais amplas, como ACM DL e Engineering Village, as conclusões sobre o pico e a estabilização das pesquisas na área podem não representar plenamente o panorama global, tornando necessária uma busca mais abrangente para maior precisão nessa análise.

3.1. Quais softwares ou algoritmos de IA estão sendo usados para caracterizar feridas?

A análise da Figura 2 evidencia que softwares e algoritmos de IA têm sido aplicados na caracterização de feridas, com destaque para uso de redes neurais convolucionais (CNNs) como abordagem predominante para segmentação e classificação tecidual. Entre essas arquiteturas, destacam-se U-Net, ResNet e Mask R-CNN na análise de imagens médicas. U-Net segmenta regiões de interesse, como feridas; ResNet diferencia tecidos e detecta bordas; e Mask R-CNN classifica e delimita áreas, distinguindo tecidos saudáveis de necrosados. Essas redes aprimoram a precisão e eficiência da análise médica. Estudos recentes mostram que essas arquiteturas apresentam elevada acurácia na identificação das bordas das feridas e na diferenciação entre tecidos saudáveis e necrosados [Aldoulah et al.



**Figura 2. Distribuição do número de citações por software e algoritmos de inteligência artificial utilizados na caracterização de feridas.**

Além disso, a adoção de CNNs tem possibilitado a automação de processos antes realizados manualmente, reduzindo a subjetividade das avaliações clínicas e aumentando a reprodutibilidade dos resultados [Shah et al. 2023]. Pesquisas anteriores já demonstravam a superioridade das CNNs na segmentação de imagens médicas, especialmente quando comparadas a métodos tradicionais de análise de imagem [Litjens et al. 2017]. Esse avanço permitiu o desenvolvimento de soluções mais acessíveis e eficientes para a prática clínica, conforme demonstrado por Ranjan et al. (2021), que analisaram a eficácia das CNNs na detecção de alterações cutâneas e na predição do tempo de cicatrização.

A literatura científica também evidencia um crescimento no número de publicações relacionadas ao uso de IA e tecnologias emergentes no tratamento e monitoramento de feridas. O estudo de Reifs et al. (2023) destaca a eficácia de algoritmos de visão computacional e redes neurais convolucionais, como o ResNet50, na classificação tecidual e mensuração de feridas, com acurácia de 0,85. Já Howell et al. (2021) resalta a importância de ferramentas digitais baseadas em IA na avaliação clínica, demonstrando sua capacidade de melhorar a tomada de decisão médica e otimizar o cuidado ao paciente.

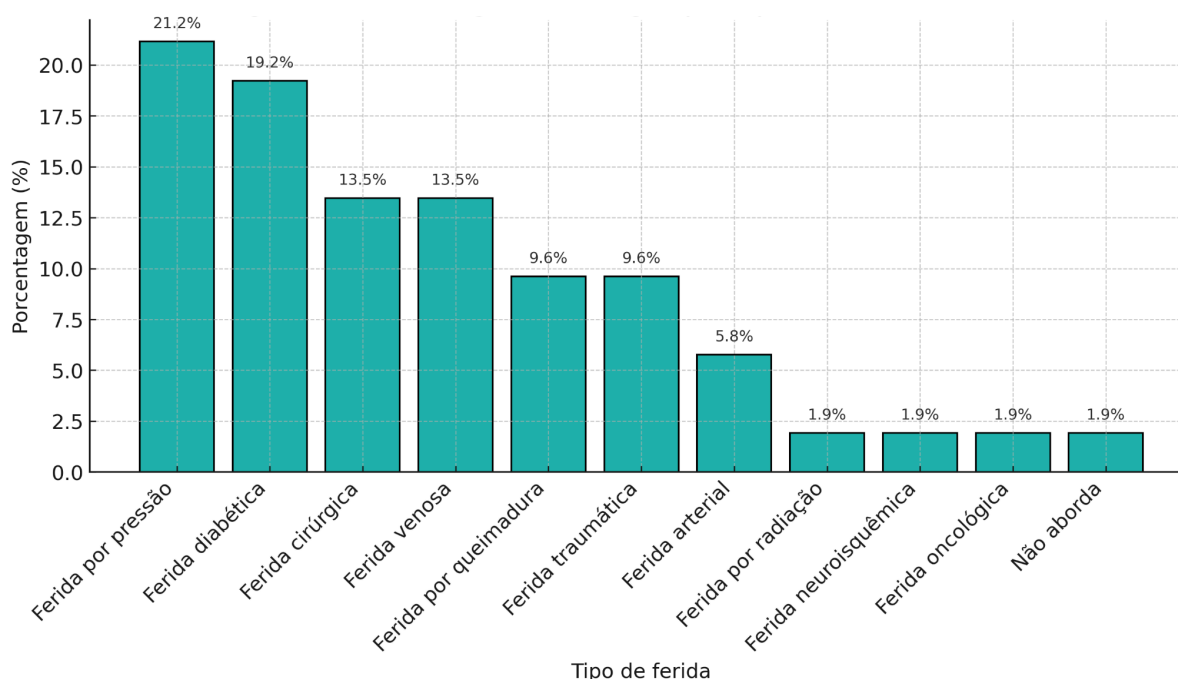
Esses avanços são impulsionados pelo desenvolvimento contínuo de técnicas de aprendizado de máquina e pela necessidade crescente de abordagens mais objetivas e automatizadas na prática clínica. Assim, a tendência é que a pesquisa sobre softwares e algoritmos de IA para caracterização de feridas continue evoluindo, ampliando sua aplicabilidade e eficiência no manejo clínico dessas lesões.

