



Nanocompostos utilizados no tratamento de lesões cutâneas: revisão de escopo

Nanocomposites used in the treatment of skin lesions: a scoping review

Nanocompuestos utilizados en el tratamiento de lesiones cutâneas: una revisión de alcance

Como citar este artigo:

Deus WF, Lima CLS, Negreiros ALB, Luz PK, Machado RS, Silva GRF. Nanocomposites used in the treatment of skin lesions: a scoping review. Rev Esc Enferm USP. 2024;58:e20230338. <https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2023-0338en>

-  Wevernilson Francisco de Deus¹
-  Camylla Layanny Soares Lima¹
-  Ana Luiza Barbosa Negreiros¹
-  Phellype Kayyaa da Luz^{2,3}
-  Raylane da Silva Machado^{2,4}
-  Grazielle Roberta Freitas da Silva¹

¹ Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós Graduação em Enfermagem, Teresina, PI, Brasil.

² Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, Brasil.

³ Colégio Técnico de Bom Jesus, Bom Jesus, PI, Brasil.

⁴ Colégio Técnico de Floriano, Floriano, PI, Brasil.

ABSTRACT

Objective: To map the nanocomposites used in the treatment of skin lesions. **Method:** A scoping review, according to the Joanna Briggs Institute methodology, carried out on eight databases, a list of references and Google Scholar to answer the question: “Which nanocomposites are used as a cover for the treatment of skin lesions?”. Two independent reviewers selected the final sample using inclusion/exclusion criteria using the EndNote® and Rayyan programs. Data was extracted using an adapted form and reported using the PRISMA checklist extension, and the protocol was registered in the Open Science Framework (OSF). **Results:** 21 articles were selected, with nanofibers, nanogels and nanomembranes as the nanocomposites described in wound healing, alone or in association with other therapies: negative pressure and elastic. Silver nanomaterials stand out in accelerating healing due to their antimicrobial and anti-inflammatory action, but caution should be exercised due to the risk of cytotoxicity and microbial resistance. **Conclusion:** Nanocomposites used in wound treatment are effective in accelerating healing and reducing costs, and the addition of bioactives to nanomaterials has added extra properties that contribute to healing.

DESCRIPTORS

Wounds and Injuries; Skin Ulcer; Nanocomposites; Nanogels.

Autor correspondente:

Wevernilson Francisco de Deus
Rua Agenor veloso, 1200, Lourival Patente
64023-285 – Teresina, PI, Brasil
wever_ni@hotmail.com

Recebido: 18/10/2023
Aprovado: 27/03/2024

INTRODUÇÃO

A nanotecnologia tem provocado um significativo impacto para o desenvolvimento da ciência e especialmente na inovação tecnológica. A síntese e design de estruturas na escala nano apresentam as mais diversas possibilidades de utilidades na assistência à saúde e em pesquisas científicas^(1,2). Neste contexto, tem-se a confecção dos nanocompostos, definidos como estruturas em que pelo menos um dos seus componentes está na escala nanométrica (1 a 1000 nanômetros)^(3,4).

Com a sua capacidade de modular propriedades químicas, a nanotecnologia se apresenta como uma estratégia eficiente para a prática avançada em feridas. Ela oferta uma grande variedade de nanomateriais para utilização tópica de forma isolada, ou conjunta às terapêuticas de consenso científico, em lesões cutâneas específicas promovendo em ambos os cenários uma evolução acentuada da cicatrização⁽⁵⁾.

Entre os diferentes designs apresentados, cabe destaque: andaimes com estruturas tridimensionais e porosas (scaffolds); estruturas fibrosas entrecruzadas de filamentos poliméricos e grande área de superfície (nanofibras); redes tridimensionais de polímeros contendo grupos hidrofílicos e reticulados (nanogéis); interfase com barreira seletiva ou semipermeável através da combinação de compostos orgânicos e inorgânicos (nanomembranas); cilindros ou tubos ocos (nanotubos). Dessa forma, os nanocompostos apresentam diversas possibilidades de utilização como: liberação controlada ou transporte de drogas e bioativos, suporte de crescimento e diferenciação celular, regeneração óssea e tecidual⁽⁶⁻⁸⁾.

Neste cenário, destacam-se pesquisas envolvendo carreamento de bioativos entre a barreira hematoencefálica e miméticos da matriz extracelular⁽²⁾. Esta capacidade de imitar o ambiente extracelular e proporcionar o crescimento celular diferenciado faz dos nanomateriais uma grande promessa para o processo de regeneração tecidual⁽⁶⁾. A confecção de nanocompostos com materiais biocompatíveis, provendo suporte mecânico, sem resposta biológica no organismo hospedeiro, conferem a eles a capacidade de modular o complexo processo de cicatrização e acelerar o reparo tissular e tecidual^(7,9).

Conforme a evolução do processo de cicatrização, as lesões cutâneas podem ser classificadas em agudas ou crônicas. Em lesões agudas o processo de hemostasia é desencadeado após ruptura vascular com evolução contínua e dinâmica das fases de cicatrização, as modificações fisiológicas dominantes são vasculares e exsudativas localizadas no ponto de agressão com retração das margens em até três semanas; em lesões crônicas ocorre um estadiamento ou desvio sequencial das fases de cicatrização, a fase inflamatória permanece de forma duradoura comprometendo uma reparação ordenada e prolongando a retração das margens por um período superior a três semanas⁽¹⁰⁾. A reparação tissular ainda representa um grande desafio clínico e científico, no qual são direcionados esforços especializados para reduzir o impacto fisiológico, funcional, institucional e financeiro de uma ferida^(10,11).

Este desafio impulsiona e direciona diversos pesquisadores para a possibilidade de utilização em pesquisas científicas de materiais inovadores que possam acelerar o processo

de cicatrização de lesões^(10,11). Assim, algumas propriedades, tais como as características de biocompatibilidade, designs de estruturas semelhantes a matriz extracelular e carreamento de bioativos; acrescido aos resultados promissores na área de cuidados com a pele resultante da eficiência dos nanocompostos na prevenção de lesões cutâneas⁽¹²⁾ conferem aos nanomateriais alto interesse científico. Contudo, o domínio acerca da nanotecnologia, os nanomateriais que podem ser confeccionados, suas possibilidades de aplicações e resultados é uma realidade prevalente entre os profissionais do ramo da engenharia biomédica e de materiais⁽¹¹⁾.

O desenvolvimento de pesquisas com utilização da nanotecnologia está entre as prioridades temáticas para o período de 2020 a 2023 no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações do Brasil. A portaria ministerial nº 1122 de 19 de março de 2020 reforça que a nanotecnologia pode contribuir para a base de inovação em produtos intensivos em conhecimento científico e tecnológico⁽¹³⁾.

Nesta perspectiva, os profissionais relacionados diretamente com a assistência à saúde, em especial da enfermagem no contexto dos cuidados às lesões teciduais, necessitam de propriedade e domínio acerca da inovação tecnológica, incluindo a utilização dos nanocompostos no processo de cicatrização.

Contudo é notório a lacuna conceitual e de conhecimento nacional e internacional acerca da especificação e possibilidades de utilização dos nanomateriais como cobertura terapêutica no processo de cicatrização. Uma pesquisa preliminar foi conduzida em julho de 2022 na Biblioteca Virtual em Saúde e nas bases de dados COCHRANE, CINAHL, EMBASE, SCOPUS, Web of Science e MEDLINE via PubMed, onde até o dia quinze de julho de 2022 não foram encontradas revisões de escopo ou revisões sistemáticas em andamento ou finalizadas que abordassem aspectos referentes ao tema de interesse.

Portanto, justifica-se a relevância dessa proposta de revisão de escopo que tem como objetivo mapear os nanocompostos utilizados como coberturas em lesões cutâneas durante o processo de cicatrização. A expectativa é de que esses materiais possam ser utilizados em pesquisas futuras de forma a contribuir com a assistência profissional.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão de escopo da literatura, desenvolvida de acordo com a metodologia proposta pelo *Joanna Briggs Institute (JBI)*⁽¹⁴⁾. Os achados desta revisão foram reportados conforme o checklist PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension*)⁽¹⁵⁾. O protocolo de pesquisa deste estudo está registrado na plataforma *Open Science Framework (OSF)* (<https://osf.io/2gudk/>).

QUESTÃO DE PESQUISA

Para a formulação da questão norteadora, foi utilizado o acrônimo PCC, no qual “P” representa a população (portadores de lesões cutâneas); “C” o conceito (nanocompostos ou nanogéis); e “C” o contexto (amplo, sem restrição). Assim, a questão norteadora deste estudo foi: “Quais os nanocompostos utilizados como cobertura para o tratamento de lesões cutâneas?”.

