

**As aplicações da Nanotecnologia na cicatrização de feridas: uma revisão integrativa**  
**The application of Nanotechnology in wound healing: an integrative review**

Tainá Mara de Oliveira Araujo<sup>1</sup>  
Camila Quinetti Paes Pittella<sup>2</sup>

**RESUMO**

As aplicações da Nanotecnologia vem ganhando força no campo da saúde como um todo, principalmente no que se refere à otimização dos processos de cura, o que não é diferente no tratamento de feridas. Atualmente, existe um grande arsenal de produtos para tratamento de feridas, os quais vêm sofrendo avanços científicos e tecnológicos ao longo dos anos, permitindo ao enfermeiro escolher qual o ideal para cada situação. Desta forma, o presente estudo visa identificar as novas coberturas que estão sendo desenvolvidas utilizando a nanotecnologia e os seus efeitos na otimização do processo de cicatrização de feridas. Para tanto, foi realizada uma revisão integrativa da literatura no mês de julho de 2023, utilizando as bases de dados BVS, PubMed, Scopus, Embase e *Web of Science* e com o auxílio do DeCS. Como critérios de inclusão foram selecionados artigos originais encontrados na íntegra, nos idiomas português e inglês, publicados entre os anos de 2022 e 2023. Como estratégia metodológica, utilizou-se as recomendações do PRISMA e para organização das referências foram utilizadas plataformas de referenciamento como *Rayyan* e *Mendeley*. Como resultados, foram selecionados 79 estudos que demonstraram que a Nanotecnologia é uma grande aliada no processo de cicatrização por acelerar diversos processos necessários para o fechamento da ferida, como aumento na produção de colágeno, ação antibacteriana, prevenção de biofilmes, maior velocidade de cicatrização, baixa citotoxicidade, ação hemostática, entre outros. Baseados nos artigos selecionados, é possível afirmar que os curativos contendo nanocompostos são bastante promissores e mostram-se uma ótima opção terapêutica na cicatrização de feridas de diversas etiologias.

**Palavras-chave:** Ferimentos e lesões. Nanotecnologia. Cobertura. Cicatrização de feridas.

**ABSTRACT**

The use of Nanotechnology has been gaining strength in the health field, especially with regard to optimizing healing processes, which is no different in the treatment of wounds. Currently, there is a large arsenal of wound treatment products, which have undergone scientific and technological advances over the years, allowing nurses to choose which is ideal for each situation. Therefore, the present study aims to identify new dressings that are being developed using nanotechnology and its effect on optimization of the wound healing process. For this aim, an integrative review of the literature was carried out in July of 2023, using the BVS, PubMed, Scopus, Embase and Web of Science databases and with assistance of DeCS. As inclusion criteria, original articles found in full, in Portuguese and English, published between 2022 and 2023 were selected. As a methodological strategy, PRISMA recommendations were used and to organize the references, referencing platforms such as

---

<sup>1</sup> Graduanda. Universidade Federal de Juiz de Fora, Graduação em Enfermagem. Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: taolivveira@gmail.com

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

Rayyan and Mendeley. As results, 79 studies were selected that demonstrated that Nanotechnology is a great ally in the healing process by accelerating several processes necessary for wound closure, such as increased collagen production, antibacterial action, biofilm prevention, greater healing speed, low cytotoxicity, hemostatic activity, among others. Based on the selected articles, it is possible to state that dressings containing nanocompounds are very promising and prove to be an excellent therapeutic option for healing wounds of different etiologies.

**Keywords:** Wounds and Injuries. Nanotechnology. Wound dressing. Wound healing.

## 1 INTRODUÇÃO

Feridas ou úlceras são definidas como uma quebra da continuidade da pele, interferindo em características anatômicas e fisiológicas, portanto, interferindo em seu funcionamento e, além disso, impedindo o maior papel da pele que é se tornar a maior barreira física do corpo humano (Amorim *et al.*, 2022). Feridas crônicas são conceituadas exatamente como essa descontinuidade da pele, porém, agravada por outras morbidades como diabetes ou hipertensão arterial. Ocorre uma lentificação em sua cicatrização, demorando mais de seis semanas para o processo completo, permanecendo muito tempo na fase inflamatória da cicatrização, assim, retardando a granulação do leito da ferida, conhecida como fase de proliferação. Ainda, as feridas crônicas podem ser classificadas como lesão por pressão, pé diabético, úlceras arteriais, venosas e mistas (Oliveira *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2020, Sun *et al.*, 2022).

O estudo de Oliveira *et al.* (2019) aponta que essa complicação de feridas atinge aproximadamente 5% da população ocidental, não havendo registros de estudos que estimem o valor gasto com o tratamento desse tipo de ferida no Brasil. Na Alemanha, estima-se o gasto de €9.060 euros por paciente, o que seria correspondente a um custo de R\$ 39.300 reais no ano de 2018 (Spira *et al.*, 2020).

O cuidado com feridas engloba uma série de práticas terapêuticas essenciais para promover a cicatrização ideal de lesões. O enfermeiro desempenha um papel fundamental nesse processo, garantindo que as medidas adotadas resultem na recuperação mais eficaz do paciente. Isso implica em considerar não apenas os recursos disponíveis para curativos na instituição de saúde, mas também as características físicas individuais do paciente. Além disso, é crucial levar em conta o embasamento teórico do profissional, pois cada ferida é única, variando em sua fase de cicatrização e na resposta do organismo ao tratamento selecionado (Silva *et al.*, 2021).

A nanotecnologia representa uma ciência que viabiliza a manipulação de estruturas e substâncias em escala extremamente reduzida, na ordem dos nanômetros, equivalentes a um bilionésimo de metro. Isso possibilita a atuação em nível molecular, ampliando consideravelmente as possibilidades de aplicação. Além de seu uso consolidado na engenharia, a nanotecnologia tem sido cada vez mais explorada no campo da saúde, abrangendo desde diagnósticos de doenças até o controle da dor em pacientes, bem como o desenvolvimento de medicamentos, entre outras aplicações. Ao permitir tratamentos em nível celular, especialmente em condições como o câncer, a nanotecnologia minimiza os efeitos colaterais associados aos tratamentos convencionais, emergindo como uma abordagem altamente eficaz na prevenção de enfermidades (Dikmen *et al.*, 2022; Suvandee *et al.*, 2022).

Assim, a nanotecnologia também se estende às coberturas utilizadas no tratamento de feridas. Atualmente, estudos têm corroborado a eficácia do uso de substâncias nanoestruturadas para o tratamento dessas lesões, evidenciando benefícios significativos (Silva *et al.*, 2018; Cárdenas-Triviño *et al.*, 2022; Suvandee *et al.*, 2022). Dentre essas substâncias, destacam-se as nanopartículas metálicas como a prata e ouro, os polímeros sintéticos e naturais como a nanocelulose bacteriana e quitosana. Essas substâncias oferecem vantagens como aceleração do processo de cicatrização através do aumento na produção de colágeno, ação antibacteriana, prevenção de biofilmes, baixa citotoxicidade, ação hemostática além de demonstrar excelente biocompatibilidade com o tecido (Blanco-Fernandez *et al.*, 2021; Mohsen *et al.*, 2023).

Considerando a importância do papel dos enfermeiros na prevenção e tratamento de feridas, é crucial que se mantenham atualizados diante dos avanços em medicamentos e técnicas inovadoras, especialmente na área da nanotecnologia, que oferecem promessas de transformação no tratamento. Assim, o objetivo deste estudo foi identificar, com base em evidências científicas, as novas coberturas desenvolvidas utilizando a nanotecnologia e o seu efeito na otimização do processo de cicatrização de feridas. Isso não só possibilita a identificação de tratamentos mais eficazes para as lesões encontradas pelos profissionais no serviço, mas também desperta o interesse de pesquisadores na área, para desenvolvimento de estratégias inovadoras utilizando a nanotecnologia para o tratamento de feridas.

## **2 METODOLOGIA**

O estudo foi caracterizado como revisão bibliográfica do tipo integrativa. Dessa forma, adaptado do estudo de Dantas *et al.* (2021), a pesquisa foi realizada seguindo quatro etapas

para sua validação. Sendo elas: (1) delimitação do tema; (2) busca na literatura do tema escolhido e extração de dados; (3) análise e interpretação crítica dos estudos que foram incluídos na busca; (4) apresentação dos resultados.

Para a primeira etapa, delimitação do tema, foi utilizado a estratégia PICO (População, Interesse e Contexto) em que: P- feridas, I- inovações em nanotecnologia, Co- cicatrização, como apresentado no Quadro I. Esse acrônimo permite formar uma pergunta norteadora “Como as inovações em nanotecnologia influenciam na cicatrização de feridas?” e, assim, refinar as buscas do tema em questão (Dantas *et al.*, 2021).

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

<b>Idioma</b>	<b>P: População</b>	<b>I: Interesse</b>	<b>Co: Contexto</b>
Portugues	Úlcera Ferida Pé Diabético Ferimentos e Lesões	Nanotecnologia Cobertura	Cicatrização Cicatrização de feridas Cicatrização de ferimentos
Inglês	<i>Ulcer</i> <i>Wound</i> <i>Injury</i> <i>Wounds and Injuries</i> <i>Diabetic foot</i>	<i>Nanotechnology</i> <i>Wound dressing</i>	<i>Wound healing</i>

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para a segunda etapa foi realizada a busca na literatura sobre o tema e extração de dados, realizada entre os meses de Julho e Agosto de 2023. Foram escolhidas cinco bases de dados online em que se encontram referências científicas, sendo elas, Biblioteca Virtual em saúde (BVS), *National Library of Medicine* (PubMed), Scopus, Embase e *Web of Science*. Para realizar a busca nas bibliotecas citadas, foram utilizados os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), além de palavras-chave, que auxiliaram a refinar a pesquisa, conforme descrito no Quadro I. Ainda, foram utilizados os operadores booleanos “AND” e “OR” com a combinação dos descritores escolhidos, criando uma estratégia de busca avançada nas bases de dados, conforme apresentado no Quadro II.

