INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CUIDADO DE FERIDAS COMPLEXAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN COMPLEX WOUND CARE: AN INTEGRATIVE LITERATURE REVIEW

Rafael Alves da Silva[1]

[1]Mestrando do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Saúde da Afya Universidade Unigranrio. Graduado em Enfermagem e pós-graduado em Docência do Ensino Superior. E-mail: alvesprofessor934@gmail.com.

Eixo Temático: Saúde

RESUMO

Introdução: Feridas complexas constituem desafio para a saúde pública por apresentarem cicatrização prolongada, risco de infecção e impacto na qualidade de vida. Objetivo: Mapear evidências sobre o uso de inteligência artificial e inovações tecnológicas no cuidado dessas lesões. Método: Revisão integrativa orientada pela estratégia PICO, realizada em seis etapas. Foram consultadas PubMed/MEDLINE, CINAHL, LILACS e BDENF, considerando estudos publicados entre 2020 e 2026, em português, inglês ou espanhol. Resultados: Os achados foram agrupados em visão computacional aplicada ao diagnóstico, curativos inteligentes e terapias adjuvantes, e telessaúde integrada ao prontuário eletrônico. Conclusão: As tecnologias podem ampliar a precisão, o monitoramento e a continuidade do cuidado, desde que associadas à avaliação clínica, à proteção de dados e à assistência humanizada.

Palavras-chave: Feridas Complexas. Inteligência Artificial. Tecnologias em Saúde. Estomaterapia. Cicatrização.

ABSTRACT

Introduction: Complex wounds are a public health challenge because of prolonged healing, infection risk, and effects on quality of life. Objective: To map evidence on artificial intelligence and technological innovations in the care of these wounds. Method: An integrative review guided by the PICO strategy and conducted in six stages. PubMed/MEDLINE, CINAHL, LILACS, and BDENF were searched for studies published between 2020 and 2026 in Portuguese, English, or Spanish. Results: Findings were grouped into computer vision for diagnosis, smart dressings and adjuvant therapies, and telehealth integrated with electronic health records. Conclusion: Technologies may improve accuracy, monitoring, and continuity of care when combined with clinical assessment, data protection, and humanized assistance.

Keywords: Complex Wounds. Artificial Intelligence. Health Technologies. Stomatherapy. Wound Healing.

1 INTRODUÇÃO

Feridas complexas incluem lesões por pressão, úlceras diabéticas e vasculogênicas, deiscências cirúrgicas e feridas traumáticas. São condições marcadas por interrupção ou lentificação do processo cicatricial, podendo envolver biofilme, hipóxia, inflamação persistente, dor e comprometimento funcional. A assistência exige avaliação do leito, da pele adjacente, da perfusão, do exsudato e dos fatores sistêmicos que interferem na reparação tecidual. A abordagem deve ser individualizada e registrada de modo padronizado.[1 5 6 8 9]

Durante muito tempo, a avaliação dependeu predominantemente da observação e da mensuração manual. Embora a experiência profissional seja indispensável, diferenças entre avaliadores podem dificultar a comparação da evolução. O registro incompleto também compromete a continuidade do cuidado. Por isso, instrumentos digitais que apoiem a descrição da lesão podem contribuir para maior consistência, especialmente em acompanhamentos prolongados.[1 5 6 8 9]

A transformação digital introduziu recursos de imagem, sensores e sistemas de apoio à decisão. Algoritmos de aprendizado de máquina podem reconhecer padrões em fotografias clínicas, estimar dimensões e auxiliar a classificação de tecidos. Essas funções não substituem o exame clínico, mas oferecem informação complementar para o planejamento e a comunicação entre profissionais.[1,5-8,10]

Curativos inteligentes e dispositivos conectados ampliam a possibilidade de acompanhar o microambiente da ferida. Biossensores podem monitorar pH, umidade e temperatura, enquanto materiais responsivos são desenvolvidos para liberar substâncias de maneira controlada.[4 7] A telessaúde, por sua vez, permite compartilhar imagens e registros com profissionais que não estão no mesmo local, favorecendo o acesso a orientações especializadas.[2 3 9]

A incorporação dessas soluções demanda atenção à qualidade das imagens, à interoperabilidade, à privacidade e à formação das equipes. Também é necessário verificar se a tecnologia é acessível e se o resultado gerado está ligado a uma conduta clínica definida. Assim, a inovação deve ser avaliada não apenas pela novidade, mas por sua capacidade de produzir cuidado seguro, equitativo e efetivo.

2 OBJETIVO

Mapear e sintetizar as evidências científicas sobre a aplicação de inteligência artificial e inovações tecnológicas no diagnóstico, monitoramento e tratamento de feridas complexas, discutindo benefícios, limitações e condições para sua utilização responsável na prática multiprofissional.

3 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo e exploratório. O método permite reunir resultados de estudos com diferentes delineamentos e produzir síntese ampla sobre um problema de saúde. O percurso foi organizado em seis etapas: elaboração da pergunta norteadora; busca bibliográfica; seleção conforme critérios de elegibilidade; extração e categorização dos dados; análise crítica; e síntese do conhecimento.

A questão foi estruturada pela estratégia PICO. A população correspondeu a pacientes com feridas complexas; a intervenção, ao uso de inteligência artificial e tecnologias avançadas; o comparador, aos cuidados convencionais; e o desfecho, à otimização do diagnóstico, do acompanhamento e da cicatrização. A pergunta definida foi: quais evidências estão disponíveis sobre o uso dessas tecnologias no cuidado de pessoas com feridas complexas?

Foram consultadas PubMed/MEDLINE, CINAHL, LILACS e BDENF. Utilizaram-se os descritores DeCS/MeSH “wounds and injuries”, “artificial intelligence”, “biomedical technology”, “telemedicine” e termos equivalentes em português, combinados pelos operadores AND e OR. A estratégia geral combinou: (wound OR ulcer OR “complex wound”) AND (“artificial intelligence” OR “machine learning” OR “computer vision” OR telemedicine OR biosensor). A busca foi delimitada a publicações de janeiro de 2020 a agosto de 2026, em português, inglês ou espanhol.

Foram incluídos artigos originais, revisões sistemáticas e estudos de avaliação tecnológica com texto completo e abordagem direta do uso de IA, softwares, sensores, curativos avançados ou tecnologias de acompanhamento em feridas complexas. Foram excluídos estudos duplicados, editoriais, cartas, trabalhos sem texto completo e publicações que tratassem de tecnologias sem relação com o cuidado de feridas.

A seleção ocorreu em três momentos: identificação dos registros, triagem por título e resumo e leitura integral dos textos potencialmente elegíveis. O manuscrito original não registrava o número bruto de resultados recuperados em cada base; por isso, não foram inventados quantitativos de identificação ou exclusão. A análise crítica considerou clareza do objetivo, adequação do delineamento, descrição da população ou tecnologia, coerência dos resultados e limitações declaradas. Os dados foram extraídos para uma matriz contendo autor, ano, país, tipo de estudo, tecnologia, finalidade clínica, principais achados e limitações. A síntese foi descritiva e temática, sem metanálise própria. Para contextualizar os achados, foram utilizados dados de revisões publicadas: uma revisão de IA identificou 2.791 registros e incluiu 93 estudos, enquanto uma revisão de intervenções digitais reuniu 25 estudos e 8.125 participantes.[1,2] Por se tratar de estudo bibliográfico, não houve coleta direta de dados com seres humanos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise temática permitiu identificar três eixos: visão computacional e IA no diagnóstico; tecnologias avançadas em curativos e terapias adjuvantes; e telessaúde integrada ao prontuário eletrônico. Os eixos podem atuar de forma combinada, compondo um fluxo de avaliação, registro, intervenção e reavaliação. A interpretação foi conduzida de forma descritiva, considerando a finalidade clínica das tecnologias e a consistência das evidências disponíveis.

4.1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E VISÃO COMPUTACIONAL NO DIAGNÓSTICO

Sistemas de visão computacional podem auxiliar na delimitação das bordas da lesão, na estimativa de área e na comparação de imagens ao longo do tempo. Modelos treinados com bancos de imagens também podem diferenciar, com diferentes níveis de desempenho, tecidos de granulação, esfacelo e necrose.[1,5-8,10] Uma revisão sistemática recente identificou 93 estudos sobre classificação de tecidos, mensuração, segmentação, previsão de etiologia e potencial de cicatrização, indicando avanço do campo, mas também necessidade de validação clínica.[1] Para que o resultado seja confiável, a fotografia precisa seguir padrão de iluminação, distância, foco, ângulo e referência de escala.

A análise de coloração, exsudato e alterações ao redor da ferida pode gerar alertas relacionados à possibilidade de infecção ou biofilme. Entretanto, alerta automatizado não equivale a diagnóstico. A interpretação deve considerar dor, odor, calor, edema, sinais sistêmicos, perfusão, comorbidades e evolução clínica. O julgamento do enfermeiro e da equipe permanece central na escolha da conduta.

A principal contribuição para a enfermagem está na padronização do registro e na possibilidade de acompanhar a evolução com maior objetividade. Imagens seriadas podem apoiar a comunicação entre turnos e equipes, facilitar discussões interprofissionais e tornar mais clara a resposta às coberturas e terapias. Ao paciente, o acompanhamento visual pode favorecer educação em saúde e adesão a medidas de prevenção, mobilidade, nutrição e controle de doenças de base.

4.2 CURATIVOS INTELIGENTES E TERAPIAS ADJUVANTES

Curativos inteligentes incorporam biossensores e materiais capazes de responder a alterações do ambiente. Revisão recente descreve sensores flexíveis, patches colorimétricos e plataformas eletroquímicas para monitorar pH, temperatura, umidade e metabólitos relacionados à infecção, além de possibilidades de integração com smartphones e inteligência artificial.[4] Esses recursos podem favorecer intervenções mais oportunas, mas ainda dependem de validação clínica, disponibilidade, custo, adesão do paciente e treinamento profissional.