FONTES DE INFORMAÇÃO E CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram considerados estudos publicados na íntegra, sem restrição quanto ao delineamento metodológico, de idiomas e sem limite temporal. Foram considerados artigos publicados em periódicos e publicações da literatura cinzenta, como trabalhos de conclusão de curso, teses e dissertações.

Definiu-se critérios de inclusão/exclusão para cada letra do acrônimo PCC. Deste modo, foram incluídos estudos cuja população eram pacientes portadores de lesões cutâneas. Independentemente da etiologia, sejam feridas agudas ou feridas crônicas, foram considerados pacientes com doenças pré-existentes em assistência domiciliar, ambulatorial ou em instituição de saúde. Dentro do conceito, os estudos incluídos utilizaram os nanocompostos ou nanogéis desenvolvidos como cobertura primária em feridas, independente da técnica de síntese ou design. Foram desconsiderados estudos em que as coberturas foram aplicadas exclusivamente para avaliar a ação antimicrobiana, sem avaliar o progresso da cicatrização. O contexto desta revisão foi amplo, sem restrição quanto ao contexto da assistência (hospitalar, domiciliar ou ambulatorial) ou qualquer área específica do conhecimento.

ESTRATÉGIA DE BUSCA

As buscas foram realizadas nas bases de dados: Medical Literature and Retrieval System online (MEDLINE) via National Center for Biotechnology Information (NCBI/PubMed), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Base de Dados em Enfermagem (BDENF) e Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud (IBECS), via Biblioteca Virtual em Saúde, EMBASE via Elsevier, COCHRANE, CINAHL e Web of Science (WOS) foram acessadas via Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Foram consideradas como estratégias adicionais: busca no *Google Scholar* e a busca de referências cruzadas. As buscas foram conduzidas entre julho e dezembro 2022 e atualizadas em fevereiro de 2024.

Para a busca nas bases de dados utilizou-se os descritores controlados do Banco de Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), Medical Subject Headings (MeSH), do Emtree e dos títulos CINAHL, bem como palavras-chaves e sinônimos. Para ampliar os achados, as estratégias foram definidas pelos revisores com auxílio de um bibliotecário. O Quadro 1 apresenta a sintaxe de construção, descritores/palavras-chaves e operadores booleanos empregados na busca de alta sensibilidade na base MEDLINE/ NCBI/PubMed. As demais estratégias podem

ser verificadas no protocolo da revisão de escopo: (<https://osf.io/2gudk/>).

SELEÇÃO DE ESTUDOS

Após a pesquisa nas bases de dados, os resultados encontrados foram transportados para o *EndNote web* (*Clarivate Analytics, Pennsylvania, United States of America*) onde foram realizadas a identificação e a remoção das duplicatas. Para análise, seleção e exclusão dos artigos foi utilizado o software Rayyan (*Qatar Computing Research Institute, Doha, Qatar*), onde também se realizou uma análise de duplicatas restantes e suas exclusões.

A triagem com a avaliação das referências encontradas foi conduzida por dois revisores em uma avaliação cega, os casos divergentes foram avaliados por um terceiro revisor. Os estudos pré-selecionados foram submetidos à leitura na íntegra e avaliados à luz dos critérios de inclusão já definidos.

EXTRAÇÃO DE DADOS

Para extração de dados dos artigos incluídos foi utilizado um instrumento desenvolvido pelos revisores, o qual foi baseado no modelo disponível no manual JBI e encontra-se disponível para consulta na plataforma OSF (<https://osf.io/2gudk/>).

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os dados extraídos foram apresentados em forma de quadros e discussão narrativa considerando o objetivo desta revisão de escopo.

RESULTADOS

Com a seleção nas bases de dados através das estratégias de buscas montadas, 5.614 artigos foram capturados, sendo MEDLINE/PubMed N = 1.754, LILACS N = 19, BDENF N = 5, IBECS N = 2, EMBASE N = 1.203, COCHRANE N = 62, WEB OF SCIENCE N = 758, CINAHL N = 1.811, literatura cinzenta N = 100, lista de referências N = 14. Em seguida foram excluídos os duplicados e iniciada a leitura de título e resumo com aplicação dos critérios de inclusão/exclusão.

Entre os elegíveis para leitura na íntegra, 106 artigos foram retirados de acordo com os critérios de exclusão onde: 48 eram modelo animal, 18 estudos in vitro, três lesões não cutâneas, três estudos o material não era nanocompostos, 13 referiam a nanotecnologia como potencial perspectiva para cicatrização, dois discutiam sobre a eletrofação, cinco não tratavam da aplicação do nanocomposto, em nove o objetivo era o potencial antimicrobiano, três não especificavam a população e em um,

Quadro 1 – Sintaxe de construção, descritores/palavras-chaves e operadores booleanos utilizados na base MEDLINE/NCBI/PubMed – Teresina, PI, Brasil, 2024.

Base de dados	Estratégia de Busca
MEDLINE/PubMed N = 1.754	("Wounds and Injuries"[Mesh Terms] OR "Skin Ulcer"[Mesh Terms] OR (Wounds and Injuries) OR (Injuries and Wounds) OR (Wounds and Injury) OR (Injury and Wounds) OR (Wounds, Injury) OR (Injuries, Wounds) OR (Injuries) OR (Injury) OR (Wounds) OR (Wound) OR (Skin Ulcers) OR (Ulcer, Skin) OR (Ulcers, Skin) OR (Dressing)) AND ("Nanocomposites"[Mesh Terms] OR "Nanogels"[Mesh Terms] OR (Nanocomposite Gels) OR (Nanocomposite Gel) OR (Gel, Nanocomposite) OR (Nanocomposite Hydrogels) OR (Nanocomposite Hydrogel) OR (Hydrogel, Nanocomposite) OR (nanofiber) OR (Scaffolds AND Nanocomposites)) Filters: Humans

Fonte: Elaborado pelos autores.

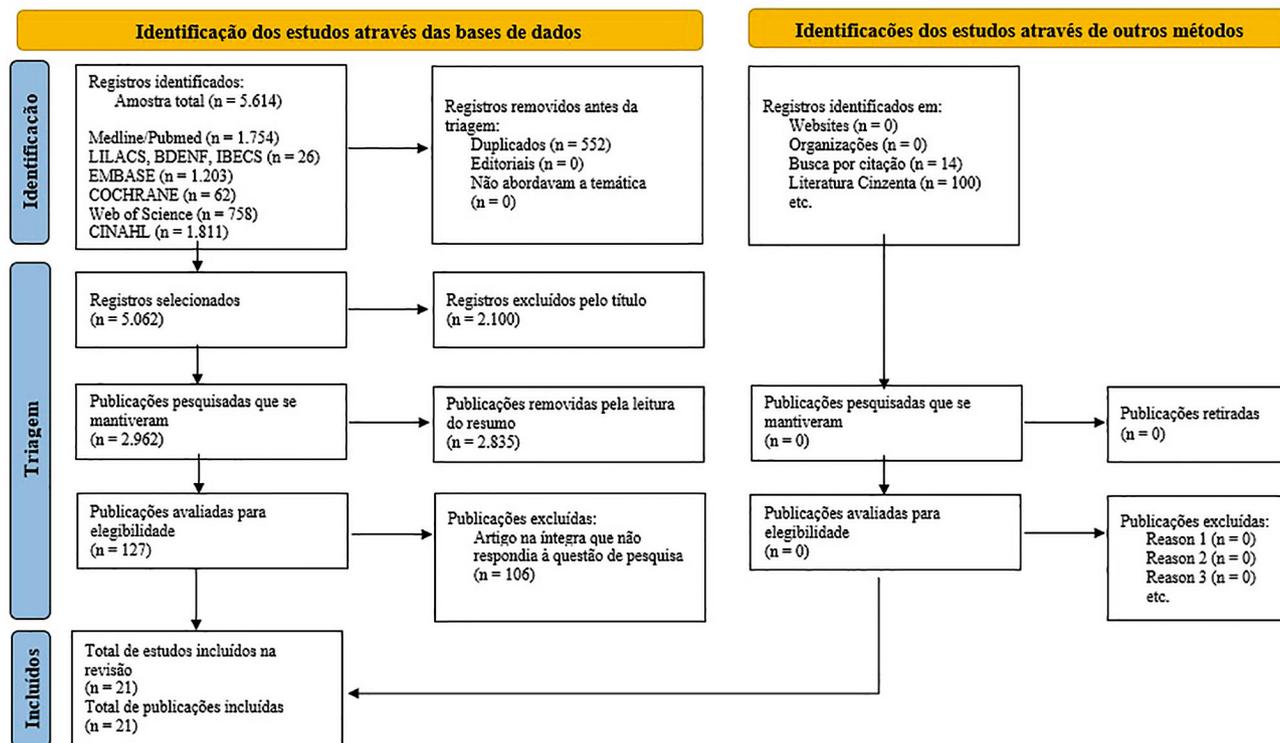


Figura 1 – Fluxograma PRISMA da seleção dos artigos da revisão. Teresina, PI, Brasil, 2024. Fonte: Elaborado pelos autores com base no PRISMA 2020⁽¹⁵⁾.

o objeto de estudo era taxa de absorção do curativo, sendo que um foi descartado por ter passado por uma retratação. Nesta revisão, a amostra final totalizou em 21 estudos selecionados.