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

Base de dados	Estratégia de busca
BVS	<p>(ulcer) OR (wound) OR (injury) OR ("wounds and injuries") OR ("diabetic foot") AND (nanotechnology) OR ("wound dressings") AND ("wound healing") AND ( fulltext:"1" OR "1" OR "1") AND la:("en")) AND (year_cluster:[2022 TO 2024])</p> <p>(úlcer) OR (ferida) OR ("ferimentos e lesões") OR ("pé diabético") AND (nanotecnologia) OR (cobertura) AND (cicatrização) OR ("cicatrização de feridas") OR ("cicatrização de ferimentos") AND ( fulltext:"1") AND la:("pt" OR "en")) AND (year_cluster:[2022 TO 2024])</p>
Embase	<p>((ulcer:ti,ab,kw OR wound:ti,ab,kw OR injury:ti,ab,kw OR (wounds:ti,ab,kw AND injuries:ti,ab,kw) OR 'diabetic foot':ti,ab,kw) AND nanotechnology:ti,ab,kw OR 'wound dressings':ti,ab,kw) AND 'wound healing':ti,ab,kw AND ([english]/lim OR [portuguese]/lim) AND 'article'/it AND (2022:py OR 2023:py)</p>
PubMED	<p>(((((ulcer) OR (wound)) OR (injury)) OR ("wounds and injuries")) OR ("diabetic foot")) AND (nanotechnology)) OR ("wound dressings")) AND ("wound healing") AND ((y_2[Filter]) AND (ffrft[Filter]) AND (clinicaltrial[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter]) AND (english[Filter] OR portuguese[Filter]))</p>
Scopus	<p>( TITLE-ABS-KEY ( ulcer ) OR TITLE-ABS-KEY ( wound ) OR TITLE-ABS-KEY ( injury ) OR TITLE-ABS-KEY ( "wounds and injuries" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "diabetic foot" ) AND TITLE-ABS-KEY ( nanotechnology ) OR TITLE-ABS-KEY ( "wound dressing" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "wound healing" ) ) AND PUBYEAR &gt; 2012 AND PUBYEAR &lt; 2024 AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND ( LIMIT-TO ( OA , "all" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) )</p>
Web of Science	<p>(((((TS=(Ulcer)) OR TS=(wound)) OR TS=(injury)) OR TS=("wound and injuries")) OR TS=("diabetic foot")) AND TS=(nanotechnology)) OR TS=("wound dressings")) OR TS=("wound healing")) AND (PY=="2022" OR "2023" OR "2024") AND DT=="RESEARCH ARTICLE") AND LA=="PORTUGUESE" OR "ENGLISH"))</p>

	<pre> (((((((TS=(úlceras)) OR TS=(ferida)) OR TS=(ferimento)) OR TS=("ferimentos e lesões")) OR TS=("pé diabético")) AND TS=(nanotecnologia)) OR TS=(cobertura)) AND TS=(cicatrização)) OR TS=("cicatrização de feridas")) OR TS=("cicatrização de ferimentos") and Research Article (Document Types) and English or Portuguese (Languages) and 2022 or 2023 or 2024 (Publication Years) </pre>
--	---

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Já a terceira etapa consistiu na análise crítica dos estudos que foram incluídos na busca e interpretação dos achados. Dessa forma, foram utilizados como critérios de inclusão estar no idioma Inglês ou Português, ter sido publicado no ano de 2022 até julho de 2023, serem estudos originais e estarem disponíveis na íntegra para a leitura. A amostragem entre 2022-2023 ocorreu devido a um grande número de publicações e devido ao período em que foram realizadas as pesquisas nas bases de dados, além disso, observou-se que a pesquisa com a nanotecnologia está aumentando principalmente com os materiais já utilizados nos tratamentos convencionais, demonstrando a tendência em tratamentos inovadores e de melhor adesão do paciente.

Em contrapartida, para os critérios de exclusão, foram excluídos estudos que não se classificam como originais, portanto, teses, dissertações e qualquer outro tipo de revisão, além de editoriais e artigos de opinião. Também foram excluídos artigos que se tratavam de nanofibras e aqueles que usavam terapias adjuvantes como laserterapia e terapia de pressão negativa, por não se encaixarem no objetivo do estudo estabelecido.

Ainda, foram utilizadas duas plataformas de gerenciamento de referências, a primeira Plataforma *Mendeley*, e a Plataforma *Rayyan*, que auxiliaram na separação dos estudos. Desta forma foi possível a detecção mais fidedigna das duplicidades existentes, além da classificação dos artigos (Ouzzani *et al.*, 2016; Elston *et al.*, 2019).

E, por último, na quarta etapa, ocorreu a apresentação dos resultados encontrados nas bases de dados, por meio da seleção e leitura criteriosa dos estudos que se encaixavam nos critérios de inclusão estabelecidos. Para tanto, foi realizada uma primeira leitura de título, resumo e palavras chaves e uma segunda que envolvia a leitura do artigo na íntegra. Após essa leitura, os estudos foram classificados em categorias de ação no processo de cicatrização da substância utilizada.

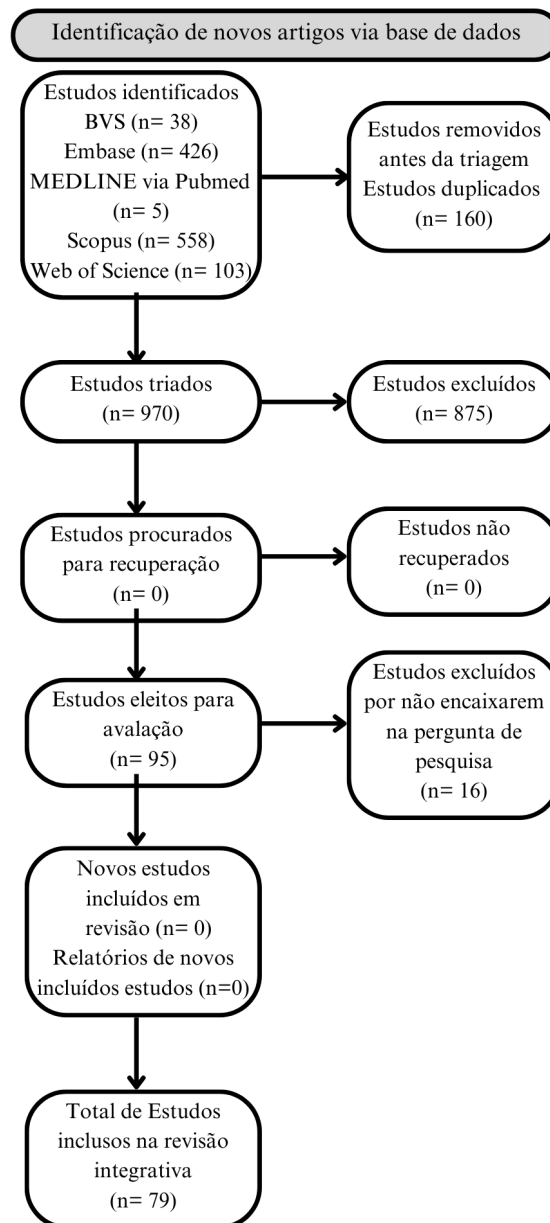
### 3 RESULTADOS

Foram encontrados um total de 1130 estudos com as estratégias de busca realizadas. Primeiramente, os artigos selecionados foram inseridos na Plataforma *Mendeley*, que encontrou cerca de 158 duplicidades. Após a exclusão pela primeira plataforma, os restantes foram inseridos na Plataforma *Rayyan*, onde foi possível detectar mais 02 duplicidades.

Na seleção das bases de dados escolhidas foram encontrados 34 estudos em inglês e 04 em português na Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), 426 estudos em inglês na EMBASE, 5 estudos em inglês na *National Library of Medicine* (PubMed) , 558 estudos em inglês na SCOPUS, 86 estudos em inglês e 17 artigos no idioma português na *Web of Science*.

Através da plataforma *Rayyan* foi realizada a seleção dos artigos que atendiam à pergunta de pesquisa. A partir da leitura do título e resumo foram selecionados 95 artigos ao todo, que em primeira análise, supriram os itens necessários para inclusão. Após uma leitura mais aprofundada, restaram 79 artigos conforme o Fluxograma I que foi elaborado de acordo com o protocolo PRISMA (2020), adaptado pela autora para o idioma português (PAGE *et al.*, 2021).

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



Fonte: Elaborado e adaptado pela autora (2024).

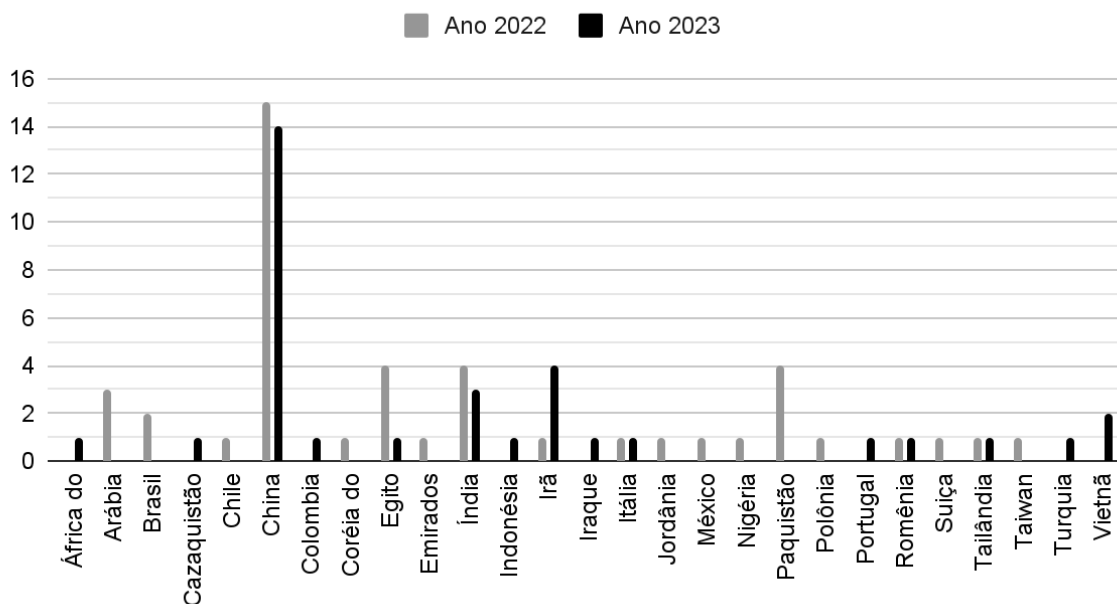
Além disso, a grande maioria dos artigos são originados do continente asiático, demonstrando a dificuldade de realizar esse tipo de pesquisa ou testagem clínica no ocidente. O país que mais publicou artigos com a temática nos anos de 2022 e 2023 foi a China, com 29 publicações, seguido da Índia com 7 artigos, Egito e Irã com 5 publicações, como consta no Gráfico I a seguir.



GRÁFICO I - Relação entre os países e o número de publicações nos anos de 2022 e 2023.

Juiz de Fora, MG, Brasil, 2024.