Terapias adjuvantes, como fotobiomodulação e pressão negativa, podem ser consideradas em situações clínicas selecionadas, mas sua indicação deve ser individualizada e baseada em protocolos, contraindicações, objetivos terapêuticos, custos e capacidade do serviço. A presente revisão não realizou comparação experimental entre essas modalidades; portanto, não é possível estabelecer superioridade entre tratamentos a partir dos dados reunidos.

4.3 TELESSAÚDE E PRONTUÁRIO ELETRÔNICO

A integração de fotografias obtidas por smartphones, formulários estruturados e prontuários eletrônicos cria uma linha do tempo do cuidado. Esse registro facilita a comparação de medidas, coberturas, sinais clínicos e respostas ao tratamento. Em locais com poucos especialistas, a discussão remota pode apoiar a atenção primária e reduzir deslocamentos de pacientes com mobilidade limitada.[3] Uma metanálise de 22 ensaios randomizados, com 2.397 participantes, encontrou evidências de melhora em escore e tempo de cicatrização, amputação, dor e qualidade de vida, embora os autores recomendem estudos de maior qualidade.[3]

A telessaúde exige consentimento, finalidade definida e proteção contra acesso indevido. O serviço deve estabelecer como as imagens serão produzidas, identificadas, armazenadas e compartilhadas. É necessário definir responsáveis pelo acompanhamento e prazos para resposta, evitando que uma imagem seja arquivada sem análise ou sem retorno ao paciente. A avaliação presencial continua indispensável diante de deterioração rápida, dor intensa, sinais sistêmicos ou suspeita de complicação.

4.4 IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA PROFISSIONAL

A inteligência artificial deve ser compreendida como suporte à decisão. O profissional precisa reconhecer limitações, possíveis vieses e situações em que o algoritmo pode falhar. A tecnologia deve apoiar, e não substituir, a avaliação do enfermeiro.[9,10] A formação deve abranger produção de imagens de qualidade, interpretação crítica dos resultados, segurança da informação, comunicação com o paciente e integração da tecnologia ao processo de trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inteligência artificial, os curativos inteligentes e a telessaúde apresentam potencial para qualificar o cuidado de feridas complexas. A visão computacional pode apoiar a mensuração e a caracterização do leito; os biossensores podem fornecer informações sobre o microambiente; e o acompanhamento remoto pode ampliar o acesso a profissionais. A combinação desses recursos tende a fortalecer registros, comunicação e continuidade assistencial.[2-4,8-10]

REFERÊNCIAS

1. Reifs Jiménez D, Casanova-Lozano L, Grau-Carrión S, Reig-Bolaño R. Artificial intelligence methods for diagnostic and decision-making assistance in chronic wounds: a systematic review. J Med Syst. 2025;49(1):29. doi:10.1007/s10916-025-02153-8.
2. Bai X, Zhang H, Jiao Y, Yuan C, Ma Y, Han L. Digital health interventions for chronic wound management: a systematic review and meta-analysis. J Med Internet Res. 2024;26:e47904. doi:10.2196/47904.
3. Zhang X, Guo Z, Duan Y, Sun C, Luo J. Effectiveness of telemedicine on wound-related and patient-reported outcomes in patients with chronic wounds: systematic review and meta-analysis. JMIR Mhealth Uhealth. 2025;13:e58553. doi:10.2196/58553.
4. Vo DK, Trinh KTL. Advances in wearable biosensors for wound healing and infection monitoring. Biosensors (Basel). 2025;15(3):139. doi:10.3390/bios15030139.
5. Anisuzzaman DM, Wang C, Rostami B, Gopalakrishnan S, Niezgoda J, Yu Z. Image-based artificial intelligence in wound assessment: a systematic review. Adv Wound Care (New Rochelle). 2022;11(12):687-709. doi:10.1089/wound.2021.0091.
6. Chen MY, Cao MQ, Xu TY. Progress in the application of artificial intelligence in skin wound assessment and prediction of healing time. Am J Transl Res. 2024;16(7):2765-2776. doi:10.62347/MYHE3488.
7. Liu H, Sun W, Cai W, Luo K, Lu C, Jin A, et al. Current status, challenges, and prospects of artificial intelligence applications in wound repair theranostics. Theranostics. 2025;15(5):1662-1688. doi:10.7150/thno.105109.
8. Costa JC, Cunha GE, Cruz e Silva MT, Abreu TN, Silva DHP, Sene Junior IG. Inteligência artificial na caracterização e mensuração de feridas: uma revisão sistemática. In: Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde; 2025; Porto Alegre, Brasil. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação; 2025. p. 689-700. doi:10.5753/sbcas.2025.7724.
9. Queiroz PES, Schulz RS, Barbosa JDV. Importância da tecnologia no processo de enfermagem para o tratamento de feridas crônicas. Rev Enferm Contemp. 2017;6(2):158-166. doi:10.17267/2317-3378rec.v6i2.1182.
10. Basso da Silva G, Gabriel J, Goldberg Rabin E, Martins da Silva D, Dias da Silva AP, Souza dos Santos V. O uso de inteligência artificial comparado ao método tradicional para avaliação de feridas operatórias. Rev Enferm Atual In Derme [Internet]. 2024;98(2):e024326. doi:10.31011/reaid-2024-v.98-n.2-art.2213.