O processo de busca e seleção dos estudos desta revisão está apresentado no fluxograma (Figura 1), conforme recomendações do JBI, segundo checklist adaptado do PRISMA.

Entre os 21 estudos incorporados nesta revisão os anos de publicação foram: 2021 com cinco (23,8%), seguido de quatro (19%) em 2019, três (14,2%) em 2023, dois (9,5%) em 2012, dois (9,5%) em 2016 e dois (9,5%) em 2018, e um (4,7%) em 2015, um (4,7%) em 2017 e por fim um (4,7%) em 2022. Houve unanimidade do idioma em inglês (100%).

A distribuição geográfica de publicações ficou concentrada nos Estados Unidos (EUA) e China com três (14,2%), duas (9,5%) na República Checa, Egito e Irã e uma (4,7%) nos seguintes países: Grécia, França, Canadá, Brasil, Malásia, Suécia, Polônia, México e Suíça. Quanto as áreas profissionais responsáveis pelas pesquisas, a enfermagem foi responsável apenas por duas 2 (9,5%) publicações de forma independente e em três (14,2%) conjuntamente com a medicina, sendo a predominância de artigos na área de medicina (dermatologia) com seis (28,5%), oncologia e traumatologia com uma (4,7%) cada, farmacologia de forma independente 2 (9,5%) e em parceria com a medicina também foram três (14,2%) e por fim três (14,2%) publicações da medicina com nanociência (materiais).

Em relação aos delineamentos metodológicos, cinco ensaios clínicos⁽¹⁶⁻²⁰⁾, três estudos de casos⁽²¹⁻²³⁾, oito ensaios clínicos randomizados⁽²⁴⁻³¹⁾, um estudo retrospectivo⁽³²⁾ e prospectivo⁽³³⁾ cada e três séries de casos⁽³⁴⁻³⁶⁾ com objetos de estudos semelhantes

sobre a utilização diversos nanocompostos no tratamento de lesões cutâneas. As etiologias das feridas foram: queimaduras⁽²⁴⁾, radiodermatite⁽¹⁶⁾, necrólise epidermide tóxica⁽²¹⁾ e cirúrgica⁽³¹⁾ com um estudo cada, lesão por pressão^(20,29) com dois estudos, úlcera venosa com seis estudos^(17,19,22,25,30,35) e úlcera do pé diabético com nove estudos^(18,23,26-28,32-34,36).

Dentre os artigos selecionados houve uma grande variedade no design dos nanocompostos testados, que incluíram nanofibras^(16-20,27-30), nanogéis^(23,26,33), nanoemulsão⁽³¹⁾, nanomembrana⁽³⁵⁾, curativos sintéticos com pelo menos um dos componentes em escala nano^(21,24,25,32,36), spray com nanopartículas⁽³⁴⁾, e nanocápsulas⁽²²⁾ em meias compressivas com uma predominância de estudos com a utilização da nanop prata^(21,24,27,32-34) com bons resultados e algumas recomendações quanto a sua utilização (Quadro 2).

A cicatrização em úlceras de pé diabético foi descrita em torno de 95,8%⁽²⁶⁾, 85%⁽³³⁾, 81,8%⁽²⁷⁾, 71%⁽²⁸⁾ e uma redução de ± 7 cm⁽¹⁸⁾, lesões por pressão houve uma cicatrização de 16,4%⁽²⁹⁾ e uma redução de ± 15 cm⁽²⁰⁾; úlceras de pernas uma redução de ± 5 cm⁽¹⁹⁾ e redução de 43 dias no tempo de tratamento⁽³⁵⁾; úlcera venosa a cicatrização foi de 92,8%⁽²²⁾, 86,4%⁽³⁰⁾; feridas cirúrgicas a cicatrização foi de 93%⁽³¹⁾ e queimaduras foi de 90,7%⁽²⁴⁾.

Quanto aos compostos associados aos nanocompostos foi descrito uma grande variedade de produtos entre eles: o extrato aquoso da casca de pinus halepensis⁽¹⁶⁾, plasma rico em plaquetas^(17,28), células tronco mesenquimais⁽²⁸⁾, venlafaxina e doxicilina⁽¹⁸⁾, fotossensibilizador de tetrafenilporfirina⁽¹⁹⁾, fenitoína⁽²⁶⁾, Cu/TiO₂-SiO₂⁽²³⁾, atorvastatina⁽³¹⁾, fator nanoiligossacarídeo (NOSF)^(25,36) e hesperina⁽²²⁾.

Quadro 2 – Dados extraídos nos estudos incluídos na revisão de escopo - Teresina, PI, Brasil, 2024.

Periódico/área	Ano/país	Título	Tipo de nanocomposto	Composição do nanocomposto	Etiologia das lesões	Desfecho	Tipo de estudo
1 MDPI Medicina (Oncologia)	2021 Grécia	Management of Acute Radiodermatitis in Non-Melanoma Skin Cancer Patients Using Electrospun Nanofibrous Patches Loaded with Pinus halepensis Bark Extract ⁽¹⁶⁾	Nanofibra Comercial: NA*	1*- Óxido de polietileno e acetato de celulose 2*- Extrato aquoso da casca de Pinus halepensis (PHBE)	Radiodermatite Aguda	Em contraste com o produto de referência, o adesivo PHBE mostrou atividade anti-inflamatória e restaurou a maioria dos parâmetros da pele para níveis normais um mês após o uso, contribuiu para a profilaxia e o manejo bem-sucedido de radiodermatite aguda. Efeitos benéficos foram observados na escala RTOG, TEWL, eritema, concentração de hemoglobina, textura da pele e experiência subjetiva de prurido e dor, enquanto não foi observada variação estatística significativa entre as duas intervenções para hidratação e melanina.	Ensaio clínico
2 Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine HINDAWI Enfermagem	2017 China	A Pilot Randomized, Controlled Study of Nanocrystalline Silver, Manuka Honey, and Conventional Dressing in Healing Diabetic Foot Ulcer ⁽²⁷⁾	Nanofibra Comercial: NA	1- Polieleo 2- Prata nanocristalina	Úlcera de pé diabético (DFU)	As proporções de cicatrização completa foram de 81,8%, 50% e 40% nos grupos da prata nanocristalina (nAg), mel de manuka (MH) e convencional (tule de parafina), respectivamente. A taxa de redução do tamanho foi potencialmente maior no grupo nAg (97,45%) do que no grupo HM (86,21%) e no grupo convencional (75,17%).	Ensaio clínico randomizado aberto
3 Acta Chir Orthop Traumatol Cech Medicina (Ortopedia e Traumatologia)	2022 República Checa	Management of Leg Ulcers Using Combined PRP Therapy on a Nanofiber Carrier: Results of a Pilot Study ⁽¹⁷⁾	Nanofibra Comercial: NA	1- Policaprolactona (PLC) 2- Plasma rico em plaquetas (PRP)	Úlceras de perna	Ao comparar o progresso da cicatrização entre o 0º e o 168º dia, observou-se uma diminuição estatisticamente significativa da área de superfície em ambos os grupos. Quanto a profundidade, houve diferença estatística, e o grupo experimental (PLC/PRP) teve uma evolução melhor comparado ao grupo controle (Mepilex®). O grupo experimental também teve mais úlceras cicatrizadas.	Ensaio Clínico (Estudo Piloto)
4 Acta Medica Mediterranea Medicina e Enfermagem	2023 China	Clinical effect and collaborative nursing of polycaprolactone/gelatin nanofiber membrane in the treatment of stage 2 pressure injury ⁽²⁰⁾	Nanofibra Comercial: NA	1-Policaprolactona (PCL) 2- Colágeno	Lesão por Pressão estágio 2	As lesões foram mensuradas pela escala PUSH e houve redução na área de 19,48 ± 15,41 na admissão para 4,26 ± 3,47 na terceira semana (P > 0,05) e após 28 dias da intervenção de enfermagem, todas as dimensões dos escores de qualidade de vida em ambos os grupos melhoraram, com os escores do grupo experimental superiores aos do grupo controle (P > 0,05).	Ensaio Clínico
5 International Immunopharmacology Medicina (Imunologia, Endocrinologia), Farmacologia, Biologia	2021 Itália	Improved wound healing of diabetic foot ulcers using human placenta-derived mesenchymal stem cells in gelatin electrospun nanofibrous scaffolds plus a platelet-rich plasma gel: A randomized clinical trial ⁽²⁸⁾	Nanofibra Comercial: NA	1- Gelatina 2- Células-tronco mesenquimais (hPDMSCs) e plasma rico em plaquetas (PRP)	Úlceras de pé diabético	A redução do tamanho da ferida foi de 66% em grupo A (nanofibra com células tronco), 71% no grupo B (nanofibra com células tronco + PRP) e 36% no grupo controle C (terapia convencional). Uma diferença significativa no fechamento da ferida e sem dor foi observada entre os grupos A e B, comparado ao grupo controle C (p < 0,05), mas não houve diferença entre os grupos A e B. A implantação de hPDMSCs em PRP acelerou a cicatrização de feridas e melhorou os parâmetros clínicos em pacientes DFU.	Ensaio clínico randomizado
6 Pharmacological Reports Farmacologia	2021 Polónia	Alleviating neuropathy of diabetic foot ulcer by co-delivery of venlafaxine and drug-loaded cellulose nanofiber sheets: production, in vitro characterization and clinical trial ⁽¹⁸⁾	Nanofibra Comercial: NA	1- Celulose 2- Venlafaxina (VEN) e Doxiciclina (DOX)	Úlcera de pé diabético (DFU)	O tamanho da úlcera apresentou redução mais rápida após 12 semanas no grupo de tratamento (12,22 ± 6,53 cm ² para 5,00 ± 3,46 cm ²) em comparação com o grupo controle (13,1 ± 5,05 cm ² para 7,06 ± 4,55 cm ²). A distância percorrida sem dor aumentou no grupo tratado (34,00 ± 6,86 m para 263,50 ± 59,63 m) enquanto o controle aumentou de (35,5 ± 3,27 m para 105,5 ± 17,01m) (p < 0,001). Estudos microscópicos da pele mostraram a formação de novos leitos capilares. A nanofibra acelera a cicatrização e reduz a neuropatia no DFU de pacientes diabéticos.	Ensaio clínico