### Número de artigos publicados por país



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Foi possível observar que o maior número de publicações foi durante o ano de 2022, com 45 artigos (56,96%) ao todo. Porém, como citado na metodologia, até julho de 2023, foram encontradas 34 publicações (43,04%), sendo esperado o aumento desse quantitativo no decorrer do mesmo ano.

Para uma melhor visualização das informações coletadas dos artigos incluídos, foi elaborado o Quadro III. Nele foram destacadas informações como título do estudo, autores, local e ano de publicação, além do nanomaterial que foi testado para a cicatrização de feridas.

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

Nº	Título do estudo	Autor, local e ano	Nanomateriais utilizados	Efeito no processo de cicatrização investigado
1.	Enhanced In Vivo Wound	Abou El-ezz, D.;	Hidrogel contendo	Angiogênese.

	Healing Efficacy of a Novel Hydrogel Loaded with Copper (II) Schiff Base Quinoline Complex (CuSQ) Solid Lipid Nanoparticles.	<i>et al.</i> , Egito, 2022.	Nanopartículas Lipídicas Sólidas (NLS) de complexo 8-hidroxiquinolina de base de Cobre (II) Schiff (CuSQ).	
2.	Thiol-Ene Click Synthesis of Alginate Hydrogels Loaded with Silver Nanoparticles and Cefepime.	Akhmetkarimova <i>et al.</i> , Cazaquistão, 2023.	Nanopartículas de prata e cefepime.	Atividade antibacteriana.
3.	Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using <i>Hypericum perforatum</i> L. Aqueous Extract with the Evaluation of Its Antibacterial Activity against Clinical and Food Pathogens.	Alahmad <i>et al.</i> , Suíça, 2022.	Nanopartículas de prata extrato aquoso de <i>Hypericum perforatum</i> .	Atividade antibacteriana.
4.	Synthesis and Characterization of Chitosan-Containing ZnS/ZrO <sub>2</sub> /Graphene Oxide Nanocomposites and Their Application in Wound Dressing.	Alghuwainem <i>et al.</i> , Arábia Saudita, 2022.	Nanocompósitos de quitosana contendo Sulfeto de zinco (ZnS) / dióxido de zircônio (ZrO <sub>2</sub> ) / óxido de grafeno (GO).	Angiogênese.
5.	The Wound Healing effect of the Green Synthesized Iron Oxide Nanoparticles: A Study on Mice.	Almaamuri <i>et al.</i> , Iraque, 2023.	Nanopartículas de óxido de ferro e extrato de figo.	Atividade antibacteriana e atividade anti-inflamatória.
6.	Preparation, Characterization, Wound Healing, and Cytotoxicity Assay of PEGylated Nanophytosomes Loaded with 6-Gingerol.	Al-Samydai <i>et al.</i> , Jordânia, 2022.	Nanofitossoma PEGuilado carregado com 6-gingerol (extrato de gengibre).	Atividade antibacteriana.

7.	Carboxymethyl cellulose/poloxamer gels enriched with essential oil and Ag nanoparticles: promising wound dressings.	Alven <i>et al.</i> , África do Sul, 2023.	Gel de Carboximetilcelulose e poloxâmero incorporados com óleo de <i>tea tree</i> e lavanda e nanopartículas de prata.	Atividade antibacteriana.
8.	Alginate-pectin microparticles loaded with nanoemulsions as nanocomposites for wound healing.	Amante <i>et al.</i> , Itália, 2023.	Micropartículas de Alginato-pectina e nanoemulsão de curcumina.	Controle de exsudato.
9.	Injectable multifunctional hydrogel based on carboxymethylcellulose/polyacrylamide/polydopamine containing vitamin C and curcumin promoted full-thickness burn regeneration.	Babaluei <i>et al.</i> , Irã, 2023.	Hidrogel de Carboximetilcelulose sódica/poliacrilamida/polidopamina contendo vitamina C (CMC/PAAm/PDA VitC) com fibroína/alginato de seda (SF/SANPs) carregadas com curcumina (SF/SANPs CUR).	Reepitelização, aumento na produção de colágeno e atividade anti-inflamatória.
10.	Microbially Synthesized Polymer-Metal Nanoparticles Composites as Promising Wound Dressings to Overcome Methicillin-Resistance Staphylococcus aureus Infections.	Balcucho <i>et al.</i> , Colômbia, 2023.	Nanopartículas de Polímeros de Prata com base biológica, nanopartículas de óxido de cobre e Poli(3-hidroxi octanoato)-co-(3-hidroxihexanoato).	Atividade antibacteriana.
11.	Optimization of Carvacrol Nanoemulsion for the Incorporation in Pectin Membranes: Influence on Their Load Capacity, Microstructure	Beltrán <i>et al.</i> , México, 2022.	Nanoemulsão de carvacrol com membrana de pectina.	Atividade antibacteriana.

	and Antibacterial Properties.			
12.	Investigation of the in vitro antibacterial, cytotoxic and in vivo analgesic effects of silver nanoparticles coated with <i>Centella asiatica</i> plant extract.	Bozkaya <i>et al.</i> , Turquia, 2023.	Nanopartículas de prata com <i>Centella asiatica</i> .	Atividade antibacteriana e atividade analgésica.
13.	Essential Oil Nanoemulsion Hydrogel with Anti-Biofilm Activity for the Treatment of Infected Wounds.	Cai <i>et al.</i> , China, 2023.	Nanoemulsão de óleo de eucalipto com Carbomer 940 e quitosana.	Atividade antibacteriana.
14.	Shape memory and antibacterial chitosan-based cryogel with hemostasis and skin wound repair.	Cao <i>et al.</i> , China, 2023.	Criogel de quitosana, ácido cítrico com nanopartículas de prata.	Atividade antibacteriana e atividade hemostática.
15.	Injectable Zn <sup>2+</sup> and Paeoniflorin Release Hydrogel for Promoting Wound Healing.	Chen <i>et al.</i> , China, 2023.	Hidrogel de Paeoniflorina com nanopartículas mesoporosas de óxido de zinco.	Atividade antibacteriana e atividade anti-inflamatória.
16.	Antibacterial Hydrogel Sheet Dressings Composed of Poly(vinyl alcohol) and Silver Nanoparticles by Electron Beam Irradiation.	Chiangnoon <i>et al.</i> , Tailândia, 2023.	Malha de Hidrogel composto com Poli(álcool vinílico) e nanopartículas de prata.	Atividade antibacteriana.
17.	Chitosan-Dextran-Glycerol Hydrogels Loaded with Iron Oxide Nanoparticles for Wound Dressing Applications.	Chircov <i>et al.</i> , Romênia, 2022.	Hidrogéis de quitosana-dextrana-glicerina com nanopartículas de óxido de ferro.	Atividade antibacteriana.
18.	Synthesis And Wound Healing Properties Of Polyvinyl Alcohol Films Doped With Metal Nanoparticles Of Cu And	Cárdenas-Triviño <i>et al.</i> , Chile, 2022.	Filme de Álcool polivinílico com nanopartículas metálicas de cobre e prata.	Atividade antibacteriana.

	Ag.			
19.	Nanostructured Electrospun Polycaprolactone—Propolis Mats Composed of Different Morphologies for Potential Use in Wound Healing.	Figueiredo <i>et al.</i> , Brasil, 2022.	Filme nanoestruturado de própolis e policaprolactona.	Migração celular.
20.	Acceleration of Wound Healing in Rats by Modified Lignocellulose Based Sponge Containing Pentoxifylline Loaded Lecithin/Chitosan Nanoparticles.	Dehghani <i>et al.</i> , Irã, 2022.	Esponja de lignocelulose modificada com nanopartículas de lecitina/quitosana e pentoxifilina.	Reepitelização e atividade anti-inflamatória.
21.	Fabrication of uniform lignin nanoparticles with tunable size for potential wound healing application	Du <i>et al.</i> , China, 2022.	Nanopartículas de lignina	Atividade antibacteriana e atividade antioxidante.
22.	NIR-activated multi-hit therapeutic Ag <sub>2</sub> S quantum dot-based hydrogel for healing of bacteria-infected wounds.	Du <i>et al.</i> , China, 2022.	Hidrogel de Ag <sub>2</sub> S (QDs) modificados por sílica mesoporosa (mSiO <sub>2</sub> ) na estrutura de rede de metacrilato de 3-(trimetoximetossil) propil.	Atividade antibacteriana.
23.	Role of bioactive magnetic nanoparticles in the prevention of wound pathogenic biofilm formation using smart nanocomposites.	Eghbalifam <i>et al.</i> , Irã, 2023.	Nanopartículas magnéticas bioativas de prata e óxido de ferro.	Atividade antibacteriana.
24.	Pluronic® F127 Hydrogel Containing Silver Nanoparticles in Skin Burn	Francisco <i>et al.</i> , Portugal, 2023.	Hidrogel de Pluronic® F127 com nanopartículas de prata.	Atividade antibacteriana.

	Regeneration: An Experimental Approach from Fundamental to Translational Research.			
25.	The Therapeutic Application of <i>Tamarix aphylla</i> Extract Loaded Nanoemulsion Cream for Acid-Burn Wound Healing and Skin Regeneration.	Gul <i>et al.</i> , Paquistão, 2022.	Nanoemulsão de extrato de <i>Tamarix aphylla</i> .	Atividade antibacteriana e reepitelização.
26.	Self-Gelling Solid Lipid Nanoparticle Hydrogel Containing Simvastatin as Suitable Wound Dressing: An Investigative Study.	Gupta <i>et al.</i> , Índia, 2022.	Hidrogel com Nanopartículas lipídicas sólidas contendo sinvastatina.	Atividade antioxidante.
27.	Novel design of bandages using cotton pads, doped with chitosan, glycogen and ZnO nanoparticles, having enhanced antimicrobial and wounds healing effects.	Hasanin <i>et al.</i> , Egito, 2022.	Bandagens de chumaço de algodão contendo nanopartículas de quitosana, glicogênio e óxido de zinco.	Atividade antibacteriana.
28.	Synthesis of Chitosan-Based Gold Nanoparticles: Antimicrobial and Wound-Healing Activities.	Hashem <i>et al.</i> , Egito, 2022.	Nanopartículas de ouro modificadas com quitosana.	Atividade antibacteriana.
29.	Biodegradable gelatin/silver nanoparticle composite cryogel with excellent antibacterial and antibiofilm activity and hemostasis for <i>Pseudomonas aeruginosa</i> -infected burn wound healing	Huang <i>et al.</i> , China, 2022.	Criogel com nanopartículas de prata e gelatina.	Atividade antibacteriana e atividade hemostática.
30.	Hyaluronic acid	Hussain <i>et al.</i> ,	Nanopartículas	Angiogênese e