Com base nas evidências apresentadas, pode-se concluir que a aplicação de algoritmos de inteligência artificial, especialmente as redes neurais convolucionais (CNNs), tem se mostrado eficaz na caracterização e análise de feridas. As arquiteturas como U-Net, ResNet e Mask R-CNN demonstram alta precisão na segmentação e classificação tecidual, contribuindo para processos mais automatizados e objetivos na prática clínica. Esses avanços, impulsionados pela evolução do aprendizado de máquina, são fundamentais para otimizar a

avaliação clínica e melhorar os resultados no tratamento de feridas. Assim, a próxima etapa da análise focará nos tipos de feridas abordados nesses estudos, a fim de explorar a aplicabilidade dessas tecnologias em diferentes contextos clínicos.

### 3.2. Quais são os tipos de feridas abordados nesses estudos?

A distribuição das feridas analisadas, representada na Figura 3, evidencia que feridas por pressão (21,2%) e feridas diabéticas (19,2%) são as mais estudadas, seguidas pelas feridas cirúrgicas e venosas (13,5% cada). Todavia, feridas traumáticas e queimaduras (9,6% cada) aparecem com menor frequência e feridas arteriais (5,8%), por radiação (1,9%), neuroisquêmicas (1,9%) e oncológicas (1,9%) são as menos abordadas na literatura analisada.



**Figura 3. Distribuição dos tipos de feridas abordados nos estudos analisados, por ano de publicação.**

A predominância das pesquisas em feridas por pressão e diabéticas pode ser atribuída à alta incidência dessas condições e ao impacto significativo na saúde pública. Estudos como o de Lustig et al. (2022) indicam que algoritmos de aprendizado de máquina têm sido amplamente aplicados para a detecção precoce de feridas por pressão, facilitando a intervenção rápida e reduzindo complicações. Além disso, Howell et al. (2021) destacam que ferramentas digitais baseadas em inteligência artificial aprimoram a avaliação e o monitoramento de úlceras diabéticas, promovendo um acompanhamento mais preciso da cicatrização. O alto custo e a morbidade associados a essas feridas reforçam a necessidade de tecnologias avançadas para otimizar o diagnóstico e o tratamento.

Por outro lado, feridas traumáticas e queimaduras, apesar de representarem desafios clínicos relevantes, ainda são menos exploradas nas pesquisas analisadas. Segundo Khani et al. (2023), modelos de redes neurais têm demonstrado potencial na avaliação da gravidade de queimaduras e na previsão dos desfechos da cicatrização. No entanto, a pesquisa ainda é limitada, especialmente no desenvolvimento de ferramentas acessíveis para a prática clínica.

Além disso, feridas traumáticas, muitas vezes decorrentes de acidentes ou intervenções cirúrgicas emergenciais, apresentam grande variabilidade na cicatrização, dificultando a padronização de algoritmos para sua avaliação.

Essa distribuição desigual de estudos evidencia uma lacuna na aplicação da inteligência artificial para certos tipos de feridas, sugerindo a necessidade de maior investimento para expandir o desenvolvimento de tecnologias inovadoras voltadas a categorias menos exploradas, como feridas oncológicas e neuroisquêmicas.

A maioria dos estudos foca em feridas por pressão e diabéticas, devido ao seu impacto na saúde pública, com avanços significativos no uso de IA para monitoramento. No entanto, há lacunas em pesquisas sobre feridas traumáticas, queimaduras e outras menos estudadas, indicando a necessidade de mais investigação. A próxima seção aborda como a IA contribui para medir parâmetros como tamanho e profundidade das feridas.

### **3.3. Como as ferramentas de IA e software contribuem para mensuração de feridas (ex.: tamanho, profundidade)?**

A estimativa da área da ferida pode ser aprimorada por softwares de segmentação de imagem, que utilizam técnicas como redes neurais convolucionais (CNNs) para identificar automaticamente as bordas da lesão a partir de imagens capturadas por câmeras de smartphones ou dispositivos médicos especializados [Ferreira et al. 2021]. Ferramentas como U-Net e ResNet têm sido utilizadas para delimitar com precisão a área afetada e diferenciar tecidos saudáveis de regiões necrosadas ou em processo de granulação [Alonso et al. 2023].

Alguns estudos demonstram que a IA pode alcançar um nível de precisão comparável ou superior ao de especialistas humanos na segmentação de feridas, reduzindo a subjetividade da análise clínica [Poon & Friesen, 2015]. Bem como, técnicas de calibração de imagem permitem ajustar a perspectiva e remover distorções geométricas, garantindo que as medições sejam consistentes ao longo do tempo [Ferreira et al. 2021].

A medição da profundidade de feridas é complexa em imagens bidimensionais. Métodos tradicionais exigem inspeção física, mas avanços recentes utilizam visão computacional, imagens 3D e sensores especializados para inferir a profundidade [Poon & Friesen, 2015]. Dispositivos com termografia infravermelha analisam a temperatura da pele ao redor da lesão, estimando profundidade e detectando processos infecciosos [Li et al. 2022]. Algoritmos de aprendizado de máquina correlacionam padrões térmicos com estágios de cicatrização, permitindo avaliação precoce de complicações [Lustig et al. 2022].

Métodos inovadores no acompanhamento de feridas incluem sensores de IoT para análise da umidade subepidérmica, que coletam dados ao longo do tempo para prever a evolução da lesão e auxiliar na tomada de decisão clínica. Aplicativos móveis permitem que pacientes enviem imagens para análise automática, facilitando o monitoramento remoto e reduzindo a necessidade de visitas hospitalares [Ferreira et al. 2021]. Algoritmos de IA, treinados com grandes bases de dados, preveem o tempo de cicatrização com base em padrões clínicos [Figueiredo et al. 2023]. A automação padroniza as avaliações, reduzindo a variabilidade entre profissionais e garantindo medições mais consistentes e confiáveis [Alonso et al. 2023].

As ferramentas de IA, como redes neurais convolucionais e técnicas de calibração de imagem, têm mostrado grande potencial na mensuração precisa de feridas, tanto em termos

de área quanto de profundidade. A utilização de tecnologias avançadas, como sensores 3D e termografia infravermelha, permite uma avaliação mais completa, complementando métodos tradicionais e reduzindo a subjetividade das análises. Além disso, o monitoramento remoto e o uso de aplicativos móveis contribuem para um acompanhamento mais eficaz das feridas. A próxima seção abordará como os resultados da aplicação dessas ferramentas são validados para garantir sua confiabilidade na mensuração e classificação das feridas.

**3.4 Como é validado o resultado da aplicação de inteligência artificial e de software para mensurar e classificar as feridas?**

A validação dos resultados da aplicação de inteligência artificial (IA) e software na mensuração e classificação de feridas é demonstrada por meio da comparação entre métodos tradicionais e baseados em IA, conforme evidenciado na revisão dos 19 artigos analisados. A Tabela 2 resume as principais diferenças identificadas nos estudos.

Critérios	Métodos Tradicionais	Métodos Baseados em IA
Precisão	Média a baixa, dependente da subjetividade do avaliador (Afonso et al., 2023)	Alta, devido ao uso de algoritmos avançados de segmentação (Reifs et al., 2023)
Tempo de Avaliação	Lento, exigindo medições manuais e calibração (Mohammed et al., 2022)	Rápido, automação reduz o tempo de análise (Zoppo et al., 2020)
Necessidade de Treinamento	Baixa, métodos simples como régua e planimetria digital (Poon e Friesen, 2015)	Média a Alta, devido à necessidade de capacitação em softwares específicos (Shah et al., 2023)
Acessibilidade	Variável, dependendo da tecnologia usada, mas geralmente acessível (Ferreira et al., 2021)	Variável, custo de software e hardware pode ser elevado (Sattar et al., 2019)
Impacto Clínico	Limitado, podendo gerar variações nos resultados e influenciar a conduta clínica (Howell et al., 2021)	Maior confiabilidade, auxiliando na tomada de decisão médica (Lo et al., 2024)

**Tabela 2. Comparação entre métodos tradicionais e métodos baseados em inteligência artificial para mensuração de feridas.**

A validação de ferramentas de IA para mensuração de feridas envolve comparação com métodos tradicionais, estudos clínicos e testes de confiabilidade. Pesquisas como [Alonso et al. 2023] mostram que a planimetria digital reduz erros de superestimação comuns em medições manuais, enquanto [Reifs et al. 2023] destacam a alta reprodutibilidade de algoritmos de visão computacional. Estudos clínicos, como [Mohammed et al. 2022] e [Howell et al. 2021], indicam que sistemas baseados em IA mantêm alta precisão e reduzem o tempo de avaliação em comparação com métodos convencionais. Além disso, desafios na mensuração manual reforçam a necessidade de soluções tecnológicas padronizadas [Oliveira et al. 2005].

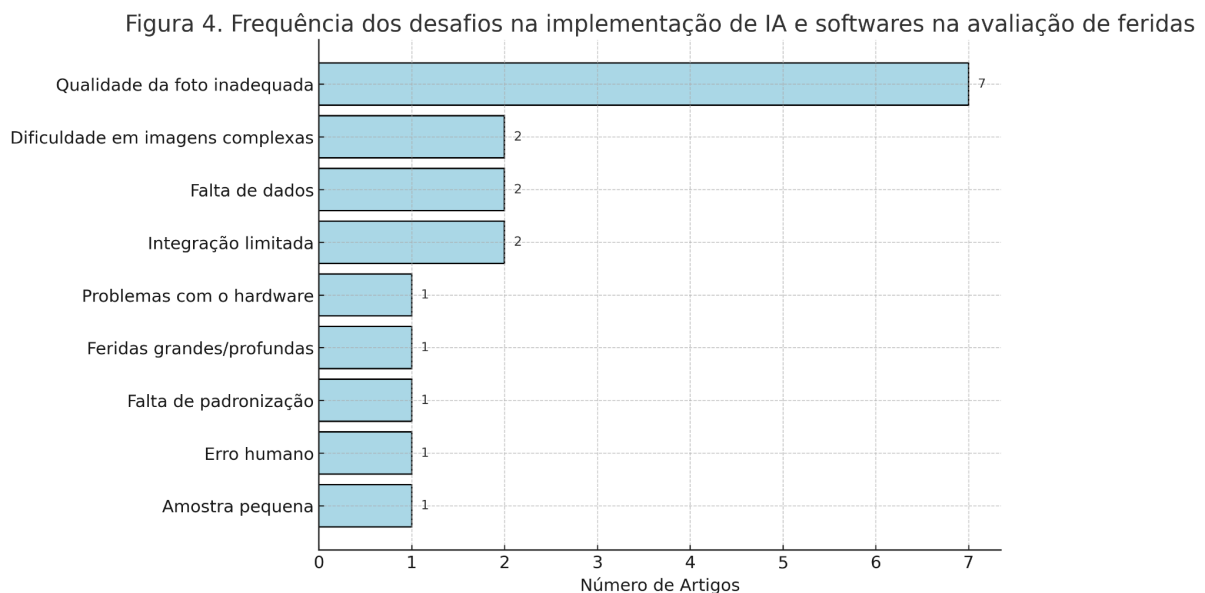
Outro aspecto essencial da validação é a robustez dos modelos em diferentes condições clínicas. [Alonso et al. 2023] identificaram que bordas irregulares e variações de tonalidade da pele podem afetar as medições tradicionais, enquanto algoritmos treinados com conjuntos diversificados demonstraram maior consistência. O uso de redes neurais convolucionais permite maior precisão na segmentação e classificação de feridas [Reifs et al. 2023]. Assim, tecnologias de IA validadas adequadamente podem superar métodos convencionais, garantindo eficiência e confiabilidade na prática clínica.

A validação dos resultados das ferramentas de IA para mensuração e classificação de feridas é realizada por meio de comparações com métodos tradicionais e testes clínicos, que demonstram sua precisão e reprodutibilidade. A literatura aponta que a IA, especialmente com o uso de redes neurais convolucionais, supera os desafios das medições manuais, como erros de superestimação e inconsistências entre diferentes observadores. A capacidade dessas ferramentas de oferecer avaliações mais rápidas e consistentes fortalece sua aplicabilidade

clínica. A próxima seção discutirá os desafios enfrentados na implementação dessas tecnologias no contexto clínico.

### 3.5 Quais desafios são relatados na implementação de softwares e IA para caracterização de feridas?

As dificuldades mais recorrentes nas aplicações de inteligência artificial e softwares para caracterização e gestão de feridas envolvem, principalmente, problemas relacionados à qualidade das imagens utilizadas para análise. Muitos estudos destacam que fotografias restritas comprometem a precisão dos algoritmos, dificultando a segmentação e avaliação das feridas [Howell et al. 2021; Ferreira et al. 2021; Shah et al. 2023; Aldoulah et al. 2025]. Além disso, a falta de padronização nos métodos de coleta de dados também representa um desafio significativo, pois limita a comparação entre diferentes abordagens e reduz a confiabilidade dos modelos desenvolvidos [Lustig et al. 2022].



**Figura 4: Frequência dos principais desafios relatados na implementação de softwares e inteligência artificial na caracterização de feridas.**

Outros incluem desafios de integração limitada entre os sistemas de IA e as tecnologias médicas já existentes, dificultando a implementação prática dessas soluções [Sattar et al. 2019]; erro humano durante a utilização das ferramentas digitais, o que pode comprometer a confiabilidade dos resultados [Wang et al. 2018]; e a obtenção de imagens de amostras pequenas, que reduz a robustez dos modelos [Li et al, 2024,]. A escassez de dados também afeta o treinamento adequado das redes neurais [Khani et al. 2023]. Além disso, a dificuldade em processar imagens complexas surge como um obstáculo, principalmente na análise de condições dermatológicas e feridas mais extensas [Ranjan et al. 2021].

Ainda, questões estruturais, como falhas de hardware que prejudicam a coleta e processamento das informações [Raman et al. 2024], e problemas relacionados à mensuração de feridas muito grandes ou profundas dificultam a padronização das análises [Zoppo et al. 2020]. Apesar dessas limitações, a evolução contínua da IA e o aprimoramento dos

dispositivos usados para captura e processamento de imagens podem minimizar tais desafios e melhorar uma implementação mais eficaz dessas tecnologias no manejo clínico de feridas.

Apesar desses desafios, estudos recentes demonstram que, a longo prazo, a IA pode reduzir custos operacionais ao minimizar a necessidade de avaliações repetitivas e otimizar o tempo dos profissionais de saúde, tornando a adoção dessas tecnologias um investimento estratégico para a melhoria da qualidade assistencial e da gestão hospitalar [Zoppo et al. 2020; Wang et al. 2018].

Uma limitação deste estudo é a seleção das bases de dados, que incluiu BVS, IEEE, PubMed, Scopus e SciELO, mas excluiu outras relevantes, como ACM DL, Engineering Village, ScienceDirect e Springer, possivelmente reduzindo a abrangência dos resultados. Além disso, o uso do termo “wounds” na string de busca, em vez de “wound”, pode ter afetado a recuperação de artigos, já que alguns estudos podem usar apenas a forma singular. Essas limitações destacam desafios comuns em revisões sistemáticas, como a delimitação da pesquisa e a precisão das estratégias de busca.

#### **4. Considerações finais**

A evolução das aplicações de software e o uso de inteligência artificial (IA) na caracterização e mensuração de feridas representam um avanço significativo no campo da saúde digital. A presente revisão sistemática buscou mapear os principais avanços e desafios relacionados à implementação dessas tecnologias, evidenciando sua relevância para a melhoria da precisão diagnóstica, eficiência clínica e monitoramento de pacientes [Reifs et al. 2023; Howell et al. 2021].

A revisão também destacou a importância do desenvolvimento de algoritmos interpretáveis e de interfaces amigáveis para os profissionais de saúde, garantindo uma adoção mais ampla dessas ferramentas no ambiente hospitalar [Lo et al. 2024]. Além disso, a necessidade de validação clínica dos modelos preditivos e a padronização dos protocolos de coleta e processamento de dados são aspectos fundamentais para a confiabilidade e reprodutibilidade dos resultados obtidos [Shah et al. 2023].

Diante do exposto, conclui-se que as aplicações de IA na caracterização e mensuração de feridas possuem um grande potencial para otimizar a tomada de decisão clínica, reduzir o tempo de avaliação e aprimorar a qualidade do cuidado prestado aos pacientes [Mohammed et al. 2022].

#### **5. Referências**

- AFONSO, Cristina et al. (2014). Prevenção e tratamento de feridas – da evidência à prática. Primeira Edição, HARTMANN Portugal.
- ALDOULAH, ZA, MALIK, H., MOLYET, R., e ALJASEM, M. (2025). SwishRes-U-Net: Uma arquitetura neural profunda para segmentação de feridas crônicas. *Biomedical Signal Processing and Control* , 100, 107048. Elsevier.
- ALONSO, MC, MOHAMMED, HT, FRASER, RD, RAMIREZ GARCIA LUNA, JL e MANNION, D. (2023). Comparação de medidas de área de superfície de ferida obtidas usando tecnologia. .

- ANISUZZAMAN, DM et al. (2021). Inteligência Artificial Baseada em Imagens na Avaliação de Feridas: Uma Revisão Sistemática. *Advances in Wound Care* , 11(12).
- BRITO, Karen K. Gonçalves de; e outros. (2013). Feridas crônicas: abordagem da enfermagem na produção científica da pós-graduação. *Revista de Enfermagem da UFPE on-line*.
- CARBINATTO, Fernanda Mansano; AQUINO JÚNIOR, Antonio Eduardo de; BAGNATO, Vanderlei Salvador. (2024). *Conduas e inovações nos cuidados com feridas crônicas*. São Carlos: Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FERREIRA, F., PIRES, IM, P., V., COSTA, M., e V., MV (2021). Estudo experimental sobre medição de área de feridas com dispositivos móveis. *Sensores* , 21(17), 5762. MDPI.
- FIGUEIREDO, Wesley K. R., et al. (2023) *Abordagem Computacional Baseada em Deep Learning para o Diagnóstico de Endometriose Profunda através de Imagens de Ressonância Magnética*. SBCAS 2023.
- HOWELL, RS, LIU, HH, KHAN, AA e WOODS, JS (2021). Desenvolvimento de um método para avaliação clínica de ferramentas digitais de avaliação de feridas baseadas em inteligência artificial. *JAMA Network Open*. Associação Médica Americana.
- JIMÉNEZ, DR et al. (2025). Métodos de inteligência artificial para assistência diagnóstica e de tomada de decisão em feridas crônicas: RSL. *Journal of Medical Systems* , 49(1), 29.
- KHANI, ME, HARRIS, ZB, OSMAN, OB e SINGER, AJ (2023). Triagem de queimaduras in vivo e previsão do resultado da cicatrização de feridas. *Biomedical Optics Express* , 14(2), 918-930. Sociedade Óptica da América.
- LI, F., WANG, M., WANG, T., e MA, X. (2023). Termografia infravermelha baseada em smartphone para avaliar o progresso na cicatrização de incisão cirúrgica torácica: Um estudo preliminar. *International Wound Journal* , 20, 2000-2009. Wiley.
- LITJENS, G., KOESSELS, T., CAMPS, S., GINHOVEN, R., BALOCH, S., BASTIAENSEN, T., et al. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical Image Analysis*, 42, 60-88. Elsevier.
- LUCAS, Lucinéia da Silva; MARTINS, Júlia Trevisan; ROBAZZI, Maria Lúcia do Carmo. (2008). Qualidade de vida dos portadores de feridas em membros inferiores - úlcera de perna. *Ciência & Enfermagem* , 14(2), 39-47.
- LO, ZJ, MAK, MHW, LIANG, S., e CHAN, YM (2024). Desenvolvimento de um modelo de inteligência artificial explicável para imagens de feridas vasculares asiáticas. *International Wound Journal* , 21, e14565. Wiley.

- LUSTIG, M., SCHWARTZ, D., BRYANT, R., e GEFEN, A. (2022). Um algoritmo de aprendizado de máquina para detecção precoce de lesões de tecido profundo. *International Wound Journal* , 19, 1339-1348. Wiley.
- MEHL, AA et al. (2020). Mensuração da área da ferida para análise precoce do fator preditivo de cicatriz. *Revista Latino-Americana de Enfermagem* , 28.
- MOHAMMED, HT, BARTLETT, RL, BABB, D., e FRASER, RD (2022). Um estudo de movimento temporal de métodos de inteligência manual. *PLOS ONE* , 17(7), e0271742. Biblioteca Pública de Ciências.
- OLIVEIRA, B.G.R.B.; CASTRO, J.B.A.; ANDRADE, N.C. (2005). Técnicas Utilizadas na Aferição de Feridas e Avaliação do Processo Cicatricial. *Saúde Coletiva*, ISSN: 1806-3365. Editorial Bolina, São Paulo, Brasil.
- PAGE, Matthew J. et al. (2022). A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Volume 31, Número 2. Brasília.
- POON, TW e F., MR (2015). Algoritmos para detecção de tamanho e cor de imagens de feridas crônicas de smartphones para aplicações de assistência médica. *IEEE Access*.
- RAMAN, R., VARMA, R., e LAI, T. (2024). Advanced Smart Textiles for Wound Healing: Um sistema de monitoramento de saúde vestível orientado por rede neural para análise preditiva em tempo real. *IEEE Access* .
- RANJAN, R., PARTL, R., e ERHART, R. (2021). A matemática do eritema: Desenvolvimento de modelos de aprendizado de máquina para medição assistida por inteligência artificial. *Computadores em Biologia e Medicina* , 139, 104952. Elsevier.
- REIFS, D., CASANOVA-LOZANO, L., e REIG-BOLAÑO, R. (2023). Validação clínica de algoritmos de visão computacional e inteligência artificial para medição de feridas. *Informatics in Medicine Unlocked* , 37, 101185. Elsevier.
- SANTOS, Joseane Brandão dos et al. (2011). Avaliação e tratamento de feridas: orientações aos profissionais de saúde.
- SATTAR, H., BAJWA, IS, e AMIN, RU (2019). Um sistema de monitoramento inteligente de feridas baseado em IoT. *IEEE Access* , 7, 144500-144510. IEEE.
- SHAH, SMAH, RIZWAN, A., e ATTEIA, G. (2023). CADFU para dermatologistas: um novo sistema de diagnóstico de feridas e úlceras crônicas com DHuNeT (Dual-Phase Hyperactive UNet) e algoritmo YOLOv8. *Healthcare* , 11(21), 2840. MDPI.
- WANG, S., ZHANG, Q., e HUANG, W. (2018). Um novo sistema móvel inteligente para gerenciamento de cuidados com feridas crônicas. *IEEE Access* , 6, 52355-52365. IEEE.