continuar...

...continuação

Periódico/área	Ano/país	Título	Tipo de nanocomposto	Composição do nanocomposto	Etiologia das lesões	Desfecho	Tipo de estudo
Experimental Dermatology Medicina (Dermatologia)	2012 República Checa	Light-activated nanofibre textiles exert antibacterial effects in the setting of chronic wound healing ⁽¹⁹⁾	Nanofibra Comercial: NA	1- Poluretano (NT) 2- Fotossensibilizador de tetraetilporfirina (TPP)	Úlceras de pernas	O grupo 1 (tratado com NT dopados com TPP iluminados) a área da lesão reduziu de 12,5 para 8,1 cm ² ($P < 0,01$) enquanto o grupo 2 (sem o tratamento) reduziu de 11,8 para 10,9 cm ² ($P < 0,05$). O grupo 1 exibiu uma redução nos níveis de esfelando, fibrina, aumento no tecido de granulação e epitelização no dia 42. Os pacientes relataram que a intensidade da dor havia sido reduzida em 71% e 49% no grupo 1 e 2 respectivamente.	Ensaio clínico
Wound Rep Reg. Medicina (cirurgia plástica)	2015 Suíça	Poly-N-acetyl glucosamine nanofibers for negative-pressure wound therapies ⁽²⁰⁾	Nanofibra Comercial: NA	1- Poli-N-Acetil glucosamina (sNAG) 2- NA	Lesões por pressão	A aplicação das nanofibras sNAG na interface da ferida usando a terapia por pressão negativa (NPWT) foi segura comparada a utilização somente da NPWT levando a uma cicatrização melhorada da ferida (16,4% contra 10,3%) devido a maior estimulação da contração e não uma epitelização maior.	Ensaio clínico prospectivo randomizado.
J AM ACAD DERMATOL Enfermagem e Medicina	2012 EUA	A randomized, investigator-blinded, controlled pilot study to evaluate the safety and efficacy of a poly-N-acetyl glucosamine-derived membrane material in patients with venous leg ulcers ⁽³⁰⁾	Nanofibra Comercial: NA	1- Poli-N acetil glucosamina (pGlcNAc) 2- NA	Úlcera venosa	Em 20 semanas, a proporção de pacientes com UVs completamente curadas foi de 45,0% (n = 9 de 20), 86,4% (n = 19 de 22) e 65,0% (n = 13 de 20) para grupos que receberam tratamento padrão mais pGlcNAc apenas uma vez, a cada duas semanas e a cada três semanas, respectivamente, versus 45,0% (n = 9 de 20) para aqueles que receberam tratamento padrão sozinho. A nova tecnologia pGlcNAc foi bem tolerada e segura.	Ensaio clínico randomizado, cego para o investigador e controlado
The Foot Medicina (endocrinologia) e Farmácia	2019 Egito	The impact of topical phenytoin loaded nanostructured lipid carriers in diabetic foot ulceration ⁽²⁶⁾	Nanogel Comercial: NA	1- Lipídicos nanoestruturados (NLC) 2- Fenitoína (PHT)	Úlcera neuropática do Pé diabético (DFU)	O Nanogel (Hidrogel PHT-NLC) acelera o processo de cicatrização da DFU sem efeitos adversos quando comparado aos hidrogéis de controle positivo (Hidrogel PHT) e negativo (Hidrogel banco). A redução na área foi de 95,82 ± 2,22%, 47,10 ± 4,23% e 34,91 ± 28,33% para o PHT-NLC, PHT e o Branco respectivamente.	Ensaio clínico randomizado
Current Nanomedicine Nanotecnologia	2019 México	Catalytic Nanomedicine. Cu/TiO ₂ -SiO ₂ Nanoparticles as Treatment of Diabetic Foot Ulcer: A Case Report ⁽²³⁾	Nanogel Comercial: NA	1- Carboximetilcelulose (CMC) e Ácido poliacrílico (PAA) 2- Cu/TiO ₂ -SiO ₂	Úlcera de pé diabético (DFU)	Terapia de nanogel Cu/TiO ₂ -SiO ₂ melhorou a reepitelização, reduziu significativamente o seu tamanho e profundidade acelerando a cicatrização de uma DFU. O resultado bem sucedido permitiu evitar a amputação que foi proposta para o paciente.	Estudo de caso
Int J Low Extrem Wounds Medicina	2023 Egito	Comparative Study Between Silver Nanoparticles Dressing (SilvrSTAT Gel) and Conventional Dressing in Diabetic Foot Ulcer Healing: A Prospective Randomized Study ⁽³³⁾	Nanogel Comercial: SilvrSTAT Gel®	1-Hidrogel 2-Nanopartículas de prata	Úlceras de pé diabético não isquêmicas (DFUs)	A taxa de cicatrização do grupo SilvrSTAT Gel® foi significativamente maior que a do grupo controle ($P < 0,0001$). A taxa de cicatrização completa do grupo SilvrSTAT Gel® foi alcançada em 22 (55%), 29 (72,5%), 34 (85%) e 36 (90%) pacientes até a 6 ^a , 8 ^a , 10 ^a e 12 ^a semanas, respectivamente. No grupo controle: 20 (50%), 27 (67,5%) e 30 (75%) pacientes estavam completamente curados na 8 ^a , 10 ^a e 12 ^a semanas, respectivamente.	Ensaio Prospectivo, duplo cego, randomizado e controlado
Int Wound J	2023 Irã	Efficacy of topical atorvastatin-loaded emulgel and nano-emulgel 1% on post-laparotomy pain and wound healing: A randomized double-blind placebo-controlled clinical trial ⁽³¹⁾	Nanoemulgel Comercial: NA	1- ácidos graxos lipossolúveis e polissorbatos hidrossolúveis 2- Atorvastatina	Feridas cirúrgicas	Na Escala Visual Analógica houve uma aceleração da cicatrização de 57% e 89% e melhora da vermelhidão, edema e equimose de 63% e 93% para o grupo tratado com emulgel e o grupo tratado com o nanogel respectivamente em ambos os cenários.	Ensaio clínico randomizado duplo-cego e controlado

continuar...