	functionalization improves dermal targeting of polymeric nanoparticles for management of burn wounds: In vitro, ex vivo and in vivo evaluations.	Emirados Árabes, 2022.	poliméricas de ácido hialurônico, curcumina e quercetina.	aumento na produção de colágeno.
31.	Applications of molybdenum oxide nanoparticles impregnated collagen scaffolds in wound therapeutics.	Indrakumar <i>et al.</i> , Índia, 2022.	<i>Scaffold</i> de colágeno impregnado com nanopartículas de óxido de molibdênio.	Angiogênese.
32.	Regenerated silk fibroin and alginate composite hydrogel dressings loaded with curcumin nanoparticles for bacterial-infected wound closure.	Jing <i>et al.</i> , China, 2023.	Hidrogel compósito de fibroína de seda e alginato de sódio carregado com Nanopartículas de curcumina.	Atividade antibacteriana.
33.	Antibacterial wound dressing with hydrogel from chitosan and polyvinyl alcohol from the red cabbage extract loaded with silver nanoparticles.	Kaliaperumal <i>et al.</i> , Índia, 2023.	Hidrogel de quitosana com nanopartículas de prata e álcool polivinílico do extrato de repolho roxo.	Atividade antibacteriana.
34.	Riclin-Capped Silver Nanoparticles as an Antibacterial and Anti-Inflammatory Wound Dressing.	Kong <i>et al.</i> , China, 2022.	Polissacarídeo riclina e nanopartículas de prata.	Atividade antibacteriana e atividade anti-inflamatória.
35.	Evaluation of the Performance of a ZnO-Nanoparticle-Coated Hydrocolloid Patch in Wound Healing.	Le <i>et al.</i> , Coréia do Sul, 2022.	Placa de Hidrocolóide contendo nanopartículas de óxido de zinco (ZnO-NPs).	Reepitelização e atividade hemostática.
36.	Multi-functional carboxymethyl	Li <i>et al.</i> , China, 2023.	Esponja de carboximetilquitosana e	Atividade antibacteriana e

	chitosan/sericin protein/halloysite composite sponge with efficient antibacterial and hemostatic properties for accelerating wound healing.		nanopartícula de prata/sericina e haloisita.	atividade hemostática.
37.	Silk fibroin–gelatin photo-crosslinked 3D-bioprinted hydrogel with MOF-methylene blue nanoparticles for infected wound healing.	Li <i>et al.</i> , China, 2023.	Hidrogel 3D bioprintado contendo nanopartícula de azul de metileno.	Atividade antibacteriana.
38.	Targeting therapy effects of composite hyaluronic acid/chitosan nanosystems containing inclusion complexes.	Liang <i>et al.</i> , China, 2022.	Nanocomposto de quitosana e ácido hialurônico com enrofloxacina-ciclodextrina.	Atividade antibacteriana e atividade hemostática.
39.	Mesoporous silica-coated silver nanoparticles as ciprofloxacin/siRNA carriers for accelerated infected wound healing.	Liu <i>et al.</i> , China, 2022.	Nanopartículas de prata cobertas com sílica mesoporosa contendo ciprofloxacino e siRNA do fator de necrose tumoral alfa.	Atividade antibacteriana e atividade hemostática.
40.	Bioactive wound dressing based on decellularized tendon and GelMA with incorporation of PDA-loaded asiaticoside nanoparticles for scarless wound healing.	Liu <i>et al.</i> , China, 2023.	Matriz extracelular descelerizada de tendão e GelMA contendo nanopartículas de Asiaticosídeo carregadas com polidopamina.	Angiogênese e controle de exsudato.
41.	Ultrasmall Fe-doped carbon dots nanozymes for photoenhanced antibacterial therapy and wound healing.	Liu <i>et al.</i> , China, 2022.	Nanoenzimas de pontos de carbono dopados com ferro.	Angiogênese e aumento na produção de colágeno.



42.	Novel Nanocomposite Hydrogels Based on Crosslinked Microbial Polysaccharide as Potential Bioactive Wound Dressings.	Marin <i>et al.</i> , Romênia, 2023.	Hidrogel nanocomposto de Polissacarídeo microbiano com nanopartículas de prata.	Atividade antibacteriana.
43.	Development and Characterization of Highly Stable Silver NanoParticles as Novel Potential Antimicrobial Agents for Wound Healing Hydrogels.	Massironi <i>et al.</i> , Itália/Portugal, 2022,	Nanopartículas de prata altamente estáveis.	Atividade antibacteriana.
44.	Controlled release of protein from gelatin/chitosan hydrogel containing platelet-rich fibrin encapsulated in chitosan nanoparticles for accelerated wound healing in an animal model.	Mirjalili <i>et al.</i> , Irã, 2023.	Hidrogel de gelatina-quitosana com nanopartículas de quitosana contendo fibrinas ricas em plaquetas.	Angiogênese e atividade antibacteriana.
45.	Thymol-Loaded Eudragit RS30D Cationic Nanoparticles-Based Hydrogels for Topical Application in Wounds: In Vitro and In Vivo Evaluation.	Mohsen <i>et al.</i> , Egito, 2023.	Hidrogel contendo nanopartículas poliméricas catiônicas carregadas com timol.	Atividade antibacteriana.
46.	TiO <sub>2</sub> Nanocrystals and Annona crassiflora Polyphenols Used Alone or Mixed Impact Differently on Wound Repair.	Moura <i>et al.</i> , Brasil, 2022.	Nanocristais de TiO <sub>2</sub> com frações polifenólicas obtidas do extrato etanólico da casca do fruto de Annona crassiflora.	Angiogênese, aumento na produção de colágeno e atividade anti-inflamatória.
47.	Polycaprolactone based pharmaceutical nanoemulsion loaded with acriflavine: optimization	Nawaz <i>et al.</i> , Paquistão, 2022.	Nanoemulsão de policaprolactona carregada com acriflavina.	Reepitelização.

	and in vivo burn wound healing activity.			
48.	Matricaria chamomilla essential oil-loaded hybrid electrospun nanofibers based on polycaprolactone/sulfonated chitosan/ZIF-8 nanoparticles for wound healing acceleration.	Nezhad-Mokhtari <i>et al.</i> , Irã, 2023.	Nanofibras à base de N-(3-sulfopropil)quitosana/poli(ε-caprolactona) incorporadas nanopartículas de zeólita imidazolato framework-8 e óleo essencial de camomila.	Atividade antibacteriana.
49.	Passion fruit peel pectin/chitosan based antibacterial films incorporated with biosynthesized silver nanoparticles for wound healing application.	Nguyen <i>et al.</i> , Vietnã, 2023.	Biofilmes de pectina/quitosana (P/CH) da casca de maracujá contendo Nanopartículas de prata biossintetizadas.	Atividade antibacteriana.
50.	Gentamicin nanogel films based on Carrageenan-Prosopis africana for improved wound healing.	Nnamani <i>et al.</i> , Nigéria, 2022.	Nanogel de gentamicina com carragenina e <i>Prosopis africana</i> .	Atividade antibacteriana.
51.	Ecofriendly phytofabrication of silver nanoparticles using aqueous extract of <i>Cuphea carthagenensis</i> and their antioxidant potential and antibacterial activity against clinically important human pathogens.	Rather <i>et al.</i> , Índia, 2022.	Nanopartículas de prata (AgNPs) usando extrato aquoso de folhas de <i>Cuphea carthagenensis</i> .	Atividade antibacteriana e atividade antioxidante.
52.	Composites based on gellan gum, alginate and nisin-enriched lipid nanoparticles for the	Reczyńska-kolman <i>et al.</i> , Polônia, 2022.	Compósito de Goma gelana e alginato de prata e nanopartículas lipídicas de nisina.	Atividade antibacteriana.

	treatment of infected wounds.			
53.	Tailoring of Geranium Oil-Based Nanoemulsion Loaded with Pravastatin as a Nanoplatfrom for Wound Healing.	Rizg <i>et al.</i> , Arábia Saudita, 2022.	Nanoemulsão à base de óleo de gerânio carregado com pravastatina.	Atividade antibacteriana e atividade anti-inflamatória.
54.	Development of ZnO/selenium nanoparticles embedded chitosan-based anti-bacterial wound dressing for potential healing ability and nursing care after paediatric fracture surgery.	Ruan <i>et al.</i> , China, 2023.	Nanopartículas de quitosana contendo ZnO e Selênio.	Reepitelização, aumento na produção de colágeno e atividade antibacteriana.
55.	Gold nanoclusters-loaded hydrogel formed by dimeric hydrogen bonds crosslinking: A novel strategy for multidrug-resistant bacteria-infected wound healing.	Ruan <i>et al.</i> , China, 2023.	Hidrogel de Nano Aglomerados de ouro e carbómero com ácido 6-mercaptophexanóico.	Atividade antibacteriana e atividade anti-inflamatória.
56.	Wheat gluten hydrolysates with embedded Ag-nanoparticles; a structure-function assessment for potential applications as wound sorbents with antimicrobial properties.	Sajjad <i>et al.</i> , Paquistão, 2022.	Nanopartículas de prata com estrutura dos hidrolisados de glúten de trigo.	Atividade antibacteriana e atividade antioxidante.
57.	Multifunctional Silver Nanoparticles Based on Chitosan: Antibacterial, Antibiofilm, Antifungal, Antioxidant, and	Shehabeldine <i>et al.</i> , Egito, 2022.	Nanopartículas de prata estabilizadas com quitosana.	Atividade antibacteriana e atividade antioxidante.

	Wound-Healing Activities.			
58.	Evaluation of biogenic nanosilver-acticoat for wound healing: A tri-modal in silico, in vitro and in vivo study.	Singh <i>et al.</i> , Índia, 2023.	Nanopartículas de prata com <i>Camellia sinensis</i> , <i>Ocimum sanctum</i> incorporadas em carragenina.	Atividade antibacteriana.
59.	Fabrication of AgNPs mediated fibrous membrane from <i>Rhizophora mucronata</i> mangrove plant extract for biological properties.	Sivaperumal <i>et al.</i> , Índia, 2023.	Nanofibras com nanopartículas de prata obtidas de extratos de folhas de plantas de mangue <i>Rhizophora mucronata</i> .	Atividade antibacteriana.
60.	Evaluating Antimicrobial Activity and Wound Healing Effect of Rod-Shaped Nanoparticles.	Soliman <i>et al.</i> , Arábia Saudita, 2022.	Nanopartículas de ouro.	Angiogênese, atividade antibacteriana e atividade antioxidante.
61.	Ulvan/Silver nanoparticle hydrogel films for burn wound dressing.	Sulastri <i>et al.</i> , Indonésia, 2023.	Filme de hidrogel composto por nanopartículas de ulvana e prata.	Angiogênese, atividade antibacteriana e atividade anti-inflamatória.
62.	Zinc alginate hydrogels with embedded RL-QN15 peptide-loaded hollow polydopamine nanoparticles for diabetic wound healing therapy.	Sun <i>et al.</i> , China, 2022.	Hidrogel de alginato de zinco contendo Nanopartículas ocas de dopamina carregadas com peptídeo pró-cicatrizante RL-QN15.	Angiogênese, atividade antibacteriana, atividade anti-inflamatória e atividade antioxidante.
63.	One-Pot and Green Preparation of <i>Phyllanthus emblica</i> Extract/Silver Nanoparticles/Polyvinylpyrrolidone Spray-On Dressing.	Suvandee <i>et al.</i> , Tailândia, 2022.	Solução de polivinilpirrolidona incorporando nanopartículas de prata com extrato de <i>Phyllanthus emblica</i> .	Atividade antibacteriana e atividade antioxidante.
64.	Fabrication of silver	Tang <i>et al.</i> , Vietnã,	Membrana	Atividade

	nanoparticle-containing electrospun polycaprolactone membrane coated with chitosan oligosaccharides for skin wound care.	2023.	Multicamadas de Nanopartículas de prata e oligossacarídeos de quitosana.	antibacteriana e atividade hemostática.
65.	Synergistic and antibiofilm potential of Curcuma aromatica derived silver nanoparticles in combination with antibiotics against multidrug-resistant pathogens.	Tawre <i>et al.</i> , Índia, 2022.	Nanopartículas de prata com compostos do extrato de rizoma <i>Curcuma Aromática</i> .	Atividade antibacteriana.
66.	Synergistic efficacy of colistin and silver nanoparticles impregnated human amniotic membrane in a burn wound infected rat model.	Wali <i>et al.</i> , Paquistão, 2022.	Membrana amniótica humana descelularizada impregnada com Colistina combinada com nanopartículas de prata.	Atividade antibacteriana.
67.	A nanoconcrete welding strategy for constructing high-performance wound dressing.	Wang <i>et al.</i> , China, 2022.	Base de Schiff e éster de boronato, carboximetilquitosana com ácido fenilborônico, polifenóis e nanopartículas de polifenol reticuladas com Cu <sup>2+</sup> .	Reepitelização e aumento na produção de colágeno.
68.	Synthesis and Characterization of Curcumin Incorporated Multi Component Nano-Scaffold with Enhanced Anti-bacterial and Wound Healing Properties.	Wu <i>et al.</i> , Taiwan, 2022.	Nanopartículas de curcumina e nanopartículas de curcumina-quitosana.	Atividade antibacteriana e atividade antioxidante.

69.	Antibacterial and anti-inflammatory ZIF-8@Rutin nanocomposite as an efficient agent for accelerating infected wound healing.	Xia <i>et al.</i> , China, 2022.	Nanocompósito de Rutina e estrutura zeolítica de imidazolato-8 (ZIF-8).	Atividade antibacteriana e atividade anti-inflamatória.
70.	Mild Heat-Assisted Polydopamine/Alginate Hydrogel Containing Low-Dose Nanoselenium for Facilitating Infected Wound Healing.	Xu <i>et al.</i> , China, 2023.	Hidrogel composto de polidopamina/alginate/nanoselênio.	Angiogênese, atividade anti-inflamatória e atividade antioxidante.
71.	Multifunctional chitosan/gelatin/tannic acid cryogels decorated with in situ reduced silver nanoparticles for wound healing.	Xu <i>et al.</i> , China, 2022.	Criogel de quitosana, gelatina e ácido tânico com nanopartículas de prata.	Atividade antibacteriana.
72.	Ultrastretchable, Self-Healable, and Tissue-Adhesive Hydrogel Dressings Involving Nanoscale Tannic Acid/Ferric Ion Complexes for Combating Bacterial Infection and Promoting Wound Healing.	Yang <i>et al.</i> , China, 2022.	Hidrogel com acrilamida, ácido 3-acrilamido fenilborônico, quitosana e o complexo nanopartículas de ácido tânico/ion férrico.	Reepitelização, atividade antibacteriana, atividade anti-inflamatória e atividade antioxidante.
73.	Hyaluronic acid-based injectable nanocomposite hydrogels with photo-thermal antibacterial properties for infected chronic diabetic wound healing.	Yang <i>et al.</i> , China, 2023.	Hidrogel com catecol e ácido hialurônico modificado com tiol, poli(hexametileno guanidina) e nanofolhas de fósforo preto.	Atividade antibacteriana.
74.	Fumaria officinalis-loaded	Yang <i>et al.</i> , China,	Nanopartículas de	Aumento na produção

	chitosan nanoparticles dispersed in an alginate hydrogel promote diabetic wounds healing by upregulating VEGF, TGF- $\beta$ , and b-FGF genes: A preclinical investigation.	2023.	quitosana carregadas com extrato de <i>Fumaria officinalis</i> em hidrogel de alginato de cálcio.	de colágeno.
75.	Interfacial assembly of chitin/Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> composite hydrogels as photothermal antibacterial platform for infected wound healing.	Zhang <i>et al.</i> , China, 2023.	Hidrogéis compostos com bioativos de quitina e nanopartículas de Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .	Atividade antibacteriana.
76.	A cross-linked hydrogel of bismuth sulfide nanoparticles with excellent photothermal antibacterial and mechanical properties to combat bacterial infection and prompt wound healing.	Zhou <i>et al.</i> , China, 2023.	Nanopartículas de sulfeto de bismuto combinadas com hidrogéis de alginato de sódio / acrilamida.	Atividade antibacteriana.
77.	Microenvironment responsive nanocomposite hydrogel with NIR photothermal therapy, vascularization and anti-inflammation for diabetic infected wound healing.	Zhu <i>et al.</i> , China, 2023.	Hidrogel composto de polidopamina carregadas de Cu carregado de metformina.	Angiogênese, aumento na produção de colágeno, atividade antibacteriana, atividade anti-inflamatória.
78.	A composite hydrogel containing resveratrol-laden nanoparticles and platelet-derived extracellular vesicles promotes wound healing in diabetic mice.	Zhu <i>et al.</i> , China, 2022.	Hidrogel de metacrilato de gelatina (GelMA) e metacrilato de glicidil de fibroína de seda com nanopartículas de sílica mesoporosa com resveratrol.	Angiogênese e atividade anti-inflamatória.
79.	In situ self-assembly of polydopamine inside	Zhu <i>et al.</i> , China, 2022.	Hidrogel de nanopartículas de	Atividade antibacteriana.

injectable hydrogels: antibacterial activity and photothermal therapy for superbug-infected wound healing.		polidopamina.	
--	--	---------------	--

Fonte: Elaborado pela autora, com dados da pesquisa (2023).

Os artigos foram então classificados de acordo com o resultado das experiências clínicas. Assim, foram observados, principalmente, o que essas novas coberturas causavam nos modelos de feridas dos estudos, como: angiogênese, atividade antibacteriana, atividade anti-inflamatória, entre outros. Esses pontos serviram para categorizar as publicações em eixos de acordo com o Quadro IV.

QUADRO IV: Categorização dos estudos de acordo com os efeitos no processo da cicatrização. Juiz de Fora, MG, Brasil, 2024.

<b>Atividades da cicatrização observados nos estudos</b>	<b>Número do estudo catalogado</b>
Angiogênese	1, 4, 30, 31, 40, 41, 44, 46, 60, 61, 62, 70, 77, 78
Reepitelização	1, 9, 20, 25, 35, 47, 54, 67, 72
Aumento na produção de colágeno	1, 9, 30, 41, 46, 54, 67, 74, 77
Atividade Antibacteriana	2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 79
Atividade Anti-inflamatória	5, 9, 15, 20, 34, 38, 39, 46, 53, 55, 61, 62, 69, 70, 72, 77, 78
Controle de exsudato	8, 40
Atividade Analgésica	12
Atividade Hemostática	14, 29, 35, 36, 64
Migração celular	19



Atividade Antioxidante	21, 26, 51, 56, 57, 60, 62, 63, 68, 70, 72
------------------------	--

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Com a separação dos estudos por categorias, pode-se observar um destaque na ação em 4 processos importantes da cicatrização: angiogênese, atividade antibacteriana, atividade anti-inflamatória e atividade antioxidante. Apesar da categorização, eles demonstraram que os nanomateriais estudados auxiliam na cura da ferida como um todo, e a categorização realizada pela autora considerou a etapa em que a aplicação do nanofármaco teve maior atividade dentro do processo de cicatrização.

Foi possível observar que a partir da categorização dos estudos incluídos, 60 estudos (75,94%) investigaram nanopartículas para a atividade antibacteriana, mostrando que as infecções são fatores agravantes e importantes de serem tratados durante o processo cicatricial. Em seguida, a atividade anti-inflamatória, com 17 estudos (21,51%) e, por último, a angiogênese com 14 estudos (13,16%), seguido das demais categorias. Deve-se levar em consideração que um mesmo estudo pode estar investigando mais de uma função no processo de cicatrização.

#### 4 DISCUSSÃO

Atualmente, infecções por microrganismos, incluindo bactérias e fungos, são comuns, especialmente no tratamento de feridas. Estas infecções podem interromper o processo de cicatrização e até mesmo levar à sepse do paciente. Em resposta, intensifica-se a busca por novos antibióticos, vacinas e medicamentos, com uma ênfase crescente no uso de nanopartículas (Akhmetkarimova *et al.*, 2023; Balcucho *et al.*, 2023). Pesquisas, como Cárdenas-Triviño *et al.* (2022), indicam que certos materiais anteriormente considerados citotóxicos são seguros quando empregados na forma de nanopartículas, e o uso de metais em revestimentos confere propriedades antibacterianas desejadas. Além disso, estudos como o de Alahmad *et al.* (2022) destacam o uso de extratos de plantas na produção de nanopartículas metálicas, o que não apenas reduz a citotoxicidade, mas também favorece práticas ambientalmente sustentáveis e biodegradáveis. Diversos metais são explorados para atividade antibacteriana, incluindo ferro, prata, cobre e zinco (Bozkaya *et al.*, 2022; Cárdenas-Triviño *et al.*, 2022; Eghbalifam *et al.*, 2023; Hasanin *et al.*, 2023).

Uma função crucial das nanopartículas e nanoemulsões é o *drug delivery*. Diversos agentes ativos podem ser tóxicos se aplicados diretamente na pele; assim, encapsulá-los em nanopartículas torna sua aplicação mais segura e eficaz, melhorando a entrega do medicamento ao local desejado e reduzindo os efeitos adversos. Embora o *drug delivery* não seja um componente direto do processo de cicatrização de feridas, ele desempenha um papel valioso quando incorporado às nanopartículas. Um exemplo disso é apresentado no estudo de Béltran *et al.* (2022), que destaca o uso do Carvacrol, um composto do orégano que é eficaz na cicatrização de feridas, mas citotóxico. Sua formulação em nanopartículas com pectina permite o uso seguro no tecido. Além disso, o estudo de Amante *et al.* (2022), utiliza cúrcuma, uma substância hidrofóbica com atividade antibacteriana. Quando formulada em nanoemulsão, a cúrcuma tem sua absorção pelo tecido aumentada, otimizando sua eficácia.

A atividade anti-inflamatória desempenha um papel crucial no processo de cicatrização de feridas, sendo essencial para acelerar essa recuperação. De acordo com o estudo de Almaamuri *et al.* (2023), as nanopartículas de ferro não apenas exibem propriedades antibacterianas, mas também eficácia anti-inflamatória. Em outro estudo, Zhu *et al.* (2023) exploraram o uso de nanopartículas de cobre carregadas com Metformina para tratar a inflamação em úlceras diabéticas. Este estudo revela que a Metformina, tipicamente administrada por via oral, pode também ser aplicada topicamente se incorporada em nanopartículas. Desta forma, ela reduz a glicose no local da ferida, diminuindo a inflamação, ao mesmo tempo em que o cobre contribui com ação antibacteriana. Assim, uma única emulsão pode oferecer múltiplas funções, adaptando-se ao tratamento de diversos tipos de úlceras.

A angiogênese é um processo essencial na revascularização do tecido. Nesse contexto, o Resveratrol, encontrado no extrato de uva, conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes, quando encapsulado em uma nanoemulsão de metacrilato de gelatina e metacrilato de glicidil de fibroína de seda, juntamente com vesículas derivadas de plaquetas, ganhou novas funcionalidades, incluindo a promoção da angiogênese, conforme demonstrado por Zhu *et al.* (2022). Outra pesquisa que apresentou resultados relevantes na área de angiogênese envolve a descelularização de um tendão suíno com a adição de nanopartículas de poli dopamina e Asiaticosídeo, um composto extraído da *Centella asiatica*, uma planta usada há séculos na medicina chinesa. Esse estudo, realizado por Liu *et al.* (2023), demonstrou que o Asiaticosídeo exibe propriedades angiogênicas, anti-inflamatórias e antioxidantes, alcançando sua máxima eficácia quando formulado em nanopartículas.

No presente estudo, a ação hemostática também foi objeto de investigação. De acordo com Le *et al.* (2022), foi constatado que o hidrogel contendo nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) acelera a cicatrização de feridas, promovendo hemostasia, aumentando o tecido de granulação e elevando a densidade de colágeno. No entanto, o principal determinante para o resultado da cicatrização foi a alta capacidade de reepitelização da cobertura em um período de 10 dias. Paralelamente, a esponja de carboximetilquitosana com nanopartículas de sericina-prata e haloisita demonstrou rápida capacidade hemostática, sendo considerada para uso em feridas sangrantes e infectadas, conforme relatado por Li *et al.* (2023).

A produção e a deposição de colágeno, processo característico e importante da fase proliferativa da cicatrização, essencial para a formação de novo tecido no local da lesão, foi explorado em estudos que utilizaram ativos naturais. Em uma pesquisa, observou-se que, além das propriedades já conhecidas da cúrcuma, houve produção e deposição de colágeno em leitos de feridas em ratos quando nanoestruturado com ácido hialurônico e quercetina (Hussain *et al.*, 2022). Adicionalmente, estudos subsequentes mostraram que, além do papel da cúrcuma na produção de colágeno, a vitamina C também contribui para essa síntese e deposição, associada a um aumento na reepitelização na área tratada com a nova cobertura (Babaluei *et al.*, 2023). Outro composto investigado foi o própolis, utilizado em um estudo brasileiro como parte de uma cobertura, o qual demonstrou potencial para acelerar a migração celular e a cicatrização das feridas, embora sejam necessários mais estudos para confirmar esses resultados (Figueiredo *et al.*, 2022).

Um aspecto crucial a ser considerado em uma cobertura de qualidade é o efeito analgésico, fundamental para o conforto do paciente em feridas que podem causar considerável desconforto. Este efeito foi evidenciado pelo estudo de Bozkaya *et al.* (2022), que empregou extrato de *Centella asiatica sp.*, uma planta há muito utilizada na medicina tradicional asiática por suas propriedades analgésicas, combinada com nanopartículas de prata, conhecidas por sua atividade antibacteriana.

Um outro fator importante para a cicatrização é a capacidade da cobertura não ressecar com o tempo de aplicação e ao mesmo tempo tem a funcionalidade de absorver a umidade extra produzida pela ferida. Isso foi observado no estudo de Amante *et al.* (2023), em que nanopartículas de cúrcuma com micropartículas de arginina e pectina, além de ser antibacteriano, se mostrou eficiente no controle do exsudato e na capacidade de não ressecar.

## **5 CONCLUSÃO**

As feridas representam um grande problema de saúde pública, afetando a qualidade de vida de milhões de pessoas em todo o mundo. Os curativos convencionais, antes funcionais, acabam por se tornarem menos eficazes, demonstrando a necessidade de novas tecnologias no mercado para auxiliar no processo de cicatrização. O presente estudo apresentou uma revisão sobre as últimas publicações relacionadas ao uso da nanotecnologia no tratamento de feridas e foi possível identificar que os curativos contendo nanomateriais são bastante promissores e constituem uma possível opção terapêutica para otimizar o processo de cicatrização.

Apesar da abundância de estudos sobre inovações tecnológicas em tratamentos de feridas, especialmente os relacionados à nanotecnologia, é evidente que todos buscam alcançar um objetivo comum: aumentar a eficiência e a rapidez da cicatrização. Muitas substâncias já são comumente empregadas na prática clínica, mas se tornam verdadeiras inovações tecnológicas quando utilizadas de maneiras reposicionadas, adquirindo novas funcionalidades.

Desta forma, este estudo tem o intuito de enfatizar a necessidade de novas pesquisas na área, estimulando o interesse tanto de estudantes quanto de pesquisadores. Além disso, busca promover o investimento em tecnologias que não apenas diminuam os custos relacionados ao processo de cicatrização, mas também sejam ambientalmente responsáveis e biodegradáveis.

## REFERÊNCIAS

AKHMETKARIMOVA, Z. S. *et al.* Thiol-Ene Click Synthesis of Alginate Hydrogels Loaded with Silver Nanoparticles and Cefepime. **Eurasian Journal Of Chemistry**, [S.L.], v. 110, n. 2, p. 59-68, 30 jun. 2023. Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov. <http://dx.doi.org/10.31489/2959-0663/2-23-14>.

ALAHMAD, A. *et al.* Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Hypericum perforatum L. Aqueous Extract with the Evaluation of Its Antibacterial Activity against Clinical and Food Pathogens. **Pharmaceutics**, [S.L.], v. 14, n. 5, p. 1104, 21 maio 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/pharmaceutics14051104>.

ALGHUWAINEM, Y. A. A. *et al.* Synthesis and Characterization of Chitosan-Containing ZnS/ZrO<sub>2</sub>/Graphene Oxide Nanocomposites and Their Application in Wound Dressing. **Polymers**, [S.L.], v. 14, n. 23, p. 5195, 29 nov. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym14235195>.

ALMAAMURI, A. M. *et al.* The Wound Healing effect of the Green Synthesized Iron Oxide Nanoparticles: a study on mice. **Research Journal Of Pharmacy And Technology**, [S.L.], p.

1569-1573, 29 abr. 2023. A and V Publications.  
<http://dx.doi.org/10.52711/0974-360x.2023.00256>.

AL-SAMYDAI, A. *et al.* Preparation, Characterization, Wound Healing, and Cytotoxicity Assay of PEGylated Nanophytosomes Loaded with 6-Gingerol. **Nutrients**, [S.L.], v. 14, n. 23, p. 5170, 5 dez. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/nu14235170>.

ALVEN, S. *et al.* Carboxymethyl cellulose/poloxamer gels enriched with essential oil and Ag nanoparticles: promising wound dressings. **Therapeutic Delivery**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 139-156, fev. 2023. Future Science Ltd. <http://dx.doi.org/10.4155/tde-2022-0054>.

AMANTE, C. *et al.* Alginate-pectin microparticles loaded with nanoemulsions as nanocomposites for wound healing. **Drug Delivery And Translational Research**, [S.L.], v. 13, n. 5, p. 1343-1357, 13 dez. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13346-022-01257-9>.

AMORIM, J. D. P. de *et al.* Bacterial Cellulose as a Versatile Biomaterial for Wound Dressing Application. **Molecules**, [S.L.], v. 27, n. 17, p. 5580, 30 ago. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules27175580>.

BABALUEI, M. *et al.* Injectable multifunctional hydrogel based on carboxymethylcellulose/polyacrylamide/polydopamine containing vitamin C and curcumin promoted full-thickness burn regeneration. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 236, p. 124005, maio 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124005>.

BALCUCHO, J. *et al.* Microbially Synthesized Polymer-Metal Nanoparticles Composites as Promising Wound Dressings to Overcome Methicillin-Resistance Staphylococcus aureus **Infections. Polymers**, [S.L.], v. 15, n. 4, p. 920, 12 fev. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym15040920>.

BELTRÁN, O. *et al.* Optimization of Carvacrol Nanoemulsion for the Incorporation in Pectin Membranes: influence on their load capacity, microstructure and antibacterial properties. **Materials Research**, [S.L.], v. 25, n. 20210534, p. 1-9, mar. 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2021-0534>.

BLANCO-FERNANDEZ, B. *et al.* Nanotechnology Approaches in Chronic Wound Healing. **Advances In Wound Care**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 234-256, abr. 2021. <http://dx.doi.org/10.1089/wound.2019.1094>.

BOZKAYA, O. *et al.* Investigation of the in vitro antibacterial, cytotoxic and in vivo analgesic effects of silver nanoparticles coated with Centella asiatica plant extract. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, [S.L.], v. 70, n. 1, p. 87-96, 30 dez. 2022. Veterinary Journal of Ankara University. <http://dx.doi.org/10.33988/aufvd.1014802>.

CAI, K. *et al.* Essential Oil Nanoemulsion Hydrogel with Anti-Biofilm Activity for the Treatment of Infected Wounds. **Polymers**, [S.L.], v. 15, n. 6, p. 1376, 9 mar. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym15061376>.