...continuação

Periódico/área	Ano/país	Título	Tipo de nanocomposto	Composição do nanocomposto	Etiologia das lesões	Desfecho	Tipo de estudo
14 ADVANCES IN SKIN & WOUND CARE Medicina, Física, Química e Biologia	2018 Suécia	Treatment of Nonhealing Ulcers with an Allograft/Xenograft Substitute: A Case Series ⁽³⁵⁾	Nanomembrana Comercial: Eiralex®	1- NA 2- Celulose bio sintética	Úlceras venosas crônicas e agudas	O uso do curativo Eiralex® diminuiu o tempo de cicatrização (43 ± 6 dias), a frequência de atendimentos (5,7 ± 0,6) e troca do curativo (1,7 ± 0,2) em comparação aos relatos descritos na literatura para outros materiais. O uso do Eiralex® para cicatrização de feridas pode aumentar a qualidade de vida desses pacientes e redução dos custos para o sistema de saúde.	Série de casos
15 JOURNAL OF WOUND CARE Medicina	2018 Malásia	Nano-colloidal silver and chitosan bioactive wound dressings in managing diabetic foot ulcers: case series ⁽³⁴⁾	Nanopartículas spray e Biopolímero em Gel Comercial: SilvoSept Spray® e ChitoHeal Gel®	1- NA 2- Prata nano-coloidal e Quitosana	Úlcera de pé diabético (DFU)	As aplicações de prata nanocoloidal spray em conjunto com o bioativo quitosana em gel como curativos primários no manejo de casos de DFUs são seguras e ajudam a aumentar as taxas de cicatrização de feridas, reduzindo o tempo e levando a uma economia significativa de custos no ambiente hospitalar.	Série de casos (DFU)
16 SCIENCE DIRECT/ BURNS Medicina (Dermatologia)	2019 EUA	A randomized comparative trial between Acticoat and SD-Ag in the treatment of residual burn wounds, including safety analysis ⁽²⁴⁾	Curativo Sintético Comercial: Acticoat®	1- Malha de polietileno e poliéster 2- Prata nanocristalina	Queimaduras	O curativo de prata nanocristalina (acticoat) apresentou um tempo de cicatrização menor do que a sulfadiazina de prata (12,42 ± 5,40 dias vs 15,79 ± 5,60 dias (p = 0,005) e uma taxa de cicatrização maior de 90,76 ± 14,45 vs 88,55 ± 15,64 (p = 0,508).	Ensaio clínico randomizado multicêntrico
17 J Wound Ostomy Continence Nurs Enfermagem	2016 EUA	Management of a Patient With Toxic Epidermal Necrolysis Using Silicone Transfer Foam Dressings and a Secondary Absorbent Dressing ⁽²¹⁾	Curativo Sintético Comercial: NA	1-Silicone 2- Nanopartículas de prata	Necrólise epidérmica tóxica (NET)	O uso do curativo (espuma) para tratamento tópico de uma mulher de 77 anos com NET afetando 90% da ATSC promoveu epitelização, reduziu o trauma associado as trocas frequentes de curativos e reduziu a dor durante trocas de curativos. A epitelização ocorreu com um período de 12 dias após o início desta abordagem.	Estudo de caso
18 Journal of Wound Care Medicina Dermatologia	2016 França	Quality of life in patients with leg ulcers: results from CHALLENGE, a double-blind randomised controlled trial ⁽²⁵⁾	Curativo Sintético Comercial: UrgoStart®	1- Lipídico-colóide (TLC) 2- Fator nanooligossacarídeo (NOSF)	Úlcera venosa e úlcera mista	O curativo de matriz TLC-NOSF (UrgoStart) promove uma cicatrização mais rápida de úlceras venosa e úlceras de perna mistas e reduz significativamente a dor/desconforto e ansiedade comparado ao curativo de Matriz TLC (UrgoTull Absorb)	Ensaio clínico randomizado controlado duplo-cego
19 IWJ WILEY Enfermagem	2021 Canadá	A retrospective review of the use of a nanocrystalline silver dressing in the management of open chronic wounds in the community ⁽³²⁾	Curativo Sintético Comercial: Acticoat®	1- Poliéster 2- Prata nanocristalina	Úlcera pé diabético, úlcera venosa, úlcera cirúrgica e lesão por pressão	O tempo médio de cicatrização para todos os tipos de feridas foi reduzido em mais da metade nos pacientes tratados com o curativo NCS (média de 10,46 semanas) em contraste ao tratamento comparativo (média 25,49 semanas). A diferença no custo médio de mão de obra para o manejo de todos os tipos de feridas usando curativo NCS (C\$ 1.251) mostrou ser significativamente menor (p = 0,001) do que o custo das feridas sem o curativo NCS (C\$ 6.488).	Estudo retrospectivo não experimental
20 Wounds International Medicina	2021 China	Diabetic foot ulcer management with TLC-NOSF (Technology Lipido-colloid Nano oligosaccharide Factor) wound dressings ⁽³⁶⁾	Curativo Sintético Comercial: UrgoStart®	1- Lipidocolóide (TLC) 2- Nano-oligossacarídeo (NOSF)	Úlcera de Pé diabético (DFU)	Os resultados, após a aplicação de TLC-NOSF, representam uma rápida melhora no processo de cicatrização das feridas através da redução da área de superfície da ferida.	Série de casos
21 Clinical Medicine Insights Medicina e Farmácia	2019 Brasil	Evaluation of the Use of Compressive Stockings Impregnated with Hesperetin-Based Nanocapsules in the Healing of Venous Ulcers: A Case Report ⁽²²⁾	Meias compressivas com Nanocápsulas Comercial: NA	1- Fibras têxteis 2- Nanocápsulas de hesperetina.	Úlcera venosa	Macroscopicamente, o processo de cicatrização foi observável com três meses de tratamento. E seis meses depois, foi observado um grande percentual de retração na área (92,8% e 93,1%) das lesões superficiais e (47,3%) na área da lesão mais profunda. Os escores de QV e dor ficaram, respectivamente, nos escores de 91,6 e 31,2/7 e 0. A redução dos diâmetros venosos e da melanina também indica função cicatricial.	Estudo de caso

Legenda: 1 (Matriz), 2 (Nanopartícula ou Bioativo incorporado), NA (Não se aplica).
Fonte: Elaborado pelos autores.

DISCUSSÃO

O avanço tecnológico inerente ao desenvolvimento da nanotecnologia, fortalece e dissemina no campo acadêmico possibilidades tecnológicas para resolução de questões preponderantes no campo da saúde⁽³⁷⁾. A confecção de nanocompostos para assistência à saúde de paciente portadores de lesões cutâneas é explorada com esse desenvolvimento nanotecnológico, trazendo como resultado a oferta de curativos sintéticos com nanopartículas de prata^(21,24,32,36), biomateriais com a prata nanocristalina^(27,34), nanofibras carregadas com bioativos^(16,18,19,30,35), nanofibras carregadas com fatores de crescimento^(17,28) ou ainda curativos sintéticos com nanofatores de crescimento⁽²⁵⁾, hidrogel com nanofatores de crescimento⁽²⁶⁾, nanogeis^(23,33), nanoemulsão⁽³¹⁾ e a possibilidade de associar terapias coadjuvantes com nanocompostos^(22,29).

O carregamento de bioativos, fatores de crescimento e compostos como a prata por meio de nanopartículas, nanogeis, nanofibras e scaffolds agregam a nanotecnologia uma perspectiva eficiente para modular o processo de cicatrização e acelerar a reparação tecidual^(17,18,28). A utilização da prata em nanocompostos é explorada de forma recorrente em estudos que objetivam estudar o potencial de cicatrização das nanoestruturas em virtudes das propriedades agregadas como o potencial antimicrobiano, antibiofilmes e ação anti-inflamatória^(21,24,32,33,36).

Os nanocompostos com nanopartículas de prata foram o objeto de estudo predominante nos textos analisados com resultados satisfatórios promovendo uma reparação tecidual acelerada, controle de microrganismos e modulação do processo inflamatório^(21,27,32-34,36). Contudo a sua utilização deve ser cautelosa, em virtude da citotoxicidade às células e tecidos em uso dos compostos iônicos clássicos^(27,34,38). A absorção da prata a nível celular com potencial efeito citotóxico e resistência antimicrobiana de patógenos colonizados no leito da ferida decorrente do uso prolongado^(39,40) reforçam a necessidade de controle e racionamento na utilização da prata por um período não superior a quatro semanas⁽⁴¹⁾.

A utilização de nanocompostos com prata é descrita em lesões epiteliais de diferentes etiologias, com resultado análogo entre os estudos em relação a possibilidade de acelerar o processo de cicatrização. Em lesões decorrentes de queimaduras, o nanocomposto com prata promoveu uma cicatrização mais rápida se comparado ao uso da sulfadiazina de prata⁽²⁴⁾. Em um estudo de caso de uma paciente com necrólise epidérmica tóxica (NET) o curativo sintético com nanop prata promoveu alívio da dor e uma rápida epitelização⁽²¹⁾. No estudo retrospectivo com pacientes com lesões venosas e lesões por pressão evidenciou-se que o uso de um curativo sintético com nanop prata reduziu o tempo de cicatrização em mais da metade e com consequente redução do custo hospitalar^(32,34). Em lesões de pé diabético a utilização de nanocompostos com prata não somente reduziu o tamanho da lesão e o tempo de cicatrização como ainda promoveu o controle de microrganismos, visto que esses pacientes tendem a ter um risco aumentado de infecção, e redução dos custos no contexto da assistência hospitalar prestada^(27,33,34,36). Contudo os estudos não reportaram o uso sistêmico de antibioterapia, a realização de biópsia ou cultura de tecido ou ainda efeitos adversos pelo uso da prata nos pacientes que faziam parte das amostras.

Os polímeros sintéticos em virtude das suas propriedades, físicas, químicas e ópticas são a matéria prima de predileção para a confecção das nanofibras^(42,43). Nos estudos analisados, elas foram preferencialmente escolhidas, devido aos excelentes resultados decorrentes da similaridade com a matriz extracelular, contribuindo assim para a deposição de células envolvidas no processo de cicatrização e acelerando a regeneração do tecido epitelial lesionado^(16-20,25,28,29).

A possibilidade de incorporação de compostos ou componentes bioativos, conferem ao nanocompostos características de biocompatibilidade e ainda potenciais como: atividade anti-inflamatória, antioxidante, antimicrobiana que possibilitam acelerar a cicatrização de lesões cutâneas^(16,25,27,34,35). Evidências cimentam de forma robusta que o domínio nanotecnológico possibilita a incorporação de bioativos como a celulose, quitosana, e curcumina, conferindo ao nanocomposto não somente a biocompatibilidade orgânica e celular como propriedades adicionais que potencializam seus resultados e possibilidades de aplicações^(39,44,45).

Os estudos com a adição de celulose^(16,18,35), colágeno⁽²⁰⁾ e quitosana⁽³⁴⁾ as nanoestruturas corroboram com as evidências com resultados semelhantes em promover a cicatrização em menos tempo^(16,18,20,34,35), com redução das trocas e dos custos^(34,35), melhora da qualidade de vida⁽²⁰⁾. A biocompatibilidade aferida ao nanocomposto promoveu a redução da neuropatia periférica⁽¹⁸⁾ e redução do eritema e prurido⁽¹⁶⁾.

Não somente a incorporação de compostos naturais, mas também a incorporação dos fatores de crescimento como estratégia para potencializar a cicatrização de feridas pode ser percebida com bastante eficácia^(25,26,28,36). Ainda que possam contribuir, nenhum dos estudos fez uma análise comparativa do efeito isolado dos componentes carregados pelos nanocompostos.

A complexidade do processo de cicatrização de lesões cutâneas se deve ao fato de envolver inúmeras estruturas celulares, a exemplo: fatores de crescimento e citocinas, torna imperativo o desenvolvimento de tecnologia e matérias capazes de suceder e modular a ação dessas estruturas no leito da lesão^(37,46). Avanços marcante no domínio nanotecnológico possibilitaram nesta última década a possibilidade nanoterapêutica da incorporação dos fatores de crescimento em nanofibras, nanogeis e scaffolds com efeito positivo e evidente para a redução do tempo de reparação tecidual^(17,25,26,28,33).

Com esta revisão de escopo, foi possível observar que o uso dos nanocompostos não somente desponta como terapia individual do processo de cicatrização como também associado a tratamentos avançados coadjuvantes como a terapia compressiva e a terapia por pressão negativa com desfechos congruentes acelerando o processo de cicatrização^(19,22). A nanotecnologia desponta como uma possibilidade terapêutica de lesões cutâneas de forma individual ou ainda de forma conjugada, sendo a sua utilização concomitante com terapias descritas em diversas diretrizes clínicas acerca da temática e referenciada de forma segura, benéfica e eficaz com resultados maximizados pela associação de terapias coadjuvantes com a nanotecnologia^(1,11,47).

Isolada ou associada aos tratamentos avançados coadjuvantes a utilização dos nanocompostos demonstrou eficácia relevante na redução do tempo de cicatrização das lesões cutâneas de pacientes crônicos e mórbidos contribuindo para redução efetiva

dos custos empregados pelas instituições de saúde na assistência prestada^(32,34,35). A cronicidade de lesões cutâneas acarreta prolongado tempo de internação com ocupação prolongadas de leitos hospitalares e vagas ambulatoriais, sendo necessário a disponibilidade de medidas terapêuticas ou materiais eficazes para reduzir os custos decorrentes do retardo na cicatrização em pacientes^(32,34,35). Com os resultados apresentados, a nanotecnologia surge com medida terapêutica eficaz na produção de nanomateriais capazes de reduzir o tempo de cicatrização e consequente redução dos custos assistências aos portadores de lesões crônicas^(10,11,38).

O progresso da nanotecnologia como terapêutica de lesões cutâneas depende do desenvolvimento de nanomateriais biocompatíveis que favoreçam o processo de cicatrização de feridas e isso envolve o entendimento da interação dos componentes dos nanomateriais com o leito da lesão e os fatores envolvidos no complexo processo de cicatrização. É imperativo a propriedade sobre a nanotecnologia dos profissionais de saúde envolvidos na assistência aos portadores de lesões cutâneas. Os resultados positivos fazem das nanofibras, scaffolds, nanogéis e os nanomateriais associados a biomateriais uma tecnologia eficiente a ser implementada.

Esta revisão identificou restrições quanto ao domínio de utilização dos nanomateriais pelos profissionais diretamente envolvido com a assistência em lesões cutâneas como a enfermagem, com limitado número de estudos conduzidos por esses profissionais. Além disso, foram identificados poucos estudos com pesquisas clínicas envolvendo grande números de pacientes e o uso limitado das técnicas de confecção dos nanomateriais às áreas de engenharia tecidual.

Entre as limitações deste trabalho, destaca-se que outros estudos elegíveis podem não ter sido incluídos, por não serem indexados nas bases de dados selecionadas para esta revisão e nem terem sido recuperados pela busca na literatura cinzenta, apesar de ter sido realizada uma busca ampla e de alta sensibilidade nas fontes pesquisadas. Além disso, não foram empregados métodos e instrumentos para avaliação da qualidade de estudos incluídos.

CONCLUSÃO

Neste estudo, evidenciou-se a utilização das nanofibras, nanogéis, nanoemulsão, nanomembranas de forma isolada ou associada a terapias coadjuvantes como a terapia por pressão negativa e compressiva uma possibilidade terapêutica para o tratamento de lesões cutâneas, sendo os nanocompostos eficientes em acelerar o processo de cicatrização e reduzir os custos assistenciais. A possibilidade de adição de bioativos agrega aos nanocompostos propriedades adicionais para modular o processo de regeneração tecidual.

Os resultados desta revisão de escopo demonstram ainda resultados insuficientes da aplicação de nanomateriais, no âmbito da pesquisa humana, no que se refere ao uso em lesões cutâneas, uma vez que o número encontrado de ensaios clínicos em fase III ainda é discreto dentro da literatura consultada.

Percebe-se que o campo de estudo é pouco explorado pela literatura nacional, sendo mais explorado internacionalmente, refletindo uma grande lacuna para ser preenchida com pesquisas futuras, tendo em vista a necessidade emergente de pesquisas acerca de nanocompostos sintéticos e/ou biomateriais sustentáveis com baixo custo para o tratamento de lesões cutâneas.

RESUMO

Objetivo: Mapear os nanocompostos utilizados no tratamento de lesões cutâneas. **Método:** Revisão de escopo, conforme metodologia Joanna Briggs Institute, realizada em oito bases de dados, lista de referências e Google Scholar para responder à pergunta: “Quais os nanocompostos utilizados como cobertura para o tratamento de lesões cutâneas?”. Dois revisores independentes, selecionaram a amostra final mediante critérios de inclusão/exclusão usando os programas EndNote® e Rayyan. Os dados foram extraídos com formulário adaptado e reportados pela extensão do checklist PRISMA, o protocolo foi registrado na *Open Science Framework* (OSF). **Resultados:** 21 artigos selecionados, trouxeram nanofibras, nanogéis e nanomembranas como os nanocompostos descritos na cicatrização de feridas, isolados ou em associação a outras terapias: pressão negativa e elástica. Os nanomateriais com prata destacam-se em acelerar a cicatrização pela ação antimicrobiana e anti-inflamatória, recomenda-se cautela no uso pelo risco de citotoxicidade e resistência microbiana. **Conclusão:** Os nanocompostos utilizados no tratamento de feridas são eficientes em acelerar a cicatrização e reduzir custos, a adição de bioativos aos nanomateriais agregaram propriedades extras que contribuem com a cicatrização.

DESCRITORES

Ferimentos e Lesões; Úlcera Cutânea; Nanocompostos; Nanogéis.