CAO, S. *et al.* Shape memory and antibacterial chitosan-based cryogel with hemostasis and skin wound repair. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 305, p. 120545, abr. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.120545>.

CHEN, L. *et al.* Injectable Zn<sup>2+</sup> and Paeoniflorin Release Hydrogel for Promoting Wound Healing. **ACS Applied Bio Materials**, [S.L.], v. 6, n. 6, p. 2184-2195, 8 maio 2023. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acsabm.3c00059>.

CHIANGNOON, R. *et al.* Antibacterial Hydrogel Sheet Dressings Composed of Poly(vinyl alcohol) and Silver Nanoparticles by Electron Beam Irradiation. **Gels**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 80, 18 jan. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/gels9020080>.

CHIRCOV, C. *et al.* Chitosan-Dextran-Glycerol Hydrogels Loaded with Iron Oxide Nanoparticles for Wound Dressing Applications. **Pharmaceutics**, [S.L.], v. 14, n. 12, p. 2620, 28 nov. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/pharmaceutics14122620>.

CÁRDENAS-TRIVIÑO, G. *et al.* Synthesis and wound healing properties of Polyvinyl Alcohol films doped with metal nanoparticles of Cu and Ag. **Journal Of The Chilean Chemical Society**, [S.L.], v. 67, n. 4, p. 5667-5673, nov. 2022. SciELO Agência Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-97072022000405667>.

DANTAS, Hallana Laisa de Lima *et al.* Como elaborar uma revisão integrativa: sistematização do método científico. **Revista Recien - Revista Científica de Enfermagem**, [S.L.], v. 12, n. 37, p. 334-345, 13 mar. 2022. Revista Recien - Revista Científica de Enfermagem. <http://dx.doi.org/10.24276/rrecien2022.12.37.334-345>.

DEGHANI, P. *et al.* Acceleration of Wound Healing in Rats by Modified Lignocellulose Based Sponge Containing Pentoxifylline Loaded Lecithin/Chitosan Nanoparticles. **Gels**, [S.L.], v. 8, n. 10, p. 658, 15 out. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/gels8100658>.

DIKMEN, B. T.; BAĞRIAÇIK, E.; VAN GIERSBERGEN, M. Y. Conhecimento e conscientização de estudantes de enfermagem sobre o uso da nanotecnologia na área da saúde. **Acta Paulista de Enfermagem**, São Paulo, v. 35, p. 1-7, abr. 2022. <http://dx.doi.org/10.37689/acta-ape/2022AO01287>.

DU, B. *et al.* Fabrication of uniform lignin nanoparticles with tunable size for potential wound healing application. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 214, p. 170-180, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.066>.

DU, Ting *et al.* NIR-activated multi-hit therapeutic Ag<sub>2</sub>S quantum dot-based hydrogel for healing of bacteria-infected wounds. **Acta Biomaterialia**, [S.L.], v. 145, p. 88-105, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2022.04.013>.

EGHBALIFAM, Naeimeh *et al.* Role of bioactive magnetic nanoparticles in the prevention of wound pathogenic biofilm formation using smart nanocomposites. **Journal Of Nanobiotechnology**, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 1-21, 21 mai. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12951-023-01905-3>

EL-EZZ, D. A. *et al.* Enhanced In Vivo Wound Healing Efficacy of a Novel Hydrogel Loaded with Copper (II) Schiff Base Quinoline Complex (CuSQ) Solid Lipid Nanoparticles.

**Pharmaceuticals**, [S.L.], v. 15, n. 8, p. 978, 8 ago. 2022. MDPI AG.  
<http://dx.doi.org/10.3390/ph15080978>.

ELSTON, D. M. *et al.* Mendeley. **Journal Of The American Academy Of Dermatology**, [S.L.], v. 81, n. 5, p. 1-1, nov. 2019. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaad.2019.06.1291>.

FRANCISCO, P. *et al.* Pluronic® F127 Hydrogel Containing Silver Nanoparticles in Skin Burn Regeneration: an experimental approach from fundamental to translational research. **Gels**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 200, 6 mar. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/gels9030200>.

FIGUEIREDO, A. C. de *et al.* Nanostructured Electrospun Polycaprolactone—Propolis Mats Composed of Different Morphologies for Potential Use in Wound Healing. **Molecules**, [S.L.], v. 27, n. 16, p. 5351, 22 ago. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules27165351>.

GUL, H. *et al.* The Therapeutic Application of Tamarix aphylla Extract Loaded Nanoemulsion Cream for Acid-Burn Wound Healing and Skin Regeneration. **Medicina**, [S.L.], v. 59, n. 1, p. 34, 23 dez. 2022. MDPI AG.  
<http://dx.doi.org/10.3390/medicina59010034>.

GUPTA, B. *et al.* Self-Gelling Solid Lipid Nanoparticle Hydrogel Containing Simvastatin as Suitable Wound Dressing: an investigative study. **Gels**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 58, 13 jan. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/gels8010058>.

HASANIN, M. *et al.* Novel design of bandages using cotton pads, doped with chitosan, glycogen and ZnO nanoparticles, having enhanced antimicrobial and wounds healing effects. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 197, p. 121-130, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.12.106>.

HASHEM, A. H. *et al.* Synthesis of Chitosan-Based Gold Nanoparticles: antimicrobial and wound-healing activities. **Polymers**, [S.L.], v. 14, n. 11, p. 2293, 5 jun. 2022. MDPI AG.  
<http://dx.doi.org/10.3390/polym14112293>.

HUANG, Y. *et al.* Biodegradable gelatin/silver nanoparticle composite cryogel with excellent antibacterial and antibiofilm activity and hemostasis for Pseudomonas aeruginosa-infected burn wound healing. **Journal Of Colloid And Interface Science**, [S.L.], v. 608, p. 2278-2289, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2021.10.131>.

HUSSAIN, Z. *et al.* Hyaluronic acid functionalization improves dermal targeting of polymeric nanoparticles for management of burn wounds: in vitro, ex vivo and in vivo evaluations. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, [S.L.], v. 150, p. 112992, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopha.2022.112992>.

INDRAKUMAR, J. *et al.* Applications of molybdenum oxide nanoparticles impregnated collagen scaffolds in wound therapeutics. **Journal Of Trace Elements In Medicine And Biology**, [S.L.], v. 72, p. 126983, jul. 2022. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2022.126983>.

JING, Y. *et al.* Regenerated silk fibroin and alginate composite hydrogel dressings loaded with curcumin nanoparticles for bacterial-infected wound closure. **Biomaterials Advances**,

[S.L.], v. 149, p. 213405, jun. 2023. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.bioadv.2023.213405>.

KALIAPERUMAL, K. *et al.* Antibacterial wound dressing with hydrogel from chitosan and polyvinyl alcohol from the red cabbage extract loaded with silver nanoparticles. **Green Processing And Synthesis**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 1-8, 1 jan. 2023. Walter de Gruyter GmbH.  
<http://dx.doi.org/10.1515/gps-2023-0035>.

KONG, C. *et al.* Riclin-Capped Silver Nanoparticles as an Antibacterial and Anti-Inflammatory Wound Dressing. **International Journal Of Nanomedicine**, [S.L.], v. 17, p. 2629-2641, jun. 2022. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.2147/ijn.s366899>.

LE, V. A. T. *et al.* Evaluation of the Performance of a ZnO-Nanoparticle-Coated Hydrocolloid Patch in Wound Healing. **Polymers**, [S.L.], v. 14, n. 5, p. 919, 25 fev. 2022. MDPI AG.  
<http://dx.doi.org/10.3390/polym14050919>.

LI, S. *et al.* Multi-functional carboxymethyl chitosan/sericin protein/halloysite composite sponge with efficient antibacterial and hemostatic properties for accelerating wound healing. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 234, p. 123357, abr. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123357>.

LI, Z. *et al.* Silk fibroin–gelatin photo-crosslinked 3D-bioprinted hydrogel with MOF-methylene blue nanoparticles for infected wound healing. **International Journal Of Bioprinting**, [S.L.], v. 9, n. 5, p. 773, 13 jun. 2023. AccScience Publishing.  
<http://dx.doi.org/10.18063/ijb.773>.

LIANG, Z. *et al.* Targeting therapy effects of composite hyaluronic acid/chitosan nanosystems containing inclusion complexes. **Drug Delivery**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 2734-2741, 18 ago. 2022. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10717544.2022.2112995>.

LIU, Q. *et al.* Mesoporous silica-coated silver nanoparticles as ciprofloxacin/siRNA carriers for accelerated infected wound healing. **Journal Of Nanobiotechnology**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 1-16, 23 ago. 2022. Springer Science and Business Media LLC.  
<http://dx.doi.org/10.1186/s12951-022-01600-9>.

LIU, S. *et al.* Bioactive wound dressing based on decellularized tendon and GelMA with incorporation of PDA-loaded asiaticoside nanoparticles for scarless wound healing. **Chemical Engineering Journal**, [S.L.], v. 466, p. 143016, jun. 2023. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2023.143016>.

LIU, Y. *et al.* Ultrasmall Fe-doped carbon dots nanozymes for photoenhanced antibacterial therapy and wound healing. **Bioactive Materials**, [S.L.], v. 12, p. 246-256, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.10.023>.

MARIN, M. M. *et al.* Novel Nanocomposite Hydrogels Based on Crosslinked Microbial Polysaccharide as Potential Bioactive Wound Dressings. **Materials**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 982, 20 jan. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ma16030982>.

MASSIRONI, A. *et al.* Development and Characterization of Highly Stable Silver NanoParticles as Novel Potential Antimicrobial Agents for Wound Healing Hydrogels.



**International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 2161, 15 fev. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms23042161>.

MIRJALILI, F. *et al.* Controlled release of protein from gelatin/chitosan hydrogel containing platelet-rich fibrin encapsulated in chitosan nanoparticles for accelerated wound healing in an animal model. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 225, p. 588-604, jan. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.11.117>.

MOHSEN, A. M. *et al.* Thymol-Loaded Eudragit RS30D Cationic Nanoparticles-Based Hydrogels for Topical Application in Wounds: in vitro and in vivo evaluation. **Pharmaceutics**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 19, 21 dez. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/pharmaceutics15010019>.

MOURA, F. B.R. de *et al.* TiO<sub>2</sub> Nanocrystals and Annona crassiflora Polyphenols Used Alone or Mixed Impact Differently on Wound Repair. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S.L.], v. 94, n. 2, p. 1-17, 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-376520220210230>

NAWAZ, T. *et al.* Polycaprolactone based pharmaceutical nanoemulsion loaded with acriflavine: optimization and in vivo burn wound healing activity. **Drug Delivery**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 3233-3244, 26 out. 2022. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10717544.2022.2136783>.

NEZHAD-MOKHTARI, P. *et al.* Matricaria chamomilla essential oil-loaded hybrid electrospun nanofibers based on polycaprolactone/sulfonated chitosan/ZIF-8 nanoparticles for wound healing acceleration. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 247, p. 125718, ago. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125718>.

NGUYEN, T. T. T. *et al.* Passion fruit peel pectin/chitosan based antibacterial films incorporated with biosynthesized silver nanoparticles for wound healing application. **Alexandria Engineering Journal**, [S.L.], v. 69, p. 419-430, abr. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2023.01.066>.

NNAMANI, P. *et al.* Gentamicin nanogel films based on Carrageenan-Prosopis africana for improved wound healing. **Precision Nanomedicine**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 1-18, 29 abr. 2022. Andover House Inc. <http://dx.doi.org/10.33218/001c.35438>.

OLIVEIRA, A. C. de *et al.* Qualidade de vida de pessoas com feridas crônicas. **Acta Paulista de Enfermagem**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 194-201, mar. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0194201900027>.

OUZZANI, M. *et al.* Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 1-10, dez. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Bmj**, [S.L.], v. 71, n. 372, p. 1-9, 29 mar. 2021. BMJ. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n71>.

RATHER, M. *et al.* Ecofriendly phytofabrication of silver nanoparticles using aqueous extract of *Cuphea carthagenensis* and their antioxidant potential and antibacterial activity against clinically important human pathogens. **Chemosphere**, [S.L.], v. 300, p. 134497, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134497>.

RECZYŃSKA-KOLMAN, K. *et al.* Composites Based on Gellan Gum, Alginate and Nisin-Enriched Lipid Nanoparticles for the Treatment of Infected Wounds. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 321, 28 dez. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms23010321>.

REDDY, D. N. K. *et al.* Synthesis and Characterization of Curcumin Incorporated Multi Component Nano-Scaffold with Enhanced Anti-bacterial and Wound Healing Properties. **Current Drug Delivery**, [S.L.], v. 20, n. 4, p. 400-413, maio 2023. Bentham Science Publishers Ltd.. <http://dx.doi.org/10.2174/1567201819666220414092342>.

RIZG, W. Y. *et al.* Tailoring of Geranium Oil-Based Nanoemulsion Loaded with Pravastatin as a Nanoplatform for Wound Healing. **Polymers**, [S.L.], v. 14, n. 9, p. 1912, 7 maio 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym14091912>.

RUAN, Q. *et al.* Development of ZnO/selenium nanoparticles embedded chitosan-based anti-bacterial wound dressing for potential healing ability and nursing care after paediatric fracture surgery. **International Wound Journal**, [S.L.], v. 20, n. 6, p. 1819-1831, 29 mar. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/iwj.13947>.

RUAN, Z. *et al.* Gold nanoclusters-loaded hydrogel formed by dimeric hydrogen bonds crosslinking: a novel strategy for multidrug-resistant bacteria-infected wound healing. **Materials Today Bio**, [S.L.], v. 16, p. 100426, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mtbio.2022.100426>.

SAJJAD, A. *et al.* Wheat gluten hydrolysates with embedded Ag-nanoparticles; a structure-function assessment for potential applications as wound sorbents with antimicrobial properties. **Polymer Testing**, [S.L.], v. 118, p. 107896, jan. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymeresting.2022.107896>.

SHEHABELDINE, A. M. *et al.* Multifunctional Silver Nanoparticles Based on Chitosan: antibacterial, antibiofilm, antifungal, antioxidant, and wound-healing activities. **Journal Of Fungi**, [S.L.], v. 8, n. 6, p. 612, 8 jun. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/jof8060612>.

SILVA, Á. L. D. de A. *et al.* Predictive factors for worsening chronic wounds. **Rev Rene**, [S.L.], v. 21, p. 1-8, 17 jul. 2020. Rev Rene - Revista da Rede de Enfermagem de Nordeste. <http://dx.doi.org/10.15253/2175-6783.20202143615>.

SILVA, M. M. P. *et al.* Utilização de nanopartículas no tratamento de feridas: revisão sistemática. **Revista da Escola de Enfermagem da Usp**, [S.L.], v. 51, p. 1-10, jan. 2018. <https://doi.org/10.1590/S1980-220X2016043503272>.

SILVA, P. C. da *et al.* A atuação do enfermeiro no tratamento de feridas / The nurse's performance in the treatment of wounds. **Brazilian Journal Of Health Review**, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 4815-4822, 2021. <http://dx.doi.org/10.34119/bjhrv4n2-066>.

SINGH, K. *et al.* Evaluation of biogenic nanosilver-acticoat for wound healing: a tri-modal in silico, in vitro and in vivo study. **Colloids And Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, [S.L.], v. 670, p. 131575, ago. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.131575>.

SIVAPERUMAL, P. *et al.* Fabrication of AgNPs mediated fibrous membrane from *Rhizophora mucronata* mangrove plant extract for biological properties. **Journal Of Drug Delivery Science And Technology**, [S.L.], v. 86, p. 104710, set. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jddst.2023.104710>.

SOLIMAN, W. E. *et al.* Evaluating Antimicrobial Activity and Wound Healing Effect of Rod-Shaped Nanoparticles. **Polymers**, [S.L.], v. 14, n. 13, p. 2637, 28 jun. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym14132637>.

SPIRA, J. A. O. *et al.* Estimated costs in treating sickle cell disease leg ulcer. **Revista da Escola de Enfermagem da Usp**, [S.L.], v. 54, p. 1-8, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1980-220x2018053603582>.

SULASTRI, E. *et al.* Ulvan/Silver nanoparticle hydrogel films for burn wound dressing. **Heliyon**, [S.L.], v. 9, n. 7, p. 18044, jul. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18044>.

SUN, H. *et al.* Zinc alginate hydrogels with embedded RL-QN15 peptide-loaded hollow polydopamine nanoparticles for diabetic wound healing therapy. **Materials & Design**, [S.L.], v. 222, p. 111085, out. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2022.111085>.

SUVANDEE, W. *et al.* One-Pot and Green Preparation of *Phyllanthus emblica* Extract/Silver Nanoparticles/Polyvinylpyrrolidone Spray-On Dressing. **Polymers**, [S.L.], v. 14, n. 11, p. 2205, 29 maio 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym14112205>.

TANG, T. *et al.* Fabrication of silver nanoparticle-containing electrospun polycaprolactone membrane coated with chitosan oligosaccharides for skin wound care. **Journal Of Science: Advanced Materials and Devices**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 100582, set. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsamd.2023.100582>.

TAWRE, M. S. *et al.* Synergistic and antibiofilm potential of *Curcuma aromatica* derived silver nanoparticles in combination with antibiotics against multidrug-resistant pathogens. **Frontiers In Chemistry**, [S.L.], v. 10, p. 1-17, 9 nov. 2022. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fchem.2022.1029056>.

WALI, N. *et al.* Synergistic efficacy of colistin and silver nanoparticles impregnated human amniotic membrane in a burn wound infected rat model. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 1-12, 19 abr. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-10314-9>.

WANG, Y. *et al.* A nanoconcrete welding strategy for constructing high-performance wound dressing. **Bioactive Materials**, [S.L.], v. 14, p. 31-41, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.12.014>.

XIA, X. *et al.* Antibacterial and anti-inflammatory ZIF-8@Rutin nanocomposite as an efficient agent for accelerating infected wound healing. **Frontiers In Bioengineering And Biotechnology**, [S.L.], v. 10, p. 1, 5 out. 2022. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fbioe.2022.1026743>.

XU, J. *et al.* Mild Heat-Assisted Polydopamine/Alginate Hydrogel Containing Low-Dose Nanoselenium for Facilitating Infected Wound Healing. **Acs Applied Materials & Interfaces**, [S.L.], v. 15, n. 6, p. 7841-7854, 31 jan. 2023. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acscami.2c21516>.

XU, N. *et al.* Multifunctional chitosan/gelatin@tannic acid cryogels decorated with silver nanoparticles for wound healing. **Burns & Trauma**, [S.L.], v. 10, p. 1-15, 1 jan. 2022. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/burnst/tkac019>.

YANG, K. *et al.* Ultrastretchable, Self-Healable, and Tissue-Adhesive Hydrogel Dressings Involving Nanoscale Tannic Acid/Ferric Ion Complexes for Combating Bacterial Infection and Promoting Wound Healing. **Acs Applied Materials & Interfaces**, [S.L.], v. 14, n. 38, p. 43010-43025, 15 set. 2022. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acscami.2c13283>.

YANG, X. *et al.* Hyaluronic acid-based injectable nanocomposite hydrogels with photo-thermal antibacterial properties for infected chronic diabetic wound healing. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 242, p. 124872, jul. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124872>.

YANG, X. *et al.* Fumaria officinalis-loaded chitosan nanoparticles dispersed in an alginate hydrogel promote diabetic wounds healing by upregulating VEGF, TGF- $\beta$ , and b-FGF genes: a preclinical investigation. **Heliyon**, [S.L.], v. 9, n. 7, p. 1-14, jul. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17704>.

ZHANG, H. *et al.* Interfacial assembly of chitin/Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> composite hydrogels as photothermal antibacterial platform for infected wound healing. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 243, p. 124362, jul. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124362>.

ZHOU, R. *et al.* A cross-linked hydrogel of bismuth sulfide nanoparticles with excellent photothermal antibacterial and mechanical properties to combat bacterial infection and prompt wound healing. **Colloids And Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, [S.L.], v. 660, p. 130832, mar. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2022.130832>.

ZHU, S. *et al.* Microenvironment responsive nanocomposite hydrogel with NIR photothermal therapy, vascularization and anti-inflammation for diabetic infected wound healing. **Bioactive Materials**, [S.L.], v. 26, p. 306-320, ago. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bioactmat.2023.03.005>.

ZHU, W. *et al.* A composite hydrogel containing resveratrol-laden nanoparticles and platelet-derived extracellular vesicles promotes wound healing in diabetic mice. **Acta Biomaterialia**, [S.L.], v. 154, p. 212-230, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actbio.2022.10.038>.

ZHU, Y. *et al.* In situ self-assembly of polydopamine inside injectable hydrogels: antibacterial activity and photothermal therapy for superbug-infected wound healing. **Biomaterials Science**, [S.L.], v. 10, n. 15, p. 4126-4139, 2022. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/d2bm00310d>.