RESUMEN

Objetivo: Mapear los nanocompuestos utilizados en el tratamiento de lesiones cutáneas. **Método:** Revisión de alcance, según la metodología del Instituto Joanna Briggs, realizada sobre ocho bases de datos, una lista de referencias y Google Scholar para responder a la pregunta: “¿Qué nanocompuestos se utilizan como cobertura para el tratamiento de lesiones cutáneas?”. Dos revisores independientes seleccionaron la muestra final mediante criterios de inclusión/exclusión utilizando los programas EndNote® y Rayyan. Los datos se extrajeron mediante un formulario adaptado y se notificaron utilizando la extensión de la lista de comprobación PRISMA, y el protocolo se registró en el *Open Science Framework* (OSF). **Resultados:** Se seleccionaron 21 artículos, con nanofibras, nanogel y nanomembranas como los nanocompuestos descritos en la cicatrización de heridas, solos o en asociación con otras terapias: presión negativa y elástica. Los nanomateriales con plata destacan en la aceleración de la cicatrización por su acción antimicrobiana y antiinflamatoria, pero se recomienda precaución en su uso por el riesgo de citotoxicidad y resistencia microbiana. **Conclusión:** Los nanocompuestos utilizados en el tratamiento de heridas son eficaces para acelerar la cicatrización y reducir costes, y la adición de bioactivos a los nanomateriales ha añadido propiedades adicionales que contribuyen a la cicatrización.

DESCRIPTORES

Heridas y lesiones; Úlcera cutánea; Nanocompuestos; Nanogel.

REFERÊNCIAS

- Chakrabarti S, Chattopadhyay P, Islam J, Ray S, Raju PS, Mazumder B. Aspects of nanomaterials in wound healing. *Curr Drug Deliv*. 2018;16(1):26–41. doi: <http://doi.org/10.2174/1567201815666180918110134>. PubMed PMID: 30227817.
- Gobi R, Ravichandiran P, Babu RS, Yoo DJ. Biopolymer and synthetic polymer-based nanocomposites in wound dressing applications: a review. *Polymers*. 2021;13(12):1962. doi: <http://doi.org/10.3390/polym13121962>. PubMed PMID: 34199209.
- Pacheco JC, Hurtado L, Urdaneta N, Cantanhede Fo AJC, Araújo RNM, Sabinio MA. Micro-nanofibras de poli (ácido láctico) fabricadas por electrospinning y encapsulación de 2-[(e)-4-(dimetilamino) benzilideno]] indan-1-ona. *Rev Latinoam Metal Mater*. 2019 [citado em 2023 set 17];39(2):94–104. Disponível em: <https://l1nq.com/zCzvS>.
- Cui S, Sun X, Li K, Gou D, Zhou Y, Hu J, et al. Polylactide nanofibers delivering doxycycline for chronic wound treatment. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2019;104:109745. doi: <http://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109745>. PubMed PMID: 31499963.
- Silva MMP, Aguiar MIF, Rodrigues AB, Miranda MDC, Araújo MÂM, Rolim ILTP, et al. Utilização de nanopartículas no tratamento de feridas: revisão sistemática. *Rev Esc Enferm USP*. 2018;51:e03272. doi: <http://doi.org/10.1590/s1980-220x2016043503272>. PubMed PMID: 29319738.
- Bordoni M, Scarian E, Rey F, Gagliardi S, Carelli S, Pansarasa O, et al. Biomaterials in neurodegenerative disorders: a promising therapeutic approach. *Int J Mol Sci*. 2020;21(9):3243. doi: <http://doi.org/10.3390/ijms21093243>. PubMed PMID: 32375302.
- Chang W, Shah MB, Zhou G, Walsh K, Rudraiah S, Kumbar SG, et al. Polymeric nanofibrous nerve conduits coupled with laminin for peripheral nerve regeneration. *Biomed Mater*. 2020;15(3):035003. doi: <http://doi.org/10.1088/1748-605X/ab6994>. PubMed PMID: 31918424.
- Li C, Obireddy SR, Lai WF. Preparation and use of nanogels as carriers of drugs. *Drug Deliv*. 2021;28(1):1594–602. doi: <http://doi.org/10.1080/10717544.2021.1955042>. PubMed PMID: 34308729.
- Domingues EAR, Urizzi F, Souza FR. Efeito da terapia fotodinâmica em feridas agudas e crônicas: revisão de escopo. *Enferm Atual In Derme*. 2022;96(38):021243. doi: <http://doi.org/10.31011/reaid-2022-v.96-n.38-art.1360>.
- Bhattacharya D, Ghosh B, Mukhopadhyay M. Development of nanotechnology for advancement and application in wound healing: a review. *IET Nanobiotechnol*. 2019;13(8):778–85. doi: <http://doi.org/10.1049/iet-nbt.2018.5312>. PubMed PMID: 31625517.
- Naskar A, Kim KS. Recent advances in nanomaterial-based wound-healing therapeutics. *Pharmaceutics*. 2020;12(6):499. doi: <http://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060499>. PubMed PMID: 32486142.
- Queiroz Schmidt FM, Serna González CV, Mattar RC, Lopes LB, Santos MF, Santos VLCG. Topical application of a cream containing nanoparticles with vitamin E for radiodermatitis prevention in women with breast cancer: a randomized, triple-blind, controlled pilot trial. *Eur J Oncol Nurs*. 2022;61:102230. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ejon.2022.102230>. PubMed PMID: 36403542.
- Brasil. Portaria nº 1.122, de 19 de março de 2020. Define as prioridades, no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), no que se refere a projetos de pesquisa, de desenvolvimento de tecnologias e inovações, para o período 2020 a 2023 [Internet]. *Diário Oficial da União*; Brasília; 24 março 2020. Seção 1, p. 19 [citado em 2023 set 17]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-1.122-de-19-de-marco-de-2020-249437397>.
- Peters MDJ, Godfrey CM, Mclnerney P, Munn Z, Tricco AC, Khalil H. Scoping reviews. In: Joanna Briggs Institute, editor. *JBIM manual for evidence synthesis*. Adelaide: JBI; 2020. Chapter 11. doi: <http://doi.org/10.46658/JBIMES-20-12>.
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. *Rev Panam Salud Publica*. 2022;46(1):e112. doi: <http://doi.org/10.26633/RPSP.2022.112>. PubMed PMID: 36601438.
- Kyritsi A, Kikionis S, Tagka A, Koliarakis N, Evangelatou A, Papaïannidis P, et al. Management of acute radiodermatitis in non-melanoma skin cancer patients using electrospun nanofibrous patches loaded with pinus halepensis bark extract. *Cancers*. 2021;13(11):2596. doi: <http://doi.org/10.3390/cancers13112596>. PubMed PMID: 34073193.
- Šíma P, Schürek J, Forostyak S, Džupa V, Arenberger P. Management of leg ulcers using combined PRP therapy on a nanofiber carrier: results of a pilot study. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2022;89(3):204–7. doi: <http://doi.org/10.55095/achot2022/030>. PubMed PMID: 35815487.
- Meamar R, Chegini S, Varshosaz J, Aminorroaya A, Amini M, Siavosh M. Alleviating neuropathy of diabetic foot ulcer by co-delivery of venlafaxine and matrix metalloproteinase drug-loaded cellulose nanofiber sheets: production, in vitro characterization and clinical trial. *Pharmacol Rep*. 2021;73(3):806–19. doi: <http://doi.org/10.1007/s43440-021-00220-8>. PubMed PMID: 33826133.
- Arenbergerova M, Arenberger P, Bednar M, Kubat P, Mosinger J. Light-activated nanofibre textiles exert antibacterial effects in the setting of chronic wound healing. *Exp Dermatol*. 2012;21(8):619–24. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1600-0625.2012.01536.x>. PubMed PMID: 22775997.
- Li C, Xianqing W, You G. Clinical effect and collaborative nursing of polycaprolactone/gelatin nanofiber membrane in the treatment of stage 2 pressure injury. *Acta Med Mediter*. 2023;39:615. doi: http://doi.org/10.19193/0393-6384_2023_2_88.
- McCarthy KD, Donovan RM. Management of a patient with toxic epidermal necrolysis using silicone transfer foam dressings and a secondary absorbent dressing. *J Wound Ostomy Continence Nurs*. 2016;43(6):650–1. doi: <http://doi.org/10.1097/WON.0000000000000287>. PubMed PMID: 27820589.
- Menezes PP, Gomes CVC, Carvalho YMBG, Santos NGL, Andrade VM, Oliveira AMS, et al. Evaluation of the use of compressive stockings impregnated with hesperetin-based nanocapsules in the healing of venous ulcers: a case report. *Clin Med Insights Case Rep*. 2019;12:1–6. doi: <http://doi.org/10.1177/1179547619858977>. PubMed PMID: 31360076.
- López-Goerne T, Ramírez-Olivares P, Pérez-Dávalos LA, Velázquez-Muñoz JA, Reyes-González J. Catalytic nanomedicine. Cu/TiO₂-SiO₂ nanoparticles as treatment of diabetic foot ulcer: a case report. *Curr Nanomed*. 2019;10(3):290–5. doi: <http://doi.org/10.2174/2468187309666190906121924>.
- Huang Y, Li X, Liao Z, Zhang G, Liu Q, Tang J, et al. A randomized comparative trial between Acticoat and SD-Ag in the treatment of residual burn wounds, including safety analysis. *Burns*. 2007;33(2):161–6. doi: <http://doi.org/10.1016/j.burns.2006.06.020>. PubMed PMID: 17175106.
- Meaume S, Domp Martin A, Lok C, Lazareth I, Sigal M, Truchetet F, et al. Quality of life in patients with leg ulcers: results from CHALLENGE, a double-blind randomised controlled trial. *J Wound Care*. 2017;26(7):368–79. doi: <http://doi.org/10.12968/jowc.2017.26.7.368>. PubMed PMID: 28704156.

26. Motawea A, Abd El-Gawad AEGH, Borg T, Motawea M, Tarshoby M. The impact of topical phenytoin loaded nanostructured lipid carriers in diabetic foot ulceration. *Foot*. 2019;40:14–21. doi: <http://doi.org/10.1016/j.foot.2019.03.007>. PubMed PMID: 30999080.
27. Tsang KK, Kwong EWY, To TSS, Chung JWY, Wong TKS. A pilot randomized, controlled study of nanocrystalline silver, Manuka honey, and conventional dressing in healing diabetic foot ulcer. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2017;2017:5294890. doi: <http://doi.org/10.1155/2017/5294890>. PubMed PMID: 28239398.
28. Meamar R, Ghasemi-Mobarakeh L, Norouzi MR, Siavash M, Hamblin MR, Fesharaki M. Improved wound healing of diabetic foot ulcers using human placenta-derived mesenchymal stem cells in gelatin electrospun nanofibrous scaffolds plus a platelet-rich plasma gel: a randomized clinical trial. *Int Immunopharmacol*. 2021;101(Pt B):108282. doi: <http://doi.org/10.1016/j.intimp.2021.108282>. PubMed PMID: 34737130.
29. Fulco I, Erba P, Valeri RC, Vournakis J, Schaefer DJ. Poly-N-acetyl glucosamine nanofibers for negative-pressure wound therapies. *Wound Repair Regen*. 2015;23(2):197–202. doi: <http://doi.org/10.1111/wrr.12273>. PubMed PMID: 25703411.
30. Kelechi TJ, Mueller M, Hankin CS, Bronstone A, Samies J, Bonham PA. A randomized, investigator-blinded, controlled pilot study to evaluate the safety and efficacy of a poly-N-acetyl glucosamine-derived membrane material in patients with venous leg ulcers. *J Am Acad Dermatol*. 2012;66(6):e209–15. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jaad.2011.01.031>. PubMed PMID: 21620515.
31. Saghafi F, Ramezani V, Jafari-Nedooshan J, Zarekamali J, Kargar S, Tabatabaei SM, et al. Efficacy of topical atorvastatin-loaded emulgel and nano-emulgel 1% on post-laparotomy pain and wound healing: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Int Wound J*. 2023;20(10):4006–14. doi: <http://doi.org/10.1111/iwj.14289>. PubMed PMID: 37382345.
32. Hurd T, Woodmansey EJ, Watkins HMA. A retrospective review of the use of a nanocrystalline silver dressing in the management of open chronic wounds in the community. *Int Wound J*. 2021;18(6):753–62. doi: <http://doi.org/10.1111/iwj.13576>. PubMed PMID: 33660375.
33. Essa MS, Ahmad KS, Zayed ME, Ibrahim SG. Comparative study between silver nanoparticles dressing (SilvrSTAT Gel) and conventional dressing in diabetic foot ulcer healing: a prospective randomized study. *Int J Low Extrem Wounds*. 2023;22(1):48–55. doi: <http://doi.org/10.1177/1534734620988217>. PubMed PMID: 33686887.
34. Nair HKR. Nano-colloidal silver and chitosan bioactive wound dressings in managing diabetic foot ulcers: case series. *J Wound Care*. 2018;27(Sup9a):S32–6. doi: <http://doi.org/10.12968/jowc.2018.27.Sup9a.S32>. PubMed PMID: 30207850.
35. Sivilér T, Sivilér P, Skog M, Conti L, Aili D. Treatment of nonhealing ulcers with an allograft/xenograft substitute: a case series. *Adv Skin Wound Care*. 2018;31(7):306–9. doi: <http://doi.org/10.1097/01.ASW.0000534701.57785.cd>. PubMed PMID: 29889104.
36. Long Z, Jun W, Shijun Z, Don J, Xinzhao F, Galea E. Diabetic foot ulcer management with TLC-NOSF (Technology Lipido-colloid Nano-oligosaccharide Factor). *Wound Dressings*. 2021 [citado em 2023 set 17];12(4):54–61. Disponível em: <https://woundsinternational.com/wp-content/uploads/sites/8/2023/02/051d2a30ab8c72df639077c369a2bc40.pdf>.
37. Huang R, Hu J, Qian W, Chen L, Zhang DL. Recent advances in nanotherapeutics for the treatment of burn wounds. *Burns Trauma*. 2021;9:b026. doi: <http://doi.org/10.1093/burnst/tkab026>. PubMed PMID: 34778468.
38. Hashim PW, Nia JK, Han G, Ratner D. Nanoparticles in dermatologic surgery. *J Am Acad Dermatol*. 2020;83(4):1144–9. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jaad.2019.04.020>. PubMed PMID: 30991121.
39. Datta D, Kumar RS. A review on wound management with special reference to nanotechnology. *Int J Res Pharm Sci*. 2020;11(3):2815–24. doi: <http://doi.org/10.26452/ijrps.v11i3.2356>.
40. Erawati T, Fitriani RD, Hariyadi DM. Topical antimicrobial microparticle-based polymeric materials for burn wound infection. *Trop J Nat Prod Res*. 2021;5(10):1694–702. doi: <http://doi.org/10.26538/tjnpr/v5i10.1>.
41. Swanson T, Ousey K, Haesler E, Bjarnsholt T, Carville K, Idensohn P, et al. IWII Wound Infection in Clinical Practice consensus document: 2022 update. *J Wound Care*. 2022;31(Sup12):S10–21. doi: <http://doi.org/10.12968/jowc.2022.31.Sup12.S10>. PubMed PMID: 36475844.
42. Kang HJ, Chen N, Dash BC, Hsia HC, Berthiaume F. Self-assembled nanomaterials for chronic skin wound healing. *Adv Wound Care*. 2021;10(5):221–33. doi: <http://doi.org/10.1089/wound.2019.1077>. PubMed PMID: 32487014.
43. Iacob AT, Drăgan M, Ionescu OM, Profire L, Fica A, Andronescu E, et al. An overview of biopolymeric electrospun nanofibers based on polysaccharides for wound healing management. *Pharmaceutics*. 2020;12(10):983. doi: <http://doi.org/10.3390/pharmaceutics12100983>. PubMed PMID: 33080849.
44. Hermosilla J, Pastene-Navarrete E, Acevedo F. Electrospun fibers loaded with natural bioactive compounds as a biomedical system for skin burn treatment: a review. *Pharmaceutics*. 2021;13(12):2054. doi: <http://doi.org/10.3390/pharmaceutics13122054>. PubMed PMID: 34959336.
45. Pinelli F, Ortola ÓF, Makvandi P, Perale G, Rossi F. In vivo drug delivery applications of nanogels: a review. *Nanomedicine*. 2020;15(27):2707–27. doi: <http://doi.org/10.2217/nmm-2020-0274>. PubMed PMID: 33103960.
46. Alavi M, Rai M. Topical delivery of growth factors and metal/metal oxide nanoparticles to infected wounds by polymeric nanoparticles: an overview. *Expert Rev Anti Infect Ther*. 2020;18(10):1021–32. doi: <http://doi.org/10.1080/14787210.2020.1782740>. PubMed PMID: 32536223.
47. Bahmad HF, Poppiti R, Alexis J. Nanotherapeutic approach to treat diabetic foot ulcers using tissue-engineered nanofiber skin substitutes: a review. *Diabetes Metab Syndr*. 2021;15(2):487–91. doi: <http://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.02.025>. PubMed PMID: 33668000.

EDITOR ASSOCIADO

Vanessa de Brito Poveda

Apoio financeiro

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons.