



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE BIOMEDICINA



ISABELLY AIDA FOLADOR SANTOS

**Biomateriais poliméricos: curativos de hidrogéis e hidrocolóides na
cicatrização de lesões cutâneas de diferentes origens: Um estudo de
revisão**

GOIÂNIA
2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): Isabelly Aida Folador Santos

Título do trabalho: "Biomateriais poliméricos: curativos de hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de lesões cutâneas de diferentes origens: um estudo de revisão"

2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Artur Christian Garcia Da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 02/12/2025, às 11:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Isabelly Aida Folador Santos, Discente**, em 03/12/2025, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5821548** e o código CRC **AA42DBFB**.

ISABELLY AIDA FOLADOR SANTOS

Biomateriais poliméricos: curativos de hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de lesões cutâneas de diferentes origens: Um estudo de revisão

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Biomedicina do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel (a) em Biomedicina.

Orientador: Prof. Dr. Artur Christian
Garcia da Silva

Co-orientadora: Dra. Luiza Gabriella
Ferreira de Paula

GOIÂNIA
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Santos, Isabelly Aida Folador

Biomateriais polímeros: curativos de hidrogel e hidrocolóides na cicatrização de lesões cutâneas de diferentes origens: um estudo de revisão [manuscrito] / Isabelly Aida Folador Santos, Artur Christian Garcia Da Silva, Luiza Gabriella Ferreira De Paula. - 2025.
88 f.: il.

Orientador: Prof. Artur Christian Garcia Da Silva ; co-orientador Luiza Gabriella Ferreira De Paula.

Trabalho Final de Curso (Especialização) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Biomedicina, Goiânia, 2025.

Bibliografia.

Inclui gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Biomateriais poliméricos. 2. hidrogéis. 3. curativos avançados. 4. cicatrização cutânea. 5. hidrocolóides. I. Silva, Artur Christian Garcia Da. II. Paula, Luiza Gabriella Ferreira De. III. Silva, Artur Christian Garcia Da, orient. IV. Paula, Luiza Gabriella Ferreira De, co-orient. V. Título.

CDU 62:61



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos vinte e oito dias do mês de novembro de dois mil e vinte e cinco iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Biomateriais poliméricos: curativos de hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de lesões cutâneas de diferentes origens: um estudo de revisão” de autoria de Isabelly Aida Folador Santos, do curso de Biomedicina, do Instituto de Ciências Biológicas da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo(a) Dr. Artur Christian Garcia Da Silva - Faculdade de Farmácia/UFG com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Rafaela Campos De Menezes - Faculdade de Farmácia/UFG e Dra. Rosália Santos Amorim Jesuíno - Instituto de Ciências Biológicas/UFG. Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(a) estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de 10, tendo sido o TCC considerado aprovado.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Artur Christian Garcia Da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 28/11/2025, às 11:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rosalia Santos Amorim Jesuino, Professor do Magistério Superior**, em 01/12/2025, às 11:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafaela Campos De Menezes, Discente**, em 04/12/2025, às 09:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5814846** e o código CRC **EE027BAD**.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e a Nossa Senhora, por me guiar até este momento, por guiar meus caminhos e me dar forças para superar cada desafio desta jornada de 4 anos. Agradeço, de coração, às minhas amigas Isabelle, Luana, Júlia e Bárbara. Obrigada por todas as manhãs e tardes compartilhadas, por todos os almoços no RU, pelos cochilos no chão do I.Q. ou na biblioteca, e por cada momento de estudo, aulas, provas e seminários. A faculdade foi mais leve, feliz e significativa porque teve vocês. Sem vocês, esta conquista não seria possível, literalmente, pois até as datas de marcação de defesa do TCC foram vocês que me lembraram.

À minha família, meu eterno agradecimento: à minha mãe, exemplo de força e perseverança, nunca me deixou desistir; ao meu pai, que sempre me disse palavras de incentivo, esteve orgulhoso de cada conquista e me mostrou todos os lugares onde eu poderia chegar; ao meu avô, que desde o primeiro dia me deu base, incentivo e condições para seguir na faculdade, meu profundo reconhecimento.

O agradecimento mais especial desta dedicatória vai para minha avó Márcia que além de avó, foi mãe e amiga, mas não está mais neste plano. Márcia, você foi a primeira pessoa que soube quando eu entrei na UFG e tenho certeza de que está orgulhosa da minha jornada neste momento. Você me deu garra e fé para iniciar esse ciclo e me dá agora forças para finalizar.

Ao meu namorado, Rhenan, agradeço por me ouvir com paciência e carinho, me ligar todos os dias para escutar meus medos e alegrias, por estar presente nos dias mais desafiadores e felizes da minha graduação, obrigada por acreditar sempre em mim.

Aos professores que marcaram minha trajetória, deixo meu reconhecimento especial ao professor Renan, Sérgio, Artur e Rosália que sempre estiveram disponíveis para me orientar como pessoas e profissionais e tornaram o aprendizado mais leve e valioso.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui, deixo meu sincero e profundo agradecimento. Cada gesto, cada palavra e cada apoio fizeram a diferença nesta conquista.

RESUMO

Os hidrogéis e hidrocolóides constituem uma classe amplamente estudada dentro da ciência dos biomateriais, devido às suas propriedades particulares. Ambos, quando aplicados à cicatrização de lesões, promovem a manutenção de um ambiente úmido e otimizam a cascata de cicatrização. Os hidrogéis com sua rede tridimensional permitem a incorporação e liberação de bioativos na ferida devido à sua estrutura única e particular. Já os hidrocolóides são formados por carboximetilcelulose, pectina, gelatina e alginato, que formam uma rede coloidal e atuam principalmente como barreira protetora e curativo absorvente.

A cicatrização cutânea é um processo dinâmico que envolve fases de inflamação, proliferação e remodelamento para reparar o tecido danificado. Este processo pode ser influenciado por alguns fatores, incluindo a escolha do curativo. Os curativos estudados atuam em cada fase desse processo, mantendo o ambiente úmido, acelerando a reepitelização e servindo como barreira contra infecções. De forma geral, os curativos que promovem a cura úmida são considerados padrão-ouro na prática clínica; entretanto, eles não são indicados para todas as lesões, sendo mais apropriados para feridas pouco exudativas, como as analisadas neste estudo.

O presente trabalho teve como objetivo revisar a literatura científica acerca da utilização de hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de lesões cutâneas de diferentes origens. Para isso, realizou-se uma revisão baseada em 108 artigos recuperados nas bases de dados PubMed e Scopus, publicados nos últimos cinco anos. Os artigos incluídos abordam, de forma geral, lesões cutâneas provocadas em ensaios pré-clínicos, lesões de queimadura, feridas pós-cirúrgicas, ulcerativas, lesões de acne e outros tipos. As evidências apontam que os hidrogéis e hidrocolóides demonstraram eficácia no processo cicatricial, reduzindo o tempo de cicatrização, controlando a inflamação e melhorando a qualidade da cicatriz ou da pele regenerada. Dessa forma, os hidrogéis e hidrocolóides se estabelecem como opções de curativos seguros, eficazes e com alto potencial para aplicação clínica e terapêutica na cicatrização de feridas.

Palavras-chave: Hidrogel; Hidrocolóide; Cicatrização cutânea; Biomateriais poliméricos; Curativos avançados.

ABSTRACT

Hydrogels and hydrocolloids represent a class widely studied within biomaterials science due to their particular properties. Both, when applied to wound healing, promote the maintenance of a moist environment and optimize the healing cascade. Hydrogels, with their three-dimensional network, allow the incorporation and release of bioactive substances into the wound due to their unique structure. Hydrocolloids, on the other hand, are made from carboxymethylcellulose, pectin, gelatin, and alginate, which form a colloidal network and mainly act as a protective barrier and absorbent dressing.

Skin healing is a dynamic process that involves inflammation, proliferation, and remodeling phases to repair damaged tissue. This process can be influenced by several factors, including the choice of dressing. The studied dressings work in each phase of this process, maintaining a moist environment, accelerating reepithelialization, and serving as a barrier against infections. In general, dressings that promote moist healing are considered the gold standard in clinical practice; however, they are not recommended for all wounds and are more suitable for low-exudate wounds, such as those analyzed in this study. This study aimed to review the scientific literature on the use of hydrogels and hydrocolloids in the healing of skin wounds from different origins. A review was conducted based on 108 articles retrieved from the PubMed and Scopus databases, published in the last five years. The included articles generally address skin lesions caused in preclinical trials, burn injuries, postoperative wounds, ulcerative wounds, acne lesions, and others. The evidence indicates that hydrogels and hydrocolloids have demonstrated efficacy in the healing process, reducing healing time, controlling inflammation, and improving the quality of scars or regenerated skin. Thus, hydrogels and hydrocolloids are established as safe, effective options with high potential for clinical and therapeutic application in wound healing.

Keywords: Hydrogel; Hydrocolloid; Skin healing; Polymeric biomaterials; Advanced dressings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Linha do tempo da geração de biomateriais.....	14
Figura 2- Esquema estrutural dos hidrogéis	15
Figura 3- Representação esquemática de um hidrogel inteligente em seus estados compactado e expandido após responder a um estímulo externo.....	18
Figura 4- Representação esquemática da estrutura e atuação dos curativos hidrocolóides	22
Figura 5- Representação da estrutura da pele e seus anexos	25
Figura 6- Esquema ilustrativo do processo de cicatrização	27
Figura 7- Representação esquemática da angiogênese	29
Figura 8- Fluxograma da pré-seleção dos artigos	34
Figura 9- Gráfico percentual dos subtópicos encontrados	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Quadro representativo das vantagens e desvantagens da utilização de polímeros naturais <i>versus</i> sintéticos.....	19
Quadro 2- Quadro comparativo das semelhanças e diferenças entre hidrogéis e curativos hidrocolóides em diversos aspectos.....	23
Quadro 3- Catalogação dos artigos encontrados no tópico de estudos pré-clínicos	38
Quadro 4- Catalogação dos estudos encontrados no tópico de lesões ulcerativas	52
Quadro 5- Catalogação dos estudos encontrados no tópico de queimaduras	58
Quadro 6- Catalogação dos estudos encontrados no tópico de lesões pós incisões cirúrgicas.....	64
Quadro 7- Catalogação dos artigos encontrados no tópico lesões de acne.....	68
Quadro 8- Catalogação dos artigos encontrados em outros tipos de lesões	71
Quadro 9- Quadro comparativo com a visão geral de bases de hidrogel mais utilizadas	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Introdução geral.....	11
1.2 Biomateriais poliméricos	12
1.3 Hidrogéis	15
1.3.1 Definição e visão geral	15
1.3.2 Classificação	18
1.4 Hidrocolóides.....	21
1.5 Pele.....	24
1.6 Cicatrização cutânea	25
2 JUSTIFICATIVA	30
3 OBJETIVOS	32
2.1 Objetivos gerais	32
2.2 Objetivos específicos	32
4 METODOLOGIA	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização em estudos pré-clínicos	35
5.2 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização em lesões ulcerativas	49
5.3 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização em lesões de queimadura	56
5.4 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização em lesões de incisão pós cirúrgica	62
5.5 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização em lesões de acne e pós acne	66
5.7 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização em outras lesões cutâneas	69
5.8 Visão geral das bases de curativos analisadas	72
6 CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS.....	76

1. INTRODUÇÃO

1.1 Introdução geral

De acordo com Junqueira e Carneiro (2021) a pele é o maior órgão do corpo humano e funciona como nossa principal barreira contra o ambiente externo. Ela protege, regula temperatura, impede a entrada de microrganismos e mantém a homeostase. Quando essa estrutura é rompida por lesões advindas de traumas, queimaduras, infecções ou cirurgias, inicia-se um processo de reparo tecidual que ocorrer de forma eficiente para restaurar suas funções essenciais.

A cicatrização cutânea é um processo que envolve hemostasia, inflamação, proliferação e remodelação. Cada fase depende de condições específicas para avançar, como boa vascularização, controle da inflamação, ausência de infecção e um microambiente adequado. Quando esses fatores são comprometidos, o processo cicatricial pode se tornar desafiador, sujeito a complicações, como infecções, fibrose ou formação de cicatrizes não estéticas (Robbins e Cotran, 2021)

O avanço da ciência dos biomateriais trouxe alternativas que conseguem interagir diretamente com o tecido, modulando essas etapas de forma mais favorável. Entre essas tecnologias, os biomateriais poliméricos, em especial os hidrogéis e curativos hidrocolóides, têm ganhado espaço por suas propriedades estruturais, químicas e biológicas únicas que estão em concordância com as necessidades fisiológicas da pele em reparação (Pires *et al.*, 2015; Baskaran *et al.*, 2024; Ansari *et al.*, 2024)

Os hidrogéis são redes tridimensionais de polímeros hidrofílicos capazes de absorver grandes quantidades de água, mantendo um ambiente úmido e estável. Por apresentarem características semelhantes à matriz extracelular, funcionam como suportes temporários que facilitam a migração celular, a angiogênese e a formação de novo tecido. Podem ser produzidos a partir de polímeros naturais, como colágeno, quitosana, alginato e ácido hialurônico, ou sintéticos, como álcool polivinílico (PVA) e polietilenoglicol (PEG), além de possibilitar a incorporação de fármacos, nanopartículas e fatores de crescimento (Karnaki *et al.*, 2024). Essa versatilidade permite que atuem de maneira personalizada em cada etapa da cicatrização, seja modulando inflamação, combatendo microrganismos ou estimulando a proliferação celular. Por isso, hidrogéis têm sido amplamente estudados em modelos pré-clínicos e clínicos, demonstrando resultados promissores na reparação de feridas de diversas origens. (Arabpour *et al.*, 2024)

Os hidrocolóides, por outro lado, operam a partir da interação com o exsudato da ferida. Compostos por polímeros como carboximetilcelulose, gelatina e pectina, formam um gel protetor que mantém a umidade e favorece o debridamento autolítico. Esse tipo de curativo também atua

como barreira contra microrganismos e reduz o desconforto durante o tratamento, sendo aplicado principalmente em feridas de baixa a moderada exsudação.

(Nguyen *et al.*, 2025)

A mudança de paradigma no modelo tradicional de cura seca para a cura úmida mostrou que feridas fechadas em ambiente úmido cicatrizam mais rápido, com menos dor, menor inflamação e com melhor qualidade estética e funcional. Nesse cenário, hidrogéis e hidrocolóides surgem como protagonistas, pois conseguem reproduzir esse microambiente ideal de forma eficaz e segura e avançar o processo de cicatrização. (Ho *et al.*, 2025)

1.2 Biomateriais poliméricos

Biomateriais são dispositivos que interagem com sistemas biológicos para aplicações terapêuticas, diagnósticas, cirúrgicas e outras, suas propriedades estruturais e mecânicas é o que os torna únicos, são biocompatíveis, biodegradáveis, bioativos e capazes de mimetizar tecidos, promovendo respostas biológicas adequadas do organismo. (Pires *et al.*, 2015); (Baskaran *et al.*, 2024).

Historicamente, biomateriais já eram utilizados no Egito antigo, a exemplo dos fios de sutura, posteriormente foram utilizados por maias e franceses para criação de dentes artificiais. Hoje, os biomateriais são modernos, biomiméticos, interagem com células e tecidos para estimular processos biológicos específicos, não apenas os substituindo (Pires *et al.* 2015; Baskaran *et al.*, 2024).

Quanto a origem, os biomateriais podem ser classificados em metais, cerâmicas, polímeros e compósitos. Entre esses, os polímeros se destacam pela versatilidade, fácil fabricação e custo acessível. São formados por unidades repetitivas (meros), podendo ter cadeias lineares, ramificadas ou reticuladas, o que permite ajustar suas propriedades físicas e mecânicas. (Ansari *et al.*, 2024).

Os polímeros podem ser sintéticos, como PVA e PEG, ou naturais, como colágeno, quitosana, alginato e ácido hialurônico. Enquanto os sintéticos oferecem estabilidade e controle de propriedades, os naturais são biodegradáveis, biocompatíveis e se assemelham à matriz extracelular, sendo especialmente úteis em medicina regenerativa e cicatrização de feridas. (Pires *et al.*, 2015; Ansari *et al.*, 2024).

Os biomateriais poliméricos destacam-se por sua versatilidade e ampla gama de aplicações em diversas áreas médicas, incluindo ortopedia, odontologia e engenharia de tecidos. Assim, eles são amplamente utilizados em dispositivos e implantes, como na confecção de moldagens dentárias, cimentos ósseos, outras aplicações incluem a

substituição de tecidos moles, confecção de cateteres, marcapassos, encapsulamentos, próteses vasculares, pele artificial e curativos (Baskaran *et al.*, 2023).

Apesar de suas inúmeras vantagens, apresentam desafios relacionados à degradação e à limitada resistência mecânica. Para superar essas limitações, a incorporação de metais e cerâmicas em estruturas compósitas tem se mostrado eficaz, conferindo maior estabilidade e durabilidade. Além disso, o uso combinado com materiais biológicos, como colágeno, proteoglicanos, alginato, fibrina, quitosana, gelatina e agarose, tem permitido o desenvolvimento de matrizes mais bioativas, capazes de favorecer adesão celular, crescimento tecidual e processos regenerativos de maneira controlada e biocompatível (Kamoun *et al.*, 2017; Chinta *et al.*, 2022).

Estudos como o de Baskaran *et al.* (2024) ponderam que o desenvolvimento dos biomateriais pode ser agrupado em três gerações históricas. Os biomateriais de primeira geração, surgidos nas décadas de 1950 e 1960, tinham como objetivo a reparação de tecidos, incluindo aplicações ortopédicas, odontológicas e cardiovasculares (Figura 1).

Nessa fase, utilizavam-se materiais bioinertes, como metais, cerâmicas e polímeros, que deveriam apresentar propriedades físico-mecânicas adequadas para suportar ou substituir tecidos. O foco era a criação de materiais biocompatíveis, resistentes à corrosão e não tóxicos, capazes de se adaptar a diferentes formas e com baixo custo.

Os biomateriais de segunda geração, desenvolvidos entre 1970 e 2000, introduziram características bioativas e biodegradáveis (Figura 1) permitindo interação química estável com tecidos, especialmente em ossos, ligamentos e implantes dentários. Nesta fase, polímeros biodegradáveis, cerâmicas bioativas como a hidroxiapatita e hidrogéis começaram a ser aplicados, promovendo crescimento celular, integração tecidual e absorção controlada pelo organismo.

A terceira geração de biomateriais, a partir de 2000 (Figura 1) incorpora micro e nanotecnologias para engenharia avançada de tecidos. Esses materiais não apenas substituem tecidos, mas estimulam respostas celulares específicas, facilitando regeneração de tecidos danificados. Hidrogéis inteligentes, *scaffolds* baseados em nanofibras eletrofiadas e combinações de polímeros naturais e sintéticos replicam a nanotopografia da matriz extracelular, sendo amplamente estudados para reconstrução de pele, órgãos e reparação funcional de tecidos complexos.

Entre os biomateriais poliméricos de terceira geração, os hidrogéis têm recebido atenção especial por apresentarem propriedades físico-químicas semelhantes às dos tecidos moles. Formados por cadeias hidrofílicas interligadas por ligações covalentes ou não covalentes, esses materiais podem absorver grandes quantidades de água, mantendo sua

integridade estrutural e promovendo um ambiente úmido favorável à regeneração tecidual. (Ansari *et al.* 2024).

As perspectivas de futuras gerações dos biomateriais poliméricos apontam para o desenvolvimento de materiais inteligentes, multifuncionais e biodegradáveis, capazes de interagir de forma precisa com os tecidos, promover regeneração eficiente e integrar tecnologias, consolidando seu papel estratégico em terapias regenerativas, cicatrização de feridas e medicina personalizada. (Kurowiak J *et al.* 2023).

Figura 1: Linha do tempo das gerações de biomateriais



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

1.3 Hidrogéis

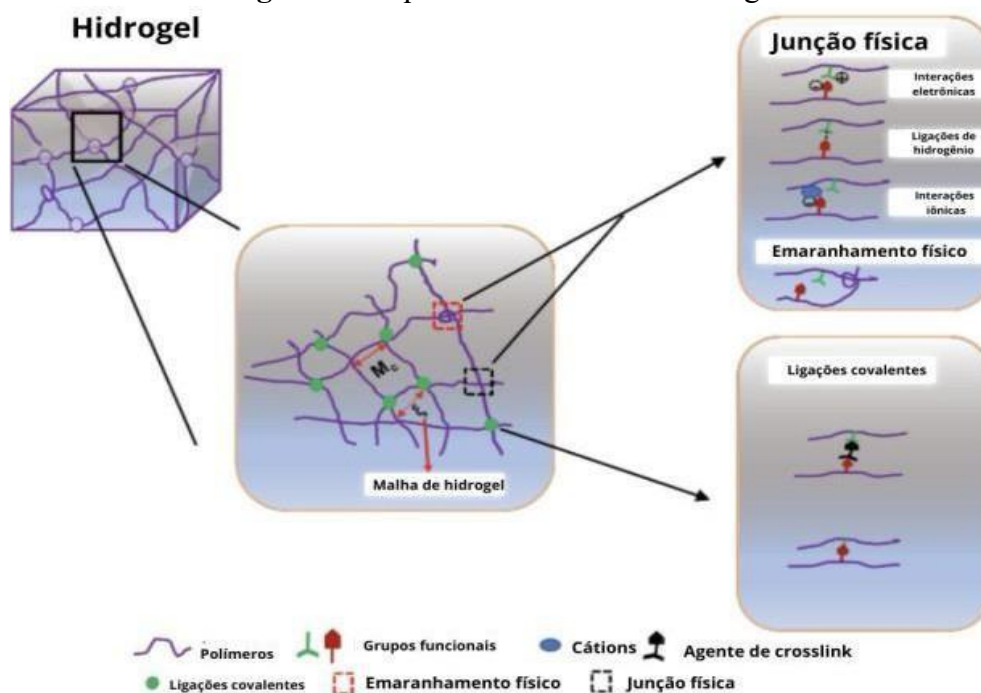
1.3.1 Definição e visão geral

Os hidrogéis são biomateriais poliméricos compostos por redes tridimensionais (Figura 1) hidratadas, formadas por polímeros hidrofílicos reticulados com alta afinidade por água e fluidos biológicos, capazes de absorver água, inchar e encolher, isso devido suas interligações. (Pires *et al.*, 2015).

Historicamente, os primeiros hidrogéis foram desenvolvidos na década de 1960, com foco inicial em lentes de contato e dispositivos médicos. Desde então, avanços na química de polímeros e nanotecnologia permitiram a criação de hidrogéis com funcionalidades específicas, como liberação controlada de fármacos e sensores biomédicos, ampliando significativamente seu espectro de aplicações. (Pires *et al.*, 2015; Gupta *et al.*, 2024)

Nos últimos anos, graças às suas propriedades únicas, como biocompatibilidade, biodegradabilidade, flexibilidade, maciez, etc., os hidrogéis têm sido amplamente investigados para aplicações biomédicas, como terapia celular, engenharia de tecidos, administração de medicamentos, cicatrização de feridas e outras. (Trombino, *et al* 2019; (Pires *et al.*, 2015; Karnaki *et al.*, 2024)

Figura 2: Esquema estrutural dos Hidrogéis



Fonte: Adaptado de Ho *et al.* (2022)

Além disso, os hidrogéis apresentam uma capacidade de mimetizar a matriz extracelular (MEC), o que os torna ideais para aplicações em contato direto com tecidos humanos. Essa característica permite que células cultivadas em hidrogéis mantenham funções fisiológicas normais, como adesão, proliferação e diferenciação, aumentando seu potencial na engenharia de tecidos. (Geckil *et al.* 2010)

As aplicações dos hidrogéis estão diretamente relacionadas a suas propriedades únicas mediante aos outros tipos de biomateriais, entre elas destacam-se: a elevada capacidade absorção de água, a biocompatibilidade, a possibilidade de ajuste das características mecânicas e a permeabilidade seletiva a gases e nutrientes. (Karnaki *et al.* 2024).

Além disso, muitos hidrogéis apresentam potencial de encapsular e proteger substâncias, propriedade interessante para incorporação de fármacos, células ou nanopartículas, o que amplia sua aplicabilidade clínica. (Karnaki *et al.* 2024)

Nesse contexto, os hidrogéis funcionam como sistemas de *drug delivery*, permitindo a liberação controlada e sustentada de medicamentos diretamente no local desejado. Essa característica é especialmente importante para tratamentos que exigem manutenção de concentrações terapêuticas precisas ao longo do tempo, redução de efeitos adversos sistêmicos e aumento da eficácia terapêutica. (Gheluwe *et al.* 2021)

Na dermatologia, os hidrogéis têm sido amplamente explorados como plataformas para liberação controlada de medicamentos, oferecendo soluções para o tratamento de lesões da pele, como acne e queimaduras. Sua biocompatibilidade, capacidade de modulação das propriedades físico-químicas e interação com células e fármacos os tornam plataformas terapêuticas promissoras. Esses avanços destacam o potencial dos hidrogéis como ferramentas eficazes e direcionadas no tratamento de condições na derme e epiderme. (Gheluwe *et al.* 2021)

Hidrogéis também podem ser projetados para responder a estímulos externos, como variação de pH, temperatura, campo elétrico ou luminoso, sendo, nesse caso, classificados como hidrogéis inteligentes (Figura 2). Estes, também conhecidos como hidrogéis responsivos a estímulos, são materiais poliméricos tridimensionais que apresentam a capacidade de alterar suas propriedades em resposta a um estímulo. (Aguilar *et al.* 2007).

Essas mudanças podem incluir alterações na solubilidade, viscosidade, estrutura e volume do hidrogel, permitindo o controle preciso sobre a liberação de substâncias terapêuticas. Essa característica torna os hidrogéis inteligentes altamente promissores em sistemas de liberação controlada de fármacos, onde a entrega do medicamento é ajustada conforme as condições do ambiente ou necessidades terapêuticas específicas.

(Karnaki *et al.* 2024)

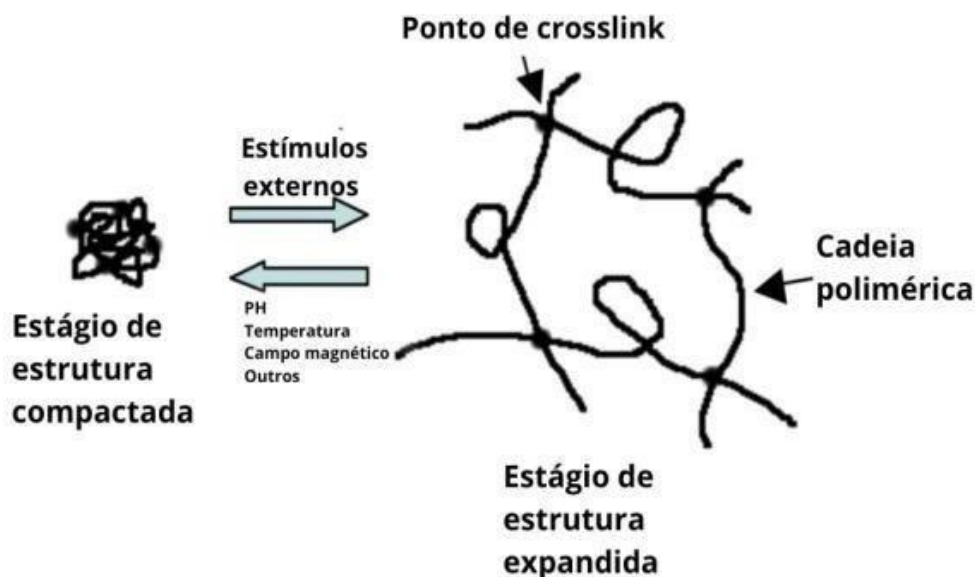
Entre os tipos mais comuns de hidrogéis inteligentes, destacam-se os responsivos ao pH e à temperatura. Os hidrogéis responsivos ao pH apresentam grupos funcionais que ionizam ou desionizam em resposta a mudanças no pH do ambiente, resultando em alterações na estrutura do hidrogel e, conseqüentemente, na liberação de substâncias encapsuladas. Por exemplo, hidrogéis contendo grupos carboxílicos ou amino podem se expandir ou contrair em ambientes ácidos ou básicos, facilitando a liberação de fármacos em locais específicos do corpo, como tumores ou áreas inflamatórias. (Gheluwe *et al.* 2021)

Por outro lado, os hidrogéis responsivos à temperatura, como os baseados em poliacrilamida, exibem transições de fase, como a transição de sol-gel, em resposta a variações de temperatura. Esses hidrogéis podem se tornar mais viscosos ou formar redes tridimensionais mais estáveis à medida que a temperatura aumenta, permitindo a liberação controlada de substâncias terapêuticas em locais específicos do corpo. (Karnaki *et al.* 2024)

Além dos hidrogéis responsivos ao pH e à temperatura, existem outros tipos de hidrogéis inteligentes que respondem a estímulos como luz, campo elétrico, magnético, enzimas ou espécies reativas de oxigênio. Esses hidrogéis oferecem uma gama ainda mais ampla de possibilidades para o desenvolvimento de sistemas de liberação controlada de fármacos, adaptando-se às condições específicas do ambiente ou necessidades terapêuticas. (Aguilar *et al.* 2007)

A versatilidade dos hidrogéis inteligentes, aliada à sua capacidade de responder a estímulos específicos, os torna ferramentas valiosas em diversas áreas da medicina, incluindo tratamentos de câncer, doenças inflamatórias, terapias gênicas e regeneração tecidual. O desenvolvimento contínuo desses materiais promete avanços significativos na medicina personalizada e na entrega eficiente de terapias direcionadas. (Gheluwe *et al.* 2021)

Figura 3: Representação esquemática de um hidrogel inteligente em seus estados compactado e expandido após responder a um estímulo externo.



Fonte: Adaptado de Aguilar *et al.* (2007)

1.3.2 Classificação

Os hidrogéis podem ser divididos em duas categorias principais e relevantes em relação à origem de seus componentes poliméricos: os de origem natural e os sintéticos, também podemos encontrar os híbridos, uma junção das vantagens das duas classes. (Arabpour *et al.*, 2024).

Quanto aos polímeros naturais sua origem é proveniente de animais, microorganismos e plantas, estes possuem biocompatibilidade e biodegradabilidade superiores aos sintéticos, porém apresentam menor resistência mecânica, por isso, podem ser encontrados de forma conjugada, reticulada ou enxertada a outros polímeros. São exemplos desta classe, o colágeno, quitosana, ácido hialurônico, gelatina, alginato, dextrana, fibrina e seda. (Bao *et al.*, 2019).

Quanto aos polímeros sintéticos, estes são aqueles nas quais suas moléculas são produzidas artificialmente em laboratório, através de reações químicas controladas. As vantagens que eles apresentam são opostas aos dos polímeros naturais, e estão mais relacionadas à sua resistência mecânica. (Figura 3). Sua taxa de biodegradação é algo discutível e sua biocompatibilidade também, uma vez que pode apresentar risco de toxicidade biológica, quando aplicado a feridas mesmo que baixo. Os principais exemplos são os Polietilenoglicol (PEG); Poliácridamida (PAM); Álcool polivinílico (PVA); Carboximetilcelulose (CMC) e outros.

Quadro 1: Quadro representativa das vantagens e desvantagens de uso dos polímeros naturais *versus* polímeros sintético

TIPO DE POLÍMERO	DESVANTAGENS	VANTAGENS
POLÍMERO NATURAL	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa resistência mecânica • Degradação rápida • Desafios de sourcing • Controle limitado das propriedades • Contaminação por patógenos 	<ul style="list-style-type: none"> • Biocompatibilidade • Biodegradabilidade • Afinidade celular • Retenção de umidade • Propriedades angiogênicas
POLÍMERO SINTÉTICO	<ul style="list-style-type: none"> • Preocupação com biocompatibilidade • Resposta inflamatória ou alérgica • Falta de bioatividade • Toxicidade • Baixa retenção de água 	<ul style="list-style-type: none"> • Propriedades ajustáveis • Composição consistente • Resistência mecânica • Controle do tamanho dos poros • Longa vida útil • Facilidade de esterilização • Entrega de medicamentos personalizada

Fonte: Adaptado de Arabpour *et al.* (2024)

No âmbito da cicatrização de feridas, os hidrogéis derivados de polímeros naturais são os mais vantajosos e mais empregados. Entre os principais biomateriais utilizados estão o colágeno, a quitosana, o ácido hialurônico, a gelatina, o alginato, a fibrina e a seda, todos capazes de atuar na reparação tecidual.

O colágeno é a principal proteína estrutural dos tecidos conjuntivos, e é bastante empregado na formulação de curativos de hidrogéis, já que favorece adesão, migração e proliferação celular. (Simorgh *et al.*, 2021). O colágeno tipo I, por exemplo, estimula a angiogênese e a deposição de novas fibras colágenas, promovendo uma cicatrização mais rápida e organizada. (Ying *et al.*, 2019).

A quitosana, um polissacarídeo derivado da quitina presente em crustáceos e fungos, é também, bastante aplicado como base de hidrogel na cicatrização de feridas pois apresenta biocompatibilidade, biodegradabilidade e atividade antimicrobiana.

(Arabpour *et al.*, 2021)

A sua atividade antimicrobiana é um ponto importante em relação aos outros polímeros naturais, isso ocorre devido a presença de grupos amino em sua estrutura, e estes interagem

eletrostaticamente com as cargas da parede celular bacteriana, promovendo eventos que levam a morte microbiana. Além disso, a quitosana pode formar uma barreira física que inibe a adesão e proliferação de microrganismos na lesão e reduz o risco de infecções secundárias. (Kulka *et al.*, 2023)

O ácido hialurônico, por sua vez, é um componente importante da matriz extracelular e exerce papel na hidratação, preenchimento de espaço e lubrificação dos tecidos. (Francesco *et al.*, 2023; Yang H *et al.*, 2020). Ele contribui para a migração celular, diferenciação e angiogênese, além de formar um ambiente úmido e ideal para cicatrização de feridas. Curativos à base de ácido hialurônico demonstraram reduzir a dor, prevenir a desidratação do tecido e estimular a formação de novos vasos sanguíneos (Yang H *et al.*, 2023)

Outros polímeros naturais também têm demonstrado bons desempenhos na regeneração cutânea. O alginato, por exemplo, é um polímero hidrofílico, que forma géis que retêm a umidade e são compatíveis com tecidos vivos. Hidrogéis de alginato associados a fatores de crescimento, como o fator endotelial vascular (VEGF), demonstram aumentar a angiogênese e a taxa de fechamento de feridas. (Wang T *et al.*, 2023).

No geral, esses polímeros naturais apresentam propriedades que atuam em diferentes fases do processo cicatricial, desde a hemostasia até a remodelação tecidual. Sua capacidade de modular o microambiente da ferida, controlar a liberação de bioativos, prevenir infecções e estimular a regeneração celular torna-os fundamentais para o desenvolvimento de biomateriais avançados e curativos inteligentes voltados à restauração funcional e estética da pele. (Arabpour *et al.*, 2024).

Já os hidrogéis de polímeros sintéticos têm se destacado na engenharia de tecidos devido suas propriedades físico-químicas controláveis e alta estabilidade estrutural. Contudo, apresenta limitações como risco de toxicidade e possibilidade de rejeição imunológica. Para vencer essas limitações, os estudos têm se concentrado em desenvolver polímeros sintéticos que mimetizam as estruturas naturais e aprimoram sua funcionalidade biológica, resultando em hidrogéis mais seguros e eficazes. (Arabpour *et al.*, 2024).

Entre os principais polímeros sintéticos empregados no desenvolvimento de hidrogéis destacam-se o polietilenoglicol (PEG), a poliácridamida (PAM) e o álcool polivinílico (PVA). O PEG, por exemplo, se destaca reconhecido por sua biocompatibilidade, boa adesão ao tecido e capacidade de hidratação, tem sido utilizado na criação de hidrogéis com propriedades hidratantes e protetoras, contribuindo para a cicatrização de feridas. (Chen *et al.*, 2019).

Por sua vez, a PAM se destaca pelas excelentes características mecânicas e pela possibilidade de ajuste de sua estrutura, enquanto o PVA combina biodegradabilidade, biocompatibilidade e flexibilidade, sendo amplamente aplicado na produção de curativos (Arabpour *et al.*, 2024)

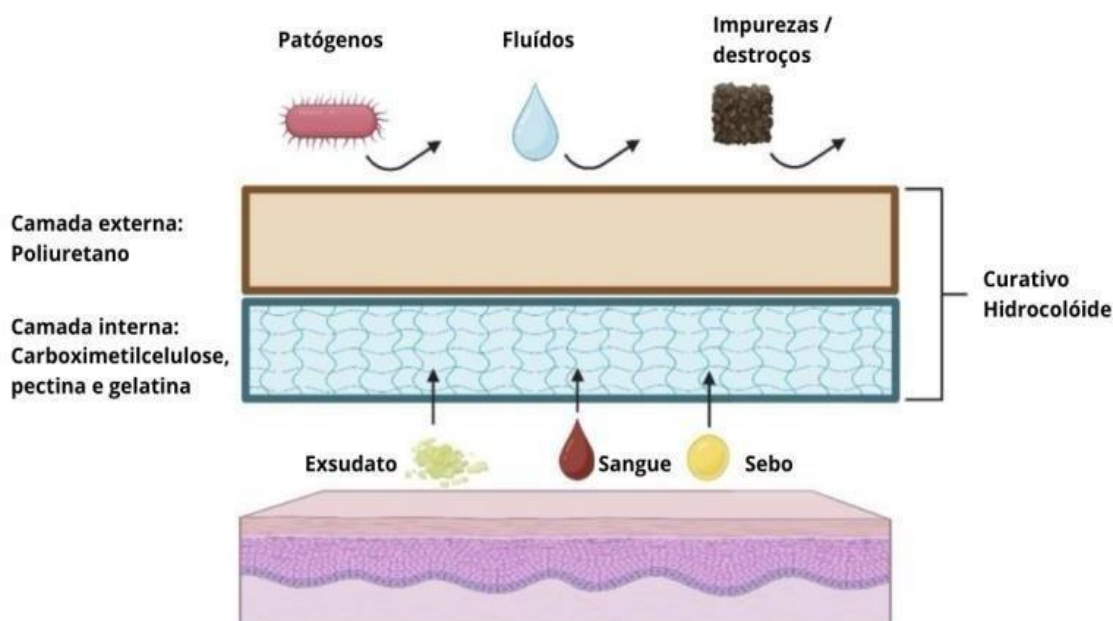
1.4 Hidrocolóides

Os curativos hidrocolóides são biomateriais desenvolvidos a partir de materiais coloidais formadores de gel, se apresentam como um sistema flexível e autoadesivo. São compostos pelos polímeros hidrofílicos: carboximetilcelulose, gelatina e pectina, e aplicados sobre um suporte de poliuretano (Figura 4). (Stoica *et al.*, 2020; Nguyen *et al.*, 2025)

Ao entrarem em contato com o exsudato da ferida, esses polímeros se hidratam e formam um gel coloidal, criando um ambiente úmido que protege a lesão contra o ambiente externo, favorece a reepitelização e facilita a degradação autolítica do tecido necrótico gerando uma cicatrização mais rápida, eficaz e menos dolorosa. (Stoica *et al.*, 2020; Nguyen *et al.*, 2025).

O termo “hidrocolóide” surgiu na década de 1960 com mucoadesivos utilizados para o tratamento de úlceras bucais, e foi posteriormente adotado para descrever uma nova categoria de curativos, como Granuflex, Duoderm, Comfeel e Restore, introduzidos no mercado a partir da década de 1980 (Thomas *et al.*, 2008).

Figura 4: Representação esquemática da estrutura e atuação dos curativos hidrocolóides.



Fonte: Adaptado de Nguyen *et al.* (2025).

Além disso, esses curativos apresentam algumas limitações: não são indicados para feridas com exsudato intenso, para feridas com infecção ativa ou para áreas de alta fricção, quando aplicados neste contexto ele pode se desprender da pele, devido a perda de adesividade além de necessitar de trocas frequentes (Weller *et al.*, 2020; Nguyen *et al.*, 2025).

A flexibilidade e adesividade dos hidrocolóides é uma característica que aumenta o conforto do paciente e reduz o risco de deslocamento do curativo, outro ponto relevante é que eles estão disponíveis em diferentes formatos comerciais: placas, pastas e versões moldáveis o que possibilita adaptação a diversos tipos e tamanhos de feridas (Weller *et al.*, 2020); (Nguyen *et al.*, 2025).

Apesar de apresentarem custo mais elevado do que curativos convencionais, estudos demonstram que o uso de hidrocolóides pode reduzir a dor durante as trocas e diminuir a frequência de trocas necessárias, contribuindo para seu custo-benefício em alguns contextos clínicos. Evidências clínicas recentes demonstram eficácia em situações como úlcera de pressão, úlceras diabéticas e queimaduras superficiais, com bons resultados estéticos e funcionais (Dhivya *et al.*, 2015; Stoica *et al.*, 2020; Nguyen *et al.*, 2025).

Embora estruturalmente distintos dos hidrogéis, os hidrocolóides compartilham funções terapêuticas semelhantes (Quadro 1) p o r exemplo na manutenção de um ambiente úmido e na promoção da cicatrização. No entanto, diferem pelo seu mecanismo de formação do gel, enquanto os hidrogéis possuem uma rede polimérica pré-formada capaz de reter água e incorporar fármacos, os hidrocolóides formam o gel apenas após a interação com o exsudato. (Dhivya, *et al* 2015; Stoica, *et al.* 2020).

Por serem semipermeáveis a gases e vapores de água, mas impermeáveis a líquidos e bactérias, esses curativos favorecem a cicatrização de feridas com exsudato leve a moderado, como úlceras de pressão, queimaduras superficiais e lesões abrasivas, além de apresentarem excelentes resultados clínicos e estéticos comprovados em estudos recentes (Dhivya *et al.*, 2015; Stoica *et al.*, 2020)

Quadro 2: Quadro comparativo das semelhanças e diferenças entre hidrogéis e curativos hidrocolóides em diversos aspectos

Aspecto	Semelhanças	Diferenças
Umidade do ambiente	Ambos mantêm um ambiente úmido, favorecendo a cicatrização e hidratando a ferida	Hidrogéis já possuem gel que mantém a umidade pré-formado; Hidrocolóides formam este gel somente ao entrar em contato com exsudato da ferida
Proteção da ferida	Ambos protegem o leito da ferida contra contaminação	Hidrogéis podem ser colocados na lesão soltos ou em membranas; Hidrocolóides possuem camada adesiva que o fixa diretamente à ferida
Composição	Polímeros hidrofílicos	Hidrogéis: naturais ou sintéticos, Hidrocolóides: carboximetilcelulose, gelatina, pectina
Retenção de fluidos	Ambos absorvem ou retêm líquidos para manter umidade	Hidrogéis retêm água internamente e podem carregar fármacos; Hidrocolóides absorvem exsudato, sem retenção independente de água ou liberação de fármacos
Uso clínico	Ambos promovem cicatrização e regeneração tecidual	Hidrogéis: feridas secas, necrose, controle de fármacos; Hidrocolóides: feridas com exsudato leve a moderado, úlceras de pressão, pós-cirúrgicas

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

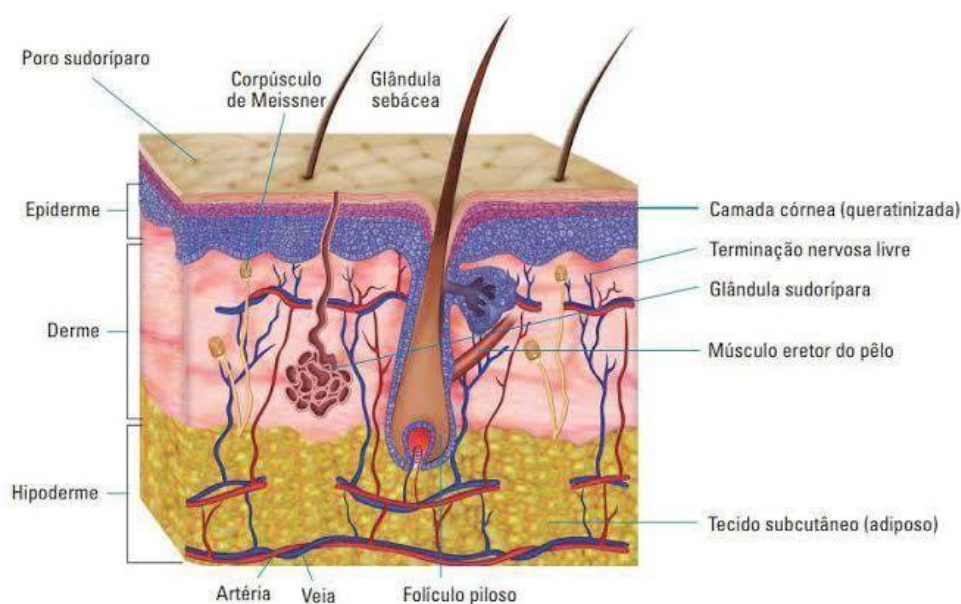
1.5 A pele

Segundo Junqueira e Carneiro (2021) a pele é o maior órgão do corpo humano, representando uma interface entre o organismo e o ambiente externo. Entre seus vários papéis a pele desempenha funções fisiológicas que são fundamentais para a manutenção da homeostase e proteção do organismo, dentre elas função de barreira, controle de temperatura, síntese de vitamina D, absorção de luz ultravioleta, proteção contra agressões e agentes externos, além de funções estéticas e sensoriais.

A complexidade da pele evidencia sua importância como órgão, e como sistema de defesa e de manutenção da integridade do organismo. A sua função de barreira contra agentes externos é dada como uma das principais atribuições da pele, por isso sua integridade é indispensável, uma vez que seu comprometimento pode, infecções, inflamação, aumento da vulnerabilidade a agentes físicos, químicos biológicos e vazamento de fluidos (Junqueira e Carneiro, 2021).

Quanto a estrutura, a pele é composta por três camadas principais: a epiderme, a derme e a hipoderme (Figura 5). A epiderme, camada mais superficial, é formada por queratinócitos organizados que conferem resistência mecânica e capacidade regenerativa. Após, vem a derme que é rica em fibras de colágeno e elastina, vasos sanguíneos, terminações nervosas e fornecer sustentação, elasticidade e nutrição à epiderme. A hipoderme, camada subcutânea, atua como reservatório energético, amortecedor de impactos e isolante térmico, contribuindo para a proteção de tecidos mais profundos. (Cestari, 2019)

Figura 5: Representação da estrutura da pele e seus anexos.



Fonte: Cestari (2019)

Entre as diversas funções da pele, a ação como barreira física e imunológica é fundamental para a saúde do organismo. Essa barreira impede a entrada de microrganismos, regula a perda de água e protege contra agressões químicas, mecânicas e ambientais. (Sorg *et al.*, 2017).

Quando a pele sofre uma lesão, seja por trauma, infecção ou processos crônicos, essa função protetora é comprometida, tornando necessário um processo cicatricial eficiente para restaurar a integridade do tecido. A cicatrização adequada não apenas reconstitui a barreira física, mas também garante a recuperação das funções biológicas, evitando complicações sistêmicas e promovendo regeneração tecidual funcional. (Sorg *et al.*, 2017)

1.6 – Cicatrização cutânea

A cicatrização refere-se ao processo de reparo tecidual que ocorre quando a integridade da pele ou de outro tecido é rompida por lesão ou doença. Conforme exposto por Robbins & Cotran, (2021) este reparo pode ocorrer por dois mecanismos distintos: regeneração, em que tecido danificado é substituído por células idênticas ao parênquima original, ou fibrose em que há substituição por tecido conjuntivo cicatricial.

A predominância de um desses processos depende de fatores como o tipo de tecido envolvido, a extensão da lesão e a preservação da matriz extracelular. Em tecidos com alta

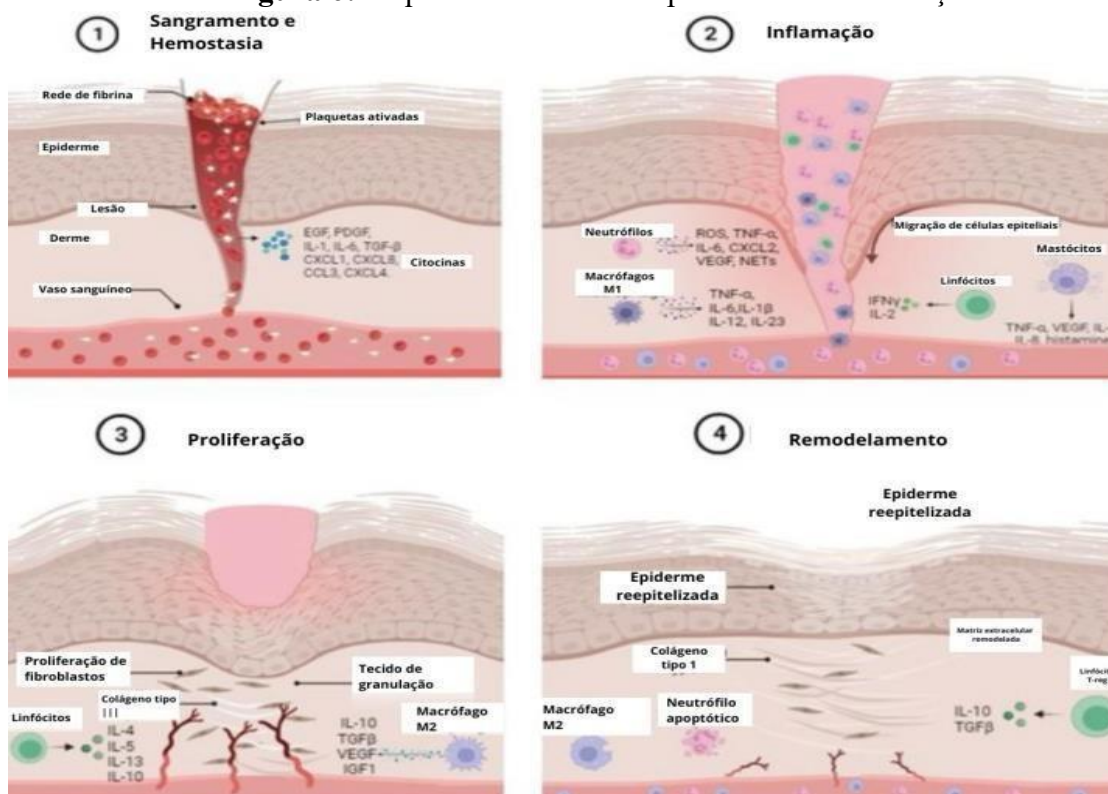
capacidade proliferativa e com a arquitetura preservada, tende a ocorrer regeneração; já quando há destruição extensa da matriz e inflamação prolongada, o processo evolui para fibrose. Embora o curativo não determine diretamente qual via prevalecerá, ele pode influenciar o controlando a umidade, oxigenação e inflamação e, assim, favorecer uma cicatrização mais próxima do padrão regenerativo. (Robbins e Cotran, 2021)

Na pele, quando a barreira epidérmica é rompida, inicia-se de imediato uma cascata de eventos coordenados, com o objetivo de restabelecer a função protetora da pele. A cicatrização, portanto, é essencial para prevenir perdas de fluido, invasão microbiana e manter a homeostase térmica e imunológica do organismo. (Robbins e Cotran, 2021)

O processo de cicatrização é classificado em quatro etapas principais. Primeiro, há a hemostasia, fase imediata à lesão em que ocorre vasoconstrição, ativação de plaquetas e formação de tampão de fibrina para controlar o sangramento.

Em seguida, há a fase de inflamação: leucócitos, neutrófilos e mais tarde macrófagos infiltram-se no local da lesão, removendo detritos e bactérias, liberando citocinas e iniciando a transição para a reparação. A terceira fase é a de proliferação, que engloba angiogênese, síntese de colágeno tipo III, síntese de matriz extracelular, formação de tecido de granulação e reepitelização.

Por fim, a fase de maturação ou remodelação, em que o tecido de granulação é substituído por tecido cicatricial mais organizado, o colágeno tipo III converte-se para tipo I, as fibras se alinham e a resistência do tecido cicatrizado se aproxima a do tecido normal. Cada uma dessas fases sofre interferência de fatores de crescimento, citocinas, e condições como a perfusão sanguínea, infecção da ferida, nutrição do tecido.

Figura 6: Esquema ilustrativo do processo de cicatrização

Fonte: Adaptado de Cioce *et al.* (2024)

Uma cicatrização adequada não apenas garante o fechamento rápido e seguro da ferida, mas também previne complicações como infecções, perda de função e formação de cicatrizes hipertróficas ou queloides. (Arabpour *et al.*, 2024).

Nesse contexto, a discussão entre cura seca, caracterizada pela exposição da ferida ao ar e formação de crosta, e cura úmida, que mantém o ambiente fechado, úmido e protegido, tem sido amplamente explorada na literatura recente.

Tradicionalmente, as feridas eram tratadas pelo método da cura seca, em que o tecido lesionado era exposto ao ar, muitas vezes coberto apenas por curativos simples, como gazes, e com posterior formação de uma crosta natural decorrente da cicatrização da ferida.

No entanto, estudos, como os de Nuutila *et al.* (2021) e Ho C *et al.* (2025) demonstram que feridas mantidas em ambiente úmido cicatrizam mais rapidamente, com menor inflamação, angiogênese organizada, melhor qualidade cicatricial, diminui a ocorrência de infecções.

Segundo Arabpour *et al.* (2024) feridas de difícil cicatrização, como as diabéticas ou grandes queimaduras, a fase inicial do processo cicatricial é frequentemente interrompida, tornando a ferida crônica e a perda extensa de tecido ou a incapacidade de formar uma matriz temporária de matriz extracelular (MEC) devido à necrose dificultam o reparo.

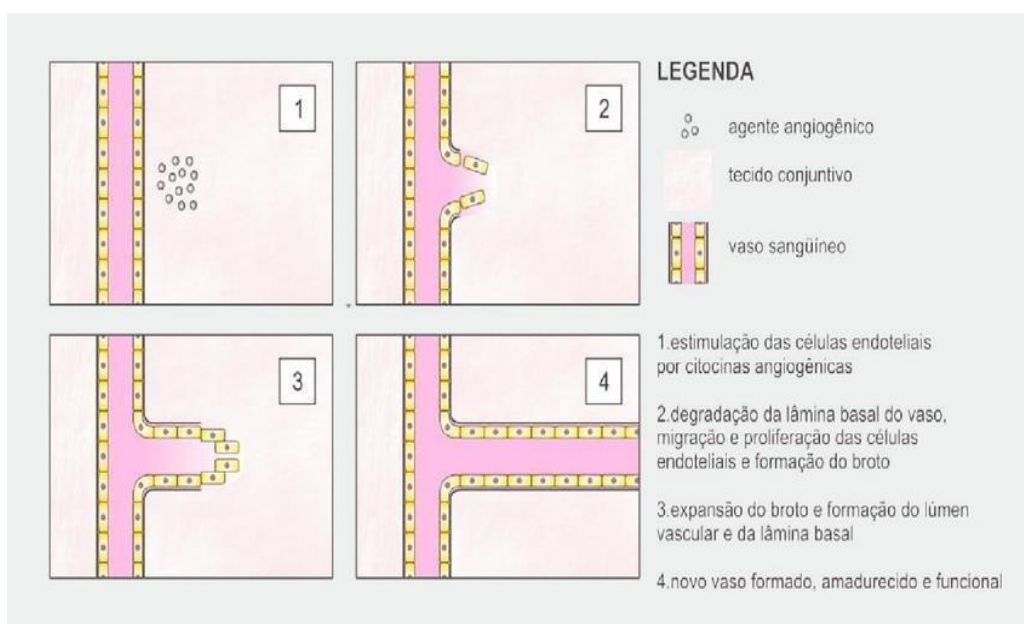
Nesses casos, intervenções clínicas que forneçam curativos avançados que simulem o microambiente da ferida e promovam uma cura úmida tornam-se essenciais. Esses curativos, como os de hidrogel ou hidrocolóides atuam como matrizes artificiais temporárias, oferecendo suporte estrutural, sinais bioquímicos, fatores de crescimento e locais de adesão celular, complementando o processo fisiológico da cicatrização e acelerando a regeneração do tecido funcional.

Assim, para feridas complexas ou crônicas, a combinação de curativos que imitam a MEC com ambiente úmido controlado representa a abordagem mais eficaz para promover a regeneração cutânea completa e minimizar complicações. A aplicação dos curativos de biomateriais poliméricos, como hidrogéis e hidrocolóides, no tratamento de feridas aborda diretamente cada fase do processo cicatricial, oferecendo uma funcionalidade específica conforme cada etapa da cicatrização. (Arabpour *et al.*, 2024)

Para a fase de hemostasia, hidrogéis podem ser formulados com partículas que lhe conferem propriedades hemostáticas, como em Liang *et al.* (2019) que associou moléculas de dopamina ao hidrogel e ele respondeu aumentando a adesão à ferida, outros estudos, como em Preman *et al.* (2020) as associações de moléculas específicas resultaram em atração de plaquetas e promoção de uma coagulação eficaz e imediata.

Em seguida, para a fase inflamatória os curativos abordados podem ser associados a antibióticos, medicamentos antiinflamatórios e nanopartículas metálicas através de processos de reticulação química e física. Hidrogéis e hidrocolóides antibacterianos e anti-inflamatórios contribuem para limitar a ação microbiana, modular macrófagos e reduzir espécies reativas de oxigênio, através da incorporação de moléculas antioxidantes. (Zhang *et al.*, 2020; Arabpour *et al.*, 2024).

Já na fase de proliferação, hidrogéis podem ser associados a ativos que promovem a angiogênese (Figura 7) como alguns fármacos angiogênicos e fatores de crescimento endoteliais vascular (VEGF). (Chen *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2019). A formação de novos vasos sanguíneos é de grande interesse na atual medicina regenerativa, já que favorecem a troca de nutrientes e oxigênio para o tecido recuperado, fatores essenciais para uma cicatrização adequada (Arabpour. *et al.* 2020)

Figura 7: Representação esquemática da angiogênese

Fonte: Horta, *et al.* (2007)

Por fim, na fase de remodelação, hidrogéis com propriedades de liberação sustentada ou que sustentem matriz organizada podem favorecer conversão de colágeno tipo III para tipo I e alinhar fibras colágenas, resultando em cicatrizes de melhor qualidade. (Sawadkar *et al.*, 2025).

Portanto, curativos derivados de biomateriais poliméricos, como os hidrogéis e os hidrocolóides que são capazes de absorver exsudato, manter hidratação, incorporar agentes antibacterianos, antioxidantes e angiogênicos, têm se mostrado promissores como “curativos ativos” no contexto da cicatrização.

2 JUSTIFICATIVA

Segundo Robbins e Cotran (2021), a cicatrização de feridas constitui um processo biológico essencial para a restauração da integridade tecidual e para a preservação das funções protetoras da pele. No entanto, em diversos contextos clínicos, como queimaduras extensas, úlceras crônicas, feridas cirúrgicas de difícil fechamento e traumas, o processo de cicatrização pode se tornar um desafio, resultando em dor prolongada, risco aumentado de infecção, deformidades cicatriciais e prejuízos estéticos e funcionais.

Diante disso, surge uma necessidade crescente de aprimorar as estratégias terapêuticas voltadas à regeneração cutânea, desenvolvendo curativos que favoreçam um ambiente de cicatrização ideal.

O desenvolvimento de curativos avançados, como os hidrogéis e os hidrocolóides representam um avanço promissor nesse cenário, por possibilitar controle de umidade, liberação controlada de fármacos e estímulo à regeneração celular. Assim, a busca por alternativas inovadoras que otimizem a cicatrização não apenas reduz complicações clínicas, mas também melhora a qualidade de vida dos pacientes e a eficiência dos tratamentos médicos.

Tradicionalmente, a cicatrização era conduzida pelo método da cura seca, caracterizado pela exposição da ferida ao ar e formação de crosta. Contudo, estudos recentes comprovam que a cura úmida proporciona maior qualidade da pele regenerada, melhor aspecto físico do tecido reparado e redução de infecções durante o processo cicatricial. Essa mudança, reforça a necessidade de investigar materiais que possam reproduzir e manter um microambiente úmido ideal para a reparação cutânea, como os curativos de hidrogel e hidrocolóides.

Entre as diversas abordagens, os biomateriais poliméricos, em especial os hidrogéis e hidrocolóides destacam-se como uma tecnologia recente das ciências biomédicas, amplamente reconhecida por suas propriedades físico-químicas e biológicas adequadas à regeneração tecidual. Por apresentarem alta biocompatibilidade, capacidade de retenção de água e potencial para incorporação de agentes bioativos, eles se mostram curativos, capazes de atuar de forma ativa em todas as fases da cicatrização. Além disso, os estudos revisados relatam altos índices de eficácia e segurança, o que os consolida como uma alternativa promissora e inovadora frente aos curativos convencionais.

Este trabalho de revisão bibliográfica tem como finalidade descrever os resultados obtidos em diferentes estudos que abordaram o uso de biomateriais poliméricos, especialmente hidrogéis e curativos hidrocolóides, na cicatrização de lesões cutâneas de

diversas origens, no período de 2020 a 2025. A pesquisa busca compreender de que forma as propriedades estruturais e funcionais desses materiais influenciam o processo de reparo tecidual, destacando sua eficácia e aplicabilidade clínica em comparação a terapias convencionais.

Assim, o estudo contribui para a análise e atualização das tecnologias utilizadas na regeneração cutânea, evidenciando o potencial dos curativos avançados como alternativas eficazes na aceleração da cicatrização, na prevenção de complicações e na promoção de resultados estéticos e funcionais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Revisar a literatura científica sobre o uso de biomateriais poliméricos de hidrogel e hidrocolóides na cicatrização de lesões cutâneas de diferentes origens, destacando seus mecanismos de ação, propriedades estruturais e benefícios clínicos, como estratégia de reparo tecidual eficiente e segura.

3.2 Objetivos específicos

- Descrever e analisar as principais propriedades físicas, químicas e biológicas dos biomateriais de hidrogel e hidrocolóides e seus impactos na cicatrização cutânea;
- Identificar os tipos de lesões cutâneas mais investigadas na literatura em que esses biomateriais foram utilizados com finalidade de otimizar a cicatrização;
- Analisar as principais formulações empregadas na cicatrização de lesões cutâneas, considerando sua relevância e eficácia relatadas na literatura científica recente;
- Reunir e discutir evidências científicas recentes que sustentem a aplicação de hidrogéis e hidrocolóides como tecnologias inovadoras e eficazes no contexto da cicatrização.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho é uma revisão bibliográfica realizada mediante pesquisa avançada em bancos de dados públicos e on-line, tendo sido selecionadas duas plataformas para a busca: PubMed (NCBI) e Scopus (Elsevier).

A pesquisa contemplou artigos dos últimos 5 anos (2020-2025). Para a busca foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: Biomateriais de hidrogel (*Biomaterials Hydrogel*), Hidrogéis (*Hydrogel*), Curativos hidrocolóides (*Hydrocolloid dressings*), Cicatrização (*Healing*), Cicatrização de feridas (*Wound Healing*), Cicatrizes (*Scars*). Além disso foram definidas também palavras-chaves secundárias: Lesões de queimadura (*Burn Injuries*), Lesões ulcerativas (*Skin Ulcer; Cutaneous Ulcer*) e Lesões de Acne (*Acne Lesions*).

Os descritores citados, foram verificados na plataforma DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), uma biblioteca de dados em ciências da saúde que garantiu o uso da terminologia adequada e adicionou os operadores booleanos AND e OR para otimização dos resultados e maior rendimento da pesquisa.

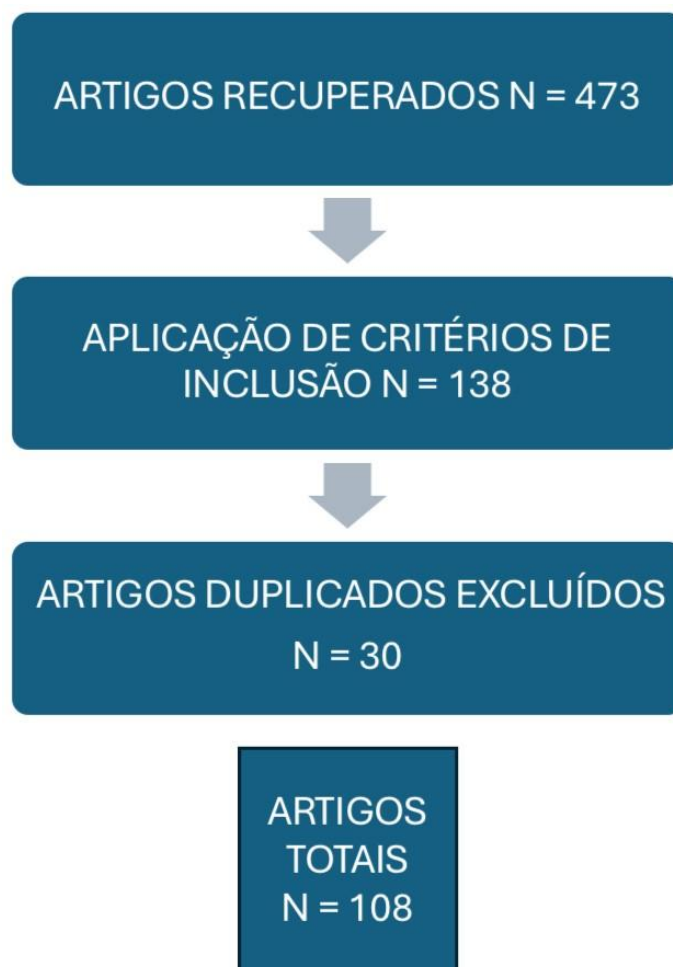
Por fim, nas ferramentas de busca avançada das plataformas Pubmed e Scopus foram realizadas as seguintes combinações de palavras-chaves: *hydrogel and hydrocolloid AND wound healing; hydrogel and hydrocolloid AND burns; hydrogel and hydrocolloid AND scars; hydrogel and hydrocolloid AND acne; hydrogel and hydrocolloid AND skin ulcer.*

Os artigos recuperados totalizaram 473, dos quais foram selecionados 108 estudos para a construção do presente trabalho, com base nos critérios de inclusão:

1. Últimos cinco anos de publicação;
2. Foco na atuação do hidrogel e hidrocolóides na cicatrização em tecido cutâneo;
3. Ensaio clínico;
4. Estudos pré-clínicos; 5. Estudos randomizados;
6. Relatos de caso.

Revisões da literatura, meta-análises e artigos que não tinham como foco os hidrogéis ou hidrocolóides na cicatrização de lesões cutâneas foram excluídos da pesquisa. A figura 8 demonstra como foram selecionados os artigos que compõe essa revisão:

Figura 8: Fluxograma da pré-seleção dos artigos

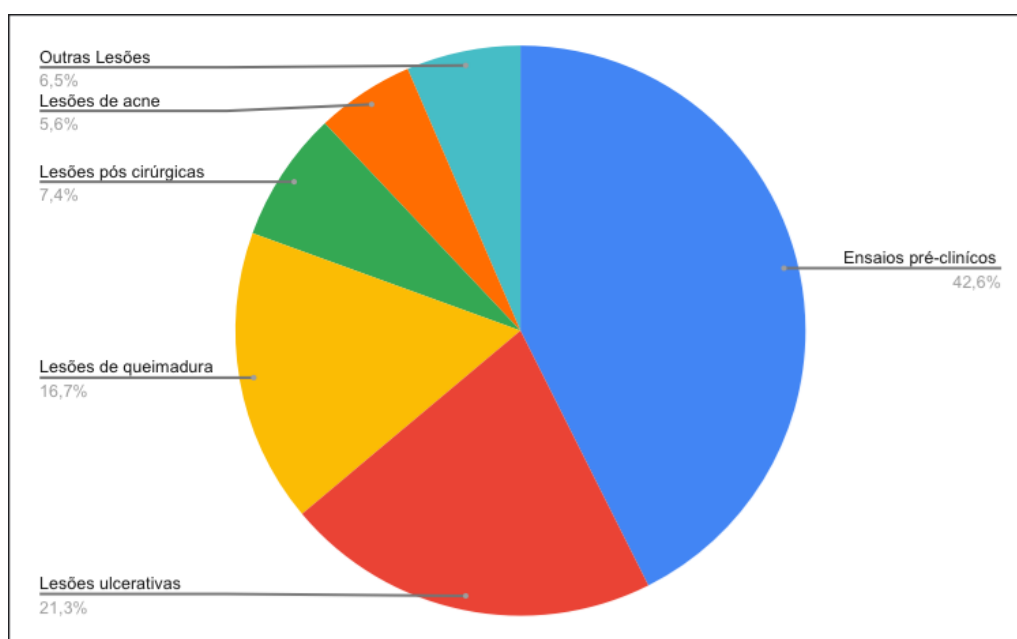


Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na busca foram encontrados 473 artigos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, leitura dos resumos para a seleção final desta revisão foram escolhidos 108 artigos para compor os resultados. Artigos estes que demonstravam a aplicação dos hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de lesões de diferentes origens.

Figura 9: Gráfico percentual dos subtópicos encontrados.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

5.1 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização em estudos pré-clínicos

O subtema que correspondeu à maior parte dentre os artigos recuperados foi o que abordou os ensaios pré-clínicos. Nesse contexto, 46 artigos compuseram este tópico, sendo estudos que envolveram modelos experimentais que ainda não foram aplicados na prática clínica, mas que fornecem dados relevantes sobre o potencial dos curativos estudados na cicatrização de lesões cutâneas (Quadro 2). Foram identificados três subgrupos principais de estudos neste tópico: os estudos realizados em modelos animais, os estudos *in vitro* e os testes em modelos de pele humana artificial.

O fato de que os estudos pré-clínicos são maioria dos trabalhos recuperados na literatura aponta que o desenvolvimento de hidrogéis para cicatrização cutânea é algo novo na linha do tempo da ciência e que muitas pesquisas estão em fase experimental.

Compreender a ação do hidrogel em modelos experimentais antes da aplicação em humanos é fundamental para a validação científica de sua eficácia.

Os estudos realizados em modelos animais (ratos, murinos e coelhos) totalizaram mais de 82% dos trabalhos. Os principais achados apontaram para a estimulação da angiogênese, aceleração do processo de cicatrização, fechamento mais rápido da ferida e atenuação da resposta inflamatória, muitas vezes com desempenho superior em comparação aos curativos comerciais. Esses resultados foram observados, por exemplo, nos artigos de Yang *et al.* (2025); Sadat *et al.* (2025); Zhang *et al.* (2025)

Além disso, é relevante citar que, neste caso, a atenuação da resposta inflamatória pelo curativo contribui para a progressão eficiente das etapas cicatriciais, evitando atrasos na fase proliferativa e culminando no fechamento rápido da ferida. A migração celular, favorecida pela estrutura do hidrogel que funciona como *scaffold*, permite a reorganização da matriz extracelular e o crescimento ordenado do tecido, acelerando a reparação tecidual e garantindo maior qualidade no fechamento da ferida (Migliaresi e Motta, 2014)

Nos ensaios *in vivo*, os resultados confirmaram a eficácia do curativo, com relatos de aumento da angiogênese, processo essencial na fase proliferativa da cicatrização (Kumar, Abbas e Aster, 2021). A rede estrutural do hidrogel permitiu a associação com nanopartículas bioativas, como VEGF (Zhang *et al.*, 2024), o que reforçou o efeito angiogênico, promovendo a formação de novos vasos sanguíneos e acelerando a regeneração tecidual.

Os estudos *in vitro*, correspondendo 18% do total de artigos recuperados neste tópico, focaram no desenvolvimento de curativos com atividade antibacteriana, incluindo Watson *et al.* (2022); Cisneros *et al.* (2025); Gadaime *et al.* (2025); Ji L *et al.* (2025); Rahayu *et al.* (2025); Lei R *et al.* (2024); Huang *et al.* (2024); Tsegay *et al.* (2022); Chalitangkoon *et al.* (2020); Majumder *et al.* (2020); Zhang Y *et al.* (2025). Os resultados demonstraram minimização do risco de contaminação da ferida, biocompatibilidade satisfatória e custo-benefício promissor.

Os hidrogéis avaliados *in vitro* demonstraram potencial antibacteriano e elevada biocompatibilidade, especialmente quando associados a fármacos antibióticos ou moléculas antimicrobianas, como a gentamicina (Watson AL *et al.*, 2022), ou nanopartículas de óxido de zinco (ZnO). Essas combinações mostraram-se eficazes na redução da contaminação e na manutenção de um ambiente propício à regeneração celular, reforçando o potencial desses materiais como biomateriais promissores para cicatrização de feridas.

Entretanto, destaca-se que os ensaios *in vitro* possuem limitações, pois não conseguem reproduzir integralmente a complexidade fisiológica da cicatrização *in vivo*, incluindo interações celulares, resposta imune, vascularização e remodelação tecidual.

Nos estudos pré-clínicos analisados, foram identificadas diferentes bases de hidrogel: O trabalho de Watson *et al.* (2022) utilizou o hidrogel de ácido hialurônico,, cinco estudos empregaram bases de quitosana, estes sendo dos autores: Gao *et al.* (2024), Amirian *et al.* (2021) Lu J *et al.* (2023), Chalitagkoon *et al.* (2020) e Tian *et al.* (2021), Castro *et al.* (2025) e Yang *et al.* (2021) utilizaram celulose e derivado da celulose.

Os hidrogéis injetáveis estiveram presentes nos trabalhos de Lei *et al.* (2024), Zhu D.Y *et al.* (2022) três com base derivada da fibroína da seda, isto é, os estudos de Lee G *et al.* (2022), Majumder *et al.* (2020) e Bhar *et al.* (2022). Colocando fim as principais bases naturais de hidrogel, foram identificados dois trabalhos que trataram da base de alginato, os trabalhos de Gutierrez Cisneros *et al.* (2025), e Chalitagkoon *et al.* (2020)

Além disso, cinco estudos trouxeram bases de polímeros sintéticos: polietilenoglicol, polivinilacrilato, poloxâmicos dos autores Gadaime, *et al.* (2025) Wang P, *et al.* (2025), Hipólito, *et al.* (2023) , Gorska, *et al.* (2021) e Giuliano, *et al.* (2024). Além disso, quatorze estudos exploraram bases e modernas e de tecnologia avançada, os de Sadat *et al.* (2025), Zhang *et al.* (2025), Yang *et al.* (2025), Feng B *et al.* (2025), Slobodian *et al.* (2024), Zhang R *et al.* (2025), Ji L *et al.* (2025), Huang T *et al.* (2024), Gupta *et al.* (2022), Cai *et al.* (2025), Tsegay *et al.* (2022), Casado-diaz *et al.* (2022), Chen C *et al.* (2020) e Zhang Y *et al.* (2025).

As bases de hidrogéis utilizadas foram predominantemente derivadas de polímeros naturais, como quitosana, alginato e fibroína da seda, enquanto os polímeros sintéticos constituem uma parcela menor. Essa preferência pelos hidrogéis naturais está diretamente relacionada à sua biocompatibilidade elevada, biodegradabilidade controlada e histórico de segurança comprovado, características que tornam esses materiais adequados para aplicação em cicatrização de lesões cutâneas (Pires *et al.*, 2015)

No que se refere aos hidrocolóides, nove estudos abordaram sua aplicação pré-clínica (Jafari *et al.*, 2025; Rahayu *et al.*, 2025; Abraham *et al.*, 2020; Rodriguez *et al.*, 2023; Le Vat *et al.*, 2022; Ajiteru *et al.*, 2022; Takeuchi *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2022; Chen *et al.*, 2020). Esses curativos mostraram desempenho satisfatório no fechamento da ferida, favorecendo a migração celular e o debridamento autolítico.

Nos estudos analisados, observou-se ainda que alguns curativos hidrocolóides foram associados a nanopartículas com o objetivo de conferir funções adicionais à sua estrutura, como atividade antimicrobiana, estímulo à angiogênese e liberação controlada

de fármacos. (Jafari *et al.*, 2025; Rahayu *et al.*, 2025; Abraham *et al.*, 2020; Rodriguez *et al.*, 2023; Le Vat *et al.*, 2022; Ajiteru *et al.*, 2022.)

Essa incorporação tem se mostrado uma estratégia promissora para potencializar a eficácia desses curativos, ampliando sua ação terapêutica no processo cicatricial. No entanto, a literatura ressalta que a introdução de nanopartículas na matriz hidrolóide requer cautela, pois pode alterar propriedades físico-químicas importantes, como a adesividade e a permeabilidade do material. Assim, esse processo deve ser conduzido de forma rigorosa, com controle da dose e da taxa de liberação, a fim de evitar citotoxicidade e preservar a biocompatibilidade do curativo (Lee *et al.*, 2016; Stoica *et al.*, 2020).

Os resultados que estes curativos promoveram nos estudos pré-clínicos são explicados pelo fato de eles fornecem um suporte estrutural semelhante à matriz extracelular, facilitando a migração e proliferação celular enquanto ocorre a cicatrização. Além disso, as nanopartículas incorporadas podem fornecer sinais bioativos adicionais, como propriedades antimicrobianas e angiogênicas, que aceleraram a reparação tecidual. (Arabpour *et al.* 2024)

De modo geral, os estudos analisados demonstraram que os hidrogéis e hidrolóides apresentaram resultados positivos na cicatrização de diferentes tipos de lesões cutâneas, promovendo aceleração do processo cicatricial, controle da inflamação, estímulo à angiogênese e regeneração tecidual de melhor qualidade. Esses resultados reforçam o potencial destes curativos como biomateriais promissores na área da medicina regenerativa.

Quadro 3: Catalogação dos artigos encontrados no tópico de estudos pré-clínicos

ESTUDO	AUTORES	CURATIVO	RESULTADO
CB-MNCs@CS/HEC/GP promovem a cicatrização de feridas em modelo murino de úlcera de pressão envelhecida	Yang <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel de hidroxietilcelulose/glicerolfosfato	Hidrogel teve resultados clínicos positivos

Preparação e caracterização de hidrogel de tadala-loaded da atividade da cicatrização in vitro	Sadat <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel de tadalofa com nanopartículas	Hidrogel foi promissor e se demonstrou como boa alternativa terapêutica
Hidrogel baseado em ovo-albumina com dendrobium: um polissacarídeo que promove a cicatrização enquanto reduz informações	Zhang <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel de ovoalbumina	Hidrogel demonstrou potencial para uso clínico
Eficiência aprimorada de cicatrização de feridas antimicrobianas e de espessura total de hidrogel carregados com nanopartículas de ZnO e paralisadas avaliação in vitro e in vivo	Khorasani <i>et al.</i> (2021)	Hidrogel de quitosana e PVA nanopartículas de ZnO	Hidrogel se mostrou um tratamento promissor para feridas agudas
Micropartículas de PLGA carregadas com curcumina integradas com hidrogel de ZnO/GelMA microagulhas para cicatrização de feridas infecciosas e redução de cicatrizes hipertróficas	Zhang <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel GelMa nanopartículas de ZnO	Hidrogel se mostrou como alternativa promissora e inovadora no contexto da cicatrização de feridas infectadas

<p>Curativos de hidrogel altamente elásticos, adesivos, biocompatíveis e antibacterianos para cicatrização de feridas.</p>	<p>Yang Z <i>et al.</i> (2021)</p>	<p>Hidrogel de escovas poli-eletrônicas</p>	<p>Hidrogel apresentou resultados satisfatórios: cobertura de ferida estável, ação bacteriostática e cura acelerada</p>
<p>Tratamentos baseados em células padronizadas em dois estágios para regeneração da pele</p>	<p>Chen CL <i>et al.</i> (2020)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Curativo se mostrou como alternativa terapêutica promissora na cicatrização da pele lesada</p>
<p>Hidrogéis antibacteriano a base de ácido hialurônico para uso como curativos de feridas</p>	<p>Watson AL <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Hidrogel de ácido hialurônico</p>	<p>Hidrogel possuiu excelentes resultados clínicos: reduziu efeitos colaterais, minimizou risco de resistência bacteriana e teve adesão e coesão a ferida</p>
<p>Desenvolvimento de um reforço bionatural e de baixo custo de hidrogel de alginato metacrilato usando agentes de reticulação sintética</p>	<p>Cisneros <i>et al.</i> (2025)</p>	<p>Hidrogel de alginato</p>	<p>Hidrogel possuiu desempenho promissor e se mostrou uma alternativa eficaz e econômica no tratamento de feridas</p>
<p>Design e síntese de curativos de hidrogel feito com goma de guar para melhorar as propriedades antimicrobianas e de cicatrização na ferida de pele</p>	<p>Feng B <i>et al.</i> (2025)</p>	<p>Hidrogel de goma de guar</p>	<p>Hidrogel possuiu excelentes resultados clínicos, inibiu o crescimento bacteriano e promoveu a cicatrização de feridas na pele</p>

<p>Hidrogéis à base de poloxamer 407 contendo rutina aumentam os fenômenos de cicatrização de feridas in vivo e in vitro</p>	<p>Giuliano È <i>et al.</i> (2024)</p>	<p>Hidrogel de Poloxamer</p>	<p>Hidrogel demonstrou ser um tratamento promissor e inovador no tratamento de lesões cutâneas</p>
<p>Curativo Hidrogel Avançado com Nanocompósito de Óxido de Zinco-Óxido de Cobre para Manejo Eficaz de Feridas: Mecanismo Químico, Eficácia Antibacteriana, Citocompatibilidade e Potencial de Cicatrização</p>	<p>Gadaime N <i>et al.</i> (2025)</p>	<p>Hidrogel de polietilenoglicol com ZnO</p>	<p>Hidrogel possuiu eficácia clínica na cicatrização</p>
<p>Análise do sistema antioxidante de animais de teste na dinâmica do processo de feridas na aplicação local de curativos de hidrogel</p>	<p>Slobodian <i>et al.</i> (2024)</p>	<p>Hidrogel saturado com medicamento antioxidante</p>	<p>Hidrogel apresentou ação clínica esperada, reduziu os níveis de radicais livres e promoveu a cicatrização</p>
<p>Avaliação comparativa de curativo à base de ácido hialurônico versus curativo hidrocolóide na cicatrização de feridas dérmicas de ratos</p>	<p>Lee <i>et al.</i> (2024)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Curativo possuiu ação clínica satisfatória, acelerando o processo cicatricial em diferentes níveis</p>

<p>Hidrogel supramolecular à base de ácido lipóico rapidamente gelado para impressão 3D de bandagem adesiva</p>	<p>Zhang R <i>et al.</i> (2025)</p>	<p>Hidrogel a base de ficocianina</p>	<p>Hidrogel demonstrou resultados clínicos excelentes ao acelerar a cicatrização em diferentes níveis, além de demonstrar potencial para uso em curativos avançados</p>
<p>Bandagem inteligente com sistema multisensor para cicatrização de feridas e monitoramento do micro ambiente</p>	<p>Ji L <i>et al.</i> (2025)</p>	<p>Hidrogel inteligente</p>	<p>Hidrogel possuiu ação clínica satisfatória e se mostrou promissor e inovador no cuidado de feridas</p>
<p>Uma bandagem de hidrogel funcional dupla comestível com álcool curdlan-quitosan/polivinil ligado a hidrogênio contra MRSA promove a cicatrização de feridas</p>	<p>Gao Y <i>et al.</i> (2024)</p>	<p>Hidrogel de quitosana</p>	<p>Hidrogel demonstrou efeitos positivos na cicatrização e potencial para uso clínica</p>
<p>Fabricação e caracterização de curativo hidrocoloide funcionalizado com matriz extracelular derivada da placenta</p>	<p>Jafari D <i>et al.</i> (2025)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Curativo se mostrou promissor para feridas de difícil cura. Aumentou a reepitelização, formação de folículos</p>

humana para manejo de feridas cutâneas: estudo animal			pilosos e fechamento da ferida
Fabricação de nanopartículas de poliuretano carregadas com óleo essencial de lavanda por método de difusão para uso em hidrocolóides na cicatrização	Rahayu <i>et al.</i> (2025)	Curativo hidrocolóide	Nanopartículas associadas ao curativo se mostraram promissoras para uso clínico, além de demonstrar alta biocompatibilidade e atividade antibacteriana
Hidrogel injetável montado de ácido lipóico/trometamol para cicatrização de feridas hipóxicas em alta altitude	Lei R <i>et al.</i> (2024)	Hidrogel injetável	Hidrogel teve resultados positivos na promoção da cicatrização, com alta adesão, alívio da hipóxia
Hidrogel de hialuronato de sódio para cicatrização de feridas e monitoramento da saúde humana com base em solvente eutético profundo	Huang T <i>et al.</i> (2024)	Hidrogel de hialuronato de sódio	Hidrogel demonstrou ser um curativo eficaz com melhor performance que curativos comerciais
Eficácia de Cura de Feridas do Hidrogel de Celulose em Camundongos ICR: Um Estudo Morfoanatômico, Histológico e Genômico	Castro <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel de celulose	Hidrogel possuiu resultados positivos na cicatrização de lesões

<p>Bandagem a base de hidrogel bioinspirada com adesivos robustos e habilidades antibacterianas para fechamento da pele</p>	<p>Wang <i>et al.</i> (2025)</p>	<p>Hidrogel acrílico</p>	<p>Hidrogel possuiu ação clínica positiva, com alta adesão, resistência e atividade antimicrobiana</p>
<p>Uma abordagem promissora para a cicatrização de feridas - estudo in vivo de nanopontos de carbono infundido com hidrogel de PVA com extrato de Kamias como curativo antibacteriano para feridas</p>	<p>Hipólito <i>et al.</i> (2023)</p>	<p>Hidrogel de polivinil acrilato</p>	<p>Hidrogel promoveu a cicatrização além de por meio da associação exibir atividade antibacteriana</p>
<p>Melhoria da ferida de espessura total usando bandagens de hidrogel a base de dendrite carregados de hesperidina</p>	<p>Gupta P <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Hidrogel a base de dendrimeros</p>	<p>Hidrogel demonstrou boa performance na cicatrização, sendo biocompatível e eficaz</p>
<p>Molhos hidrocolóides incorporados com óxido de cálcio nano para cuidados com feridas</p>	<p>Abraham <i>et al.</i> (2020)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Curativo possuiu ação clínica positiva e superior aos curativos padrões</p>

<p>Hidrogel de nanocompósitos mecanoativos para acelerar o reparo de feridas em peças móveis</p>	<p>Cai C <i>et al.</i> (2025)</p>	<p>Hidrogel inteligente</p>	<p>Hidrogel possuiu ação clínica positiva, demonstrando sua capacidade de reparo acelerado da ferida, angiogênese e reepitelização</p>
<p>Hidrogel injetável termossensível e autorregenerativo carregado com dipotássico glicirrizinato antibacteriano e nati-inflamatório para reparo de feridas cutâneas totais</p>	<p>Zhu <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Hidrogel injetável inteligente</p>	<p>Hidrogel possuiu ação clínica positiva, acelerou a cicatrização, melhorou a deposição de colágeno e reduziu a inflamação</p>
<p>Curativos de hidrogel inteligente impressos em 3D com estrutura auxética para feridas cutâneas</p>	<p>Tsegay <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Hidrogel inteligente</p>	<p>Hidrogel possuiu ação satisfatória, auxiliando na prevenção da evolução das feridas crônicas</p>
<p>EHO-85: Hidrogel amorfo multifuncional contendo extrato de folha de <i>Olea europaea</i> para cicatrização de feridas</p>	<p>Diaz <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Hidrogel de folha de <i>Olea Europea</i></p>	<p>Hidrogel acelerou a cicatrização de feridas difíceis e apresentou excelentes resultados clínicos</p>
<p>Curativos hidrogel antibacteriano à base de peptídeos catiônicos e responsivos a sal para cicatrização</p>	<p>Rodriguez <i>et al.</i> (2023)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Curativo apresentou resultados clínicos positivos na redução das feridas</p>

<p>Hidrogéis de fibroína de seda graftados com catequina do chá verde com atividade de eliminação de espécies reativas de oxigênio para aplicações em cicatrização</p>	<p>Lee G <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Hidrogel de fibroína da seda</p>	<p>Hidrogel possuiu ação clínica satisfatória e desempenho superior na cicatrização em comparação aos géis comerciais</p>
<p>Avaliação do desempenho de um curativo hidrocólóide revestido com nanopartículas de ZnO na cicatrização</p>	<p>Le Vat <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Curativo hidrocólóide</p>	<p>Curativo promoveu cicatrização acelerada e diminuiu a inflamação da ferida</p>
<p>Fabricação e caracterização de um curativo hidrocólóide com mirra para cicatrização de feridas dérmicas</p>	<p>Ajiteru <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Hidrogel hidrocólóide</p>	<p>Hidrogel possuiu ação clínica positiva e superior aos curativos comerciais e padrões</p>
<p>Hidrogel reticulado in-situ à base de pectina amida/quitosana oxidada como potencial curativo para feridas para reparo da pele</p>	<p>Amirian J <i>et al.</i> (2021)</p>	<p>Hidrogel de pectina, amida e quitosana</p>	<p>Hidrogel demonstrou potencial para uso como curativo injetável</p>
<p>Construção e função do curativo robusto e úmido de hidrogel para feridas em bicamada à base de quitosana</p>	<p>Lu J <i>et al.</i> (2023)</p>	<p>Hidrogel de quitosana</p>	<p>Hidrogel possuiu excelentes resultados clínicos</p>

<p>Filmes de hidrogel de quitosana hidróxi-etilacrilato/sal de alginato carregados com prata para curativos com liberação controlada de f�armacos</p>	<p>Chalitangkoon <i>et al.</i> (2020)</p>	<p>Hidrogel de quitosana e alginato</p>	<p>Hidrogel possui a�o clínica satisfatória e esperada</p>
<p>Hidrogel termo-sensível de quitosana hidróxi-butirato inspirado em moluscos e baseado em polipeptídeo para cultura 3D de BMSCs e cicatriza�o de feridas</p>	<p>Tian <i>et al.</i> (2021)</p>	<p>Hidrogel inteligente de quitosana</p>	<p>Hidrogel apresentou com resultado clínico positiva e potencial na regenera�o de tecidos</p>
<p>Melhora da cicatriza�o de feridas usando patch de hidrogel impresso em 3D com peptídeo mimético de VEGF em modelo suíno</p>	<p>Jang M <i>et al.</i> (2021)</p>	<p>Hidrogel GelMa</p>	<p>Hidrogel apresentou a�o clínica positiva e potencial na regenera�o de tecidos</p>
<p>Nanopartículas de óxido de zinco funcionalizadas em hidrogel grafted em tecidos de fibroína de seda como curativo composto eficiente</p>	<p>Majumder <i>et al.</i> (2020)</p>	<p>Hidrogel de fibroína de seda e nanopartículas de ZnO</p>	<p>Hidrogel possui a�o clínica satisfatória e potencial na regenera�o de tecidos</p>

Membranas de criogel de poli(vinil álcool) carregadas com resveratrol como potenciais curativos ativos	Gorska <i>et al.</i> (2021)	Hidrogel de polivinilacrilato	Hidrogel apresentou resultados clínicos positivos e potencial uso como curativo anti-inflamatório
Curativo de hidrocolóide melhora cicatrização de feridas aumentando polarização de gordura macrófagos M2 em camundongos diabéticos	Takeuchi <i>et al.</i> (2020)	Curativo hidrocolóide	Curativo com ação clínica positiva na cicatrização de feridas
Hidrogel de quitosana termo-responsivo para cicatrização de feridas de espessura total infectadas com bactérias XDR	Aliakbar <i>et al.</i> (2020)	Hidrogel de quitosana inteligente	Hidrogel se demonstrou promissor na cicatrização de feridas infectadas
Tratamentos Celulares em Duas Etapas para Regeneração da Pele	Chen C <i>et al.</i> (2020)	Hidrogel (não especificado a base)	Hidrogel apresentou resultados clínicos positivos na regeneração da pele
Sensor de bandagem de hidrogel holográfico para monitoramento contínuo da cicatrização de feridas	Zhang Y <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel holográfico	Hidrogel teve resultados positivos nos testes de monitoramento das feridas

A formulação de fito-hidrogel à base de seda acelera os principais eventos de cicatrização de feridas no modelo de defeito de pele de espessura total	Bhar B <i>et al.</i> (2022)	Hidrogel de fibroína da seda	Hidrogel apresentou resultados clínicos positivos na cicatrização de feridas crônicas
---	--------------------------------	------------------------------	---

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

5.2 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de lesões ulcerativas

A temática que envolve a cicatrização de lesões cutâneas ulcerativas mediadas por biomateriais poliméricos é a segunda mais prevalente entre os artigos analisados nesta revisão. Foram recuperados 23 estudos que abordaram esses curativos aplicados especificamente a esse contexto (Quadro 3), sendo distribuídos da seguinte maneira:

- 12 estudos sobre lesões ulcerativas diabéticas – Moon *et al.* (2020), Gustinelli *et al.* (2022), Dai *et al.* (2025), Yang *et al.* (2025), Jin *et al.* (2025), Mator *et al.* (2021), Korovi *et al.* (2022), Clave *et al.* (2025), Yang *et al.* (2024), Barbosa *et al.* (2022), Rodrigues *et al.* (2021) e Burleva *et al.* (2023);
- 3 estudos sobre lesões ulcerativas venosas – Zhang *et al.* (2023), Sanchez *et al.* (2024) e Araújo *et al.* (2022);
- 2 estudos sobre úlceras crônicas – Liu J *et al.* (2022) e Winser *et al.* (2020);
- 5 estudos sobre úlceras por pressão – Cortes *et al.* (2023), Asgari *et al.* (2022), Gasparino *et al.* (2021), Orlov *et al.* (2021) e Vaziri *et al.* (2021).
- O trabalho de Soriano *et al.* (2022) não especificou o tipo de ferida ulcerativa estudada

As lesões ulcerativas são feridas caracterizadas por perda de tecido cutâneo, são de diversas etiologias, como diabetes, comprometimento vascular (levando ao surgimento de úlceras venosas), pressão contínua sobre o tecido e traumas. Estão associadas a um

processo inflamatório persistente e à redução do aporte vascular local, o que dificulta a cicatrização e exige uma abordagem terapêutica inteligente, capaz de promover uma cura úmida adequada, com manutenção da umidade do leito da ferida, estímulo a angiogênese e controle da infecção. (Rahimi *et al.* 2024).

Os estudos de Moon *et al.* (2020), Dai *et al.* (2025), Yang *et al.* (2025), Jin *et al.* (2025), Matoori *et al.* (2021), Korovin *et al.* (2022), Yang X *et al.* (2024), Barbosa *et al.* (2022), Rodrigues *et al.* (2021), Burleva *et al.* (2023), Zhang *et al.* (2023), Araújo *et al.* (2022), Winser *et al.* (2020), Liu J *et al.* (2022), Asgari *et al.* (2022), Vaziri *et al.* (2021), Gasparino *et al.* (2021) e Soriano *et al.* (2022) os curativos demonstraram desempenho satisfatório no processo cicatricial, com redução do tamanho da ferida, reepitelização tecidual e estímulo à angiogênese — resultados relevantes em feridas com perda tecidual.

Nesse sentido, o hidrogel e os hidrocolóides demonstram ser uma escolha vantajosa em relação a outros curativos, pois mantém a umidade local e hidratam o leito da úlcera, favorecendo a migração celular na fase proliferativa, além de atuar como *scaffold* que guia a regeneração tecidual (Sivaraj *et al.*, 2021).

Em relação as bases mais utilizadas, foram as formulações à base de polímeros naturais, identificado em 16 estudos. Os mais utilizados da classe dos polímeros naturais foram alginato, colágeno, quistosana e os hidrocolóides. Já os polímeros sintéticos estiveram presentes em 6 estudos, o mais utilizado foi a gelatina metacrilada (GelMa), poliuretano, cristais fotônicos e os hidrogéis inteligentes que certamente são produzidos de forma sintética, mediante reações químicas e físicas.

Um aspecto amplamente discutido entre os estudos analisados foi a incorporação de compostos bioativos na matriz do curativo, estratégia que amplia significativamente seu potencial terapêutico. A estrutura tridimensional reticulada dos polímeros permite a encapsulação, o transporte e a liberação controlada de moléculas hidrofílicas e hidrofóbicas, como nanopartículas metálicas, agentes antimicrobianos e fatores de crescimento, de forma gradual e direcionada ao leito da ferida.

Essa característica confere, especialmente aos curativos de hidrogel não apenas função de suporte físico (*scaffold*), mas também papel ativo na regeneração tecidual, favorecendo a cicatrização e reduzindo complicações infecciosas (Lee *et al.*, 2021). No estudo de Matoori *et al.* (2021), por exemplo, a associação do hidrogel com bioativos resultou em redução das amputações associadas a lesões ulcerativas diabéticas — um dado de grande relevância clínica.

Os curativos hidrocolóides foram a escolha terapêutica em aproximadamente 43% dos estudos analisados. No estudo de Cortes *et al.* (2023), o uso de curativos hidrocolóides

promoveu cicatrização eficiente em úlceras por pressão, contudo, o custo-benefício foi considerado desfavorável quando comparado aos curativos convencionais empregados em ambiente hospitalar. De forma semelhante, Clavel *et al.* (2025) observaram que, embora o hidrocolóide tenha apresentado efeito positivo sobre a cicatrização, outro tipo de curativo mostrou-se mais eficaz, promovendo fechamento tecidual mais rápido.

No estudo de Sanchez *et al.* (2024), os curativos hidrocolóides também não se mostraram custo-efetivos, sendo superados por curativos de fator recombinante, considerados mais modernos e com resultados clínicos superiores.

De modo geral, em oito dos dez estudos em que foram apresentados, os hidrocolóides não demonstraram vantagens econômicas ou clínicas expressivas. Apenas nos trabalhos de Rodrigues *et al.* (2021) e Asgari *et al.* (2022) os hidrocolóides obtiveram bons resultados clínicos na promoção da cicatrização adequada, sem ressalvas.

Portanto, nota-se que em aproximadamente 60% dos estudos, os curativos estudados foram a alternativa mais segura e eficaz, com relatos consistentes de redução do tamanho da ferida, melhora da reepitelização e estímulo à angiogênese. Esses achados reforçam o potencial terapêutico desses curativos avançados, capazes de atuar nas fases proliferativa, inflamatória e de remodelamento da cicatrização, além de reduzir complicações infecciosas

Contudo, alguns trabalhos, como o de Cortes, *et al.* (2023) destacaram limitações econômicas relacionadas ao uso dos curativos estudados, principalmente em contextos de aplicação prolongada e em sistemas públicos de saúde ou quando comparado a terapias mais modernas, como os géis de plaquetas autólogos e curativos à base de fatores recombinantes humanos, que apresentaram desempenho superior em termos de velocidade e qualidade da cicatrização.

Observou-se também que em alguns casos os hidrogéis não apresentaram resultados superiores em relação aos curativos convencionais. Gustinelli *et al.* (2022) e Barbosa *et al.* (2022) relataram que os hidrogéis de alginato, embora eficazes na cicatrização, não demonstraram benefícios clínicos significativos em comparação aos curativos tradicionais. Essas diferenças reforçam que a escolha do curativo deve considerar não apenas a eficácia clínica, mas também o tipo e a gravidade da lesão, o perfil do paciente e os recursos disponíveis. O estudo de Orlov *et al.* (2023) foi o único a relatar ausência de resultados clínicos satisfatórios, ao comparar o hidrocolóide com um curativo de espuma, o qual demonstrou melhor absorção do exsudato e menor necessidade de trocas.

Esses resultados indicam que a eficácia dos hidrogéis e hidrocolóides não é absoluta, mas depende de fatores intrínsecos e extrínsecos à lesão, como o tipo de tecido,

o contexto clínico e as condições de uso, especialmente a necessidade de trocas. Assim, embora esses biomateriais apresentem desempenho majoritariamente positivo, sua efetividade final está diretamente associada à personalização do tratamento e à adequada seleção do curativo conforme o cenário clínico. (Zhao *et al.*, 2021).

Quadro 4: Catalogação dos estudos encontrados no tópico de lesões ulcerativas

ESTUDO	AUTORES	CURATIVO	RESULTADO
Potencial das células-tronco derivadas de tecido adiposo alogênico – complexo de hidrogel para tratamento de úlceras em pé diabético	Moon <i>et al.</i> (2020)	Hidrogel derivado de células tronco	Resultados clínicos positivos no tratamento das úlceras do pé diabético.
Hidrogel enriquecido com alginato de sódio e vitaminas A e E para úlcera de pé diabético: um ensaio clínico, randomizado e controlado	Gustinelli <i>et al.</i> (2022)	Hidrogel de alginato	Não apresentou benefícios clínicos evidentes em relação aos curativos convencionais.
Uma nova matriz fluida à base de colágeno humano recombinante para doenças crônicas inferiores. Tratamento de feridas em membros: primeiros resultados de um ensaio clínico	Wiser <i>et al.</i> (2020)	Hidrogel à base de colágeno	Apresentou bons resultados clínicos, com redução do tamanho da ferida.
Um adesivo de hidrogel heterogêneo com atividade mecânica e bioatividade para cicatrização de feridas diabéticas crônicas	Dai <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel com poliuretano	Resultados clínicos positivos na cicatrização de feridas.

Hidrogel multifuncional visando a senescência para acelerar a cicatrização de feridas diabéticas por meio da promoção da angiogênese	Yang <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel GelMa	Eficaz na cicatrização de feridas diabéticas, promissor em terapias regenerativas.
Hidrogéis funcionalizados com nanopartículas derivadas de limão regulam a reprogramação de macrófagos para promover a cicatrização de feridas diabéticas	Jin <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel GelMa	Estratégia inovadora, eficaz e biocompatível para o tratamento de feridas diabéticas.
Bandagens avançadas para cicatrização de feridas diabéticas	Matoori <i>et al.</i> (2021)	Hidrogel inteligente (liberador de agentes bioativos)	Acelerou a cicatrização e reduziu amputações associadas.
Impacto dos curativos hidrocolóides na prevenção de úlceras de pressão em pacientes de alto risco: um ensaio randomizado controlado (PENFUP)	Cortés <i>et al.</i> (2023)	Curativo hidrocolóide	Bons resultados clínicos, porém com alto custo-benefício.
Estudo comparando curativo de gel de sílica e curativo de alginato na cura de úlceras venosas nas pernas	Zhang L <i>et al.</i> (2023)	Hidrogel de alginato	Eficácia clínica positiva e similar entre as formulações.

Hidrogéis de cristal fotônicos inteligentes para monitoramento visual de glicose na cicatrização de feridas diabéticas	Yang X <i>et al.</i> (2024)	Hidrogel de cristais fotônicos	Ação clínica positiva na monitoração e no tratamento das feridas.
Análise de custoefetividade do fator de crescimento epidérmico humano recombinante versus terapia com hidrocoloide no tratamento de úlcera venosa	Sanchez <i>et al.</i> (2024)	Curativo hidrocolóide	Efeitos positivos, porém menos custo-efetivo que o fator de crescimento epidérmico.
Diferenças no desempenho profilático entre curativos usados contra úlceras por pressão causadas por máscara de pressão positiva	Orlov <i>et al.</i> (2023)	Curativo hidrocolóide	Curativo de espuma apresentou melhor desempenho protetor.
Hidrogel enriquecido com alginato de sódio e vitaminas A e E para úlcera do pé diabético: ensaio controlado randomizado	Barbosa MG <i>et al.</i> (2022)	Hidrogel de alginato	Eficaz, mas sem benefício significativo sobre curativos tradicionais.
Estudo de material funcional hidrocélular como curativo microbicida para cicatrização de feridas diabéticas	Rodrigues M <i>et al.</i> (2021)	Curativo hidrocolóide	Boa eficácia e melhora na qualidade de vida dos pacientes.

Experiência em terapia complexa de úlceras tróficas de membros inferiores de origem diabética venosa	Burleva EP <i>et al.</i> (2023)	Hidrogel de alginato e hidrocolóide	Eficácia comprovada no tratamento de feridas ulcerativas.
Ensaio clínico comparando curativos de gel hidrocolóide padrão e com extrato de <i>Syzygium cumini</i>	Araújo GRD <i>et al.</i> (2022)	Curativo hidrocolóide	Eficaz, mas sem vantagem significativa sobre os curativos padrões.
Efeitos do gel <i>Boswellia</i> (Frankincense) e do curativo hidrocolóide na cicatrização de úlceras de pressão	Vaziri <i>et al.</i> (2021)	Curativo hidrocolóide	Ação cicatrizante sem vantagem significativa sobre o gel de incenso.
Tratamento complexo de úlceras de membros inferiores em pacientes com diabetes mellitus tipo 2	Korovin <i>et al.</i> (2022)	Curativo hidrocolóide	Hidrogel não foi o mais adequado; estimulação adicional foi mais eficiente.
Comparação de curativos hidrocolóides e nanopartículas de prata no tratamento de úlceras por pressão	Asgari <i>et al.</i> (2022)	Curativo hidrocolóide	Resultados clínicos excelentes.
Curativos profiláticos na prevenção de úlceras por pressão relacionadas ao uso de EPI durante a pandemia de COVID-19	Gasparino RC <i>et al.</i> (2021)	Curativo hidrocolóide	Eficaz na prevenção de lesões e de menor custo.

Eficácia clínica do curativo hidrocolóide à base de quitosana no tratamento de feridas crônicas refratárias	Liu J <i>et al.</i> (2022)	Hidrogel de quitosana	Excelentes resultados clínicos, com rápida cicatrização e alívio de sintomas.
Superioridade de um novo hidrogel amorfo multifuncional contendo extrato de <i>Olea europaea</i> (EHO-85) para tratamento de úlceras cutâneas	Soriano <i>et al.</i> (2022)	Hidrogel amorfo convencional	Resultados excelentes: redução da área da ferida e controle da dor.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

5.3 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de lesões de queimaduras

As lesões causadas por queimaduras são lesões dérmicas profundas, cuja cicatrização é complexa e desafiadora, pois envolvem destruição celular e dano extenso. São caracterizadas pela presença de exsudato inflamatório e tecido necrótico, e podem variar em graus de profundidade — de primeiro a terceiro grau (Fei *et al.* 2025).

Na temática que aborda a utilização de hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de lesões cutâneas decorrentes de queimaduras, foram recuperados 18 artigos (Quadro 4). Em grande parte deles, isto é, 17 estudos os curativos estudados foram eficazes, especialmente em lesões em crianças, como relatado nos estudos de Denise *et al.* (2021); Martinez *et al.* (2021); Badreldin *et al.* (2024); e Budkevich *et al.* (2020).

Entre os achados mais recorrentes estão os relacionados à qualidade da pele regenerada e da cicatriz formada. Nos trabalhos de Zhaobet *et al.* (2025); Sanchez *et al.* (2022); Li C *et al.* (2024); Badreldin *et al.* (2024); e Wallace *et al.* (2020), foram descritos resultados como remodelação tecidual saudável, diminuição da hiperplasia cicatricial, aumento da espessura dérmica, cicatrização atraumática, menor necessidade de enxertos cutâneos e redução da vermelhidão.

Quanto a remodelação tecidual saudável, entende-se que isso ocorre porque estes curativos criam um microambiente úmido e protetor, que favorece a hidratação da ferida, a migração de fibroblastos e a síntese de colágeno, fatores essenciais para a regeneração

dérmica e a formação de cicatrizes mais funcionais e esteticamente satisfatórias (Thomas *et al.*, 2025).

Além disso, ao reduzir a hiperplasia cicatricial e melhorar a espessura dérmica, o curativo promove uma cicatrização mais harmoniosa e estética, menos propensa a deformidades cutâneas, o que reflete diretamente na autoestima e na qualidade de vida dos pacientes, principalmente em queimaduras extensas ou localizadas em áreas visíveis, diminuindo o impacto estético e funcional da cicatriz sob a vida do paciente (Ringrose *et al.* 2025)

Em 13 estudos, foram ainda relatados benefícios adicionais, como segurança biológica, facilidade de aplicação e atenuação da inflamação e da infecção, especialmente quando os curativos foram associados a nanopartículas ou agentes bioativos — conforme os trabalhos de Ren *et al.* (2025); Denise *et al.* (2021); Zabihi *et al.* (2023); Yan T *et al.* (2020); Oshima J *et al.* (2023); Wang Q *et al.* (2025); Martinez *et al.* (2021); Tianwattanatada *et al.* (2021); Saaiq *et al.* (2023); Ben C *et al.* (2021); Budkevich *et al.* (2020) e Balderldien *et al.* (2024).

Outro ponto relevante é a redução da necessidade de enxertos cutâneos, como demonstrado no estudo de Saaiq *et al.* (2023). Ao manter o leito da ferida úmido, controlar o microambiente inflamatório e estimular a regeneração, o hidrocolóide pode favorecer o fechamento espontâneo da lesão, evitando a cirurgia em alguns casos. Essa vantagem representa benefícios clínicos, econômicos e psicológicos significativos.

Quanto às formulações, os mais recorrentes foram hidrogéis à base de quitosana e os curativos hidrocolóides, frequentemente associados a nanopartículas e outros agentes bioativos. Também foram descritas formulações experimentais específicas, como o hidrogel desenvolvido a partir de exossomos de chifre de veado (Zhao *et al.*, 2025).

A quitosana, por ser um polímero natural com propriedades antibacterianas e bioativas, auxilia no controle de infecções e estimula a regeneração tecidual. Essas características tornam o polímero especialmente útil em queimaduras, cuja evolução para necrose e a alta suscetibilidade à colonização bacteriana representam um desafio clínico significativo. A capacidade da quitosana de criar um microambiente úmido e protetor favorece a migração celular e a remodelação tecidual, resultando em cicatrizes de melhor qualidade, com redução de deformidades e menor hiperplasia cicatricial (Kulka *et al.* 2023).

Já os hidrocolóides, apresentam excelente capacidade de manter o ambiente úmido e são especialmente eficazes em queimaduras superficiais e de espessura parcial (primeiro e segundo grau), pois promovem cicatrização rápida e com menor dor durante o processo. Quando combinados a outras terapias, como nanopartículas ou plasma rico em plaquetas (PRP), demonstram resultados ainda mais expressivos — como observado em Sanchez *et*

al. (2022), que combinou o curativo hidrocolóide com PRP, e Li C *et al.* (2023), que associou o curativo a nanopartículas de heparina e cálcio.

Resultados semelhantes foram descritos por Oshima *et al.* (2023); Martinez *et al.* (2021); Tianwattanatada *et al.* (2021); e Budkevick *et al.* (2020).

De forma geral, os resultados apontam que estes curativos apresentaram desempenho positivo na cicatrização de queimaduras, demonstrando eficácia tanto na regeneração tecidual quanto na melhoria da estética da cicatriz e na redução de complicações infecciosas.

Por outro lado, o estudo de Rehan *et al.* (2024) evidenciou que, em queimaduras de segundo grau, o uso de hidrogel exigiu maior frequência de trocas de curativo, aumentando o risco de contaminação bacteriana e desconforto ao paciente. Esse achado ressalta que, embora os hidrogéis ofereçam múltiplos benefícios, sua efetividade clínica não é universal e depende de alguns fatores, dentre eles o contexto clínico do paciente.

Portanto, a escolha do curativo deve ser pensada, considerando o grau da queimadura, a profundidade da lesão, o perfil do paciente e as condições clínicas específicas, garantindo que os benefícios dos hidrogéis e dos hidrocolóides sejam maximizados sem comprometer a segurança do paciente.

Quadro 5: Catalogação dos artigos encontrados no tópico lesões por queimaduras

ESTUDO	AUTORES	CURATIVO	RESULTADOS
Hidrogéis de quitosana carregados com Cu ₃ SnS ₄ para o tratamento de queimaduras de segundo grau	Ren <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel de quitosana incorporado com bioativos	Eficaz na cicatrização de feridas, mitigou a inflamação e apresentou ação antibacteriana.
Eficácia de um curativo de hidrogel como adjuvante analgésico de primeiros socorros para o tratamento de queimaduras agudas pediátricas: um ensaio clínico randomizado prospectivo	Denise <i>et al.</i> (2021)	Hidrogel (Base não especificada)	Resultados positivos, com destaque para a facilidade de aplicação.

<p>Impacto da raiz de alcaçuz no processo de cicatrização de queimaduras: um ensaio clínico randomizado controlado duplo cego</p>	<p>Zabihi <i>et al.</i> (2023)</p>	<p>Hidrogel de raiz de alcaçuz</p>	<p>Demonstrou eficácia no tratamento das lesões.</p>
<p>Hidrogel composto de lisossomos de células-tronco de chifre de viado promove o reparo da pele queimada</p>	<p>Zhao <i>et al.</i> (2025)</p>	<p>Hidrogel de exossomos</p>	<p>Aumentou a taxa de cicatrização, a qualidade da pele regenerada e a espessura dérmica.</p>
<p>Curativo de nanocelulose bacteriana comparado com o curativo hidrocolóide para o tratamento de queimadura de segundo grau de espessura parcial: um ensaio de controle prospectivo e randomizado</p>	<p>Rehan M <i>et al.</i> (2024)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Resultados clínicos excelentes, com redução da dor; contudo, maior número de trocas elevou o risco de infecção.</p>
<p>Plasma rico em plaquetas e plasma rico em fatores de crescimento para o tratamento do local de doador de enxerto de pele de espessura dividida no ambiente do paciente queimado: um ensaio clínico randomizado</p>	<p>Sánchez <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Diminuição do tempo de epitelização e melhora na qualidade da cicatriz formada.</p>

<p>Efeito do curativo hidrocolóide combinado com heparina de baixo peso molecular e cálcio na hiperplasia cicatricial em pacientes com queimaduras com tromboembolismo venoso</p>	<p>Li C <i>et al.</i> (2023)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Reduziu o tempo de cicatrização, hiperplasia cicatricial, dor e infecção.</p>
<p>Curativo de hidrogel arquitetônico biomimético em dupla camada com auto-contratura térmica inteligente para cicatrização aprimorada de queimaduras</p>	<p>Wang Q <i>et al.</i> (2025)</p>	<p>Hidrogel biomimético</p>	<p>Promoveu fechamento rápido da ferida e redução da inflamação.</p>
<p>Abordagem para queimaduras em pacientes pediátricos de atenção primária</p>	<p>Martinez <i>et al.</i> (2021)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Ação satisfatória na cicatrização, comparável a outros curativos avançados.</p>
<p>Teste de eficácia clínica do curativo de poliéster contendo extratos de ervas e creme de sulfadiazina de prata comparado com o creme de sulfadiazina de prata em feridas de queimaduras</p>	<p>Tianwattanatada <i>et al.</i> (2021)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Resultados clínicos superiores à aplicação do creme isolado.</p>

Curativo de feridas hidrocolóides para selar feridas com pele normal pobre: terapia de feridas de pressão negativa para queimaduras de membros profundos	Oshima J <i>et al.</i> (2023)	Curativo hidrocolóide	Resultados clínicos positivos associados à terapia de pressão negativa.
Um hidrogel de colágeno humano recombinante para o tratamento de queimaduras de espessura parcial	Ben C <i>et al.</i> (2021)	Hidrogel de colágeno	Apresentou grande potencial clínico para queimaduras parciais.
Hidrogel conjugado de quitosana-gentamicina que promove o reparo de queimaduras da pele	Yan T <i>et al.</i> (2020)	Hidrogel de quitosana	Acelerou a cicatrização, aumentou a fibrogênese e modulou a inflamação.
Curativos à base de hidrogel e cuidados multidisciplinares em queimaduras pediátricas graves	Badreldin <i>et al.</i> (2024)	Hidrogel de glicerina e ácido hialurônico	Cicatrização satisfatória e prevenção de cicatrizes hipertróficas.
Material de colágeno bioplástico Collost para o tratamento de queimaduras	Budkevich <i>et al.</i> (2020)	Curativo hidrocolóide	Alternativa eficaz, funcional e econômica, com resultados positivos.

Desenvolvimento de modelos dinâmicos celulares e organotípicos de pele para investigação de novo tratamento viscoelástico para queimaduras	Wallace <i>et al.</i> (2020)	Hidrogel com complexo mineral marinho	Melhora da função celular, hidratação e remodelamento tecidual saudável.
Arduraduras nas mãos em pediatria	Budkevich LI <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel hidrocolóide com prata	Bons resultados clínicos, com cicatrização atraumática.
Resultado de apresentação e gerenciamento de queimaduras de escaldaduras na infância gerenciadas com curativos hidrocolóides comparados com curativos de sulfadiazina de prata	Saaqi M <i>et al.</i> (2023)	Curativo hidrocolóide	Resultados promissores em termos de cicatrização em lesões por escaldadura.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

5.3 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de lesões por incisão pós-cirúrgica

No contexto da cicatrização de lesões pós incisão cirúrgica mediadas por hidrogéis e hidrocolóides foram recuperados oito estudos (Quadro 5). Dentre estes, os trabalhos de Fan *et al.* (2020), Scheck M *et al.* (2023) e Tsubouchi *et al.* (2024) envolveram cicatrizes de cesárea. Os cinco estudos restantes — Xu S *et al.* (2021), Choi *et al.* (2020), Koivuniemi *et al.* (2020), Holmes *et al.* (2022) e Valderrama *et al.* (2021) — analisaram feridas advindas de outras cirurgias, incluindo cirurgia sacrococcígea, blefaroplastia, enxerto de pele, cirurgias dermatológicas e cirurgia de abdômen aberto.

Nos estudos de cesárea, Scheck M *et al.* (2023) e Tsubouchi *et al.* (2024) utilizaram curativos hidrocolóides, relatando redução da infecção e menor risco de cicatrizes hipertróficas, além de benefícios relacionados ao manejo do curativo, como facilidade de aplicação e baixo custo.

Xu S *et al.* (2021) comparou um curativo hidrocolóide a um curativo tradicional na cirurgia sacrococcígea, o curativo avançado demonstrou redução da infecção, menor tempo de internação e aceleração da cicatrização. Choi *et al.* (2020), Holmes *et al.* (2022) e Valderrama *et al.* (2021) também utilizaram curativos hidrocolóides, com bons resultados clínicos, isto é, cicatrização satisfatória, melhor aparência da cicatriz, ausência de fistulas e deformidades, além de satisfação dos pacientes.

De forma geral, em 75% dos estudos analisados houve emprego dos curativos hidrocolóides, destacando-se por possuir bons resultados para esse contexto clínico. Os curativos hidrocolóides são indicados para feridas pouco exsudativas e limpas, características frequentemente observadas em incisões cirúrgicas.

Essa formulação forma uma barreira semi-oclusiva, capaz de manter o ambiente úmido e protegido contra microrganismos, isso leva, respectivamente, a uma cicatrização satisfatória com melhor cura e aparência da cicatriz e à redução da infecção do sítio cirúrgico, também a formulação permite trocas gasosas e absorção do exsudato, como resultado obtém-se um processo cicatricial mais acelerado e aumento da vascularização, além de reduzir o trauma local durante a troca do curativo, facilitando o manejo do curativo. (Thomas *et al.* 2008).

Além dos benefícios clínicos, os hidrocolóides também se mostraram acessíveis economicamente, conforme relatado por Valderrama *et al.* (2021) e Xu S *et al.* (2021), o que reforça seu potencial de aplicação em ambientes hospitalares públicos e contextos de baixo recurso, mantendo qualidade e eficiência terapêutica.

De acordo com estudos envolvendo a escolha de curativos em ambientes públicos de saúde, apesar de apresentarem um custo unitário superior aos curativos tradicionais, os hidrocolóides se mostram mais econômicos a médio e longo prazo, pois demandam menos trocas, reduzem o tempo de internação e diminuem complicações, fatores que impactam diretamente na otimização de recursos hospitalares. Essa relação custo- benefício torna os hidrocolóides uma alternativa sustentável e acessível para o manejo de feridas em ambientes de recursos limitados (Albuquerque *et al.* 2023)

Já no estudo de Koivuniemi *et al.* (2020) foi utilizado um hidrogel com base de celulose nanofibrilar em área doadora de enxerto de pele, os resultados foram uma cicatrização eficiente, melhora da espessura dérmica e aumento da vascularização.

Os hidrogéis à base de celulose destacam-se por sua elevada biocompatibilidade e uma estrutura porosa e tridimensional que favorece a retenção de água, promovendo uma hidratação contínua da ferida e conseqüentemente uma cicatrização eficiente, além da

difusão de nutrientes e gases que estimulam a vascularização. Essas propriedades tornam os hidrogéis de celulose uma das alternativas mais promissoras entre os biomateriais utilizados na cicatrização cutânea, sobretudo em feridas cirúrgicas e queimaduras, onde o controle da hidratação e adesão do curativo são fundamentais. (Guamba *et al.* 2023).

O trabalho de Fan *et al.* (2020), também apresentou o hidrogel para tratamento de cicatriz de cesárea, neste caso um hidrogel experimental de células troncos mesenquimais comparado a um hidrogel placebo, o estudo com teor comparativo não apresentou diferenças significativas entre os grupos em relação à cicatrização.

Apesar de não apresentar diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em relação à cicatrização, o estudo relatou melhora no aspecto geral da cicatriz em ambos os grupos, indicando que, os hidrogéis independente da formulação contribuem para a melhora estética da cicatriz. Esses achados reforçam a importância de considerar o contexto clínico e as características específicas do biomaterial na escolha do curativo.

Quadro 6: Catalogação dos artigos encontrados no tópico lesões pós incisão cirúrgicas.

ESTUDO	AUTORES	CURATIVO	RESULTADO
Curativo “sandwich” para reduzir infecções do sítio cirúrgico durante cirurgia sacrococcígea: análise retrospectiva	Xu S <i>et al.</i> (2021)	Curativo hidrocolóide	Hidrogel apresentou bons resultados clínicos, reduziu o risco de infecções, custos hospitalares e tempo de internação
Método Cirúrgico Modificado com Blefaroplastia para Tratamento de Xanthelasma Palpebrarum	Choi <i>et al.</i> (2020)	Curativo hidrocolóide	Hidrogel apresentou resultados clínicos satisfatórios, sem intercorrências na cicatrização e alta satisfação dos pacientes

<p>Estudo clínico de hidrogel de celulose nanofibrilar. Curativo para tratamento de área doadora de enxerto de pele.</p>	<p>Koivuniemi <i>et al.</i> (2020)</p>	<p>Hidrogel de celulose</p>	<p>Hidrogel possui ações clínicas positivas, promoveu uma cicatrização eficiente, melhora da espessura dérmica e vascularização</p>
<p>Experiências na implementação de curativos hidrocolóides após cesariana</p>	<p>Scheck <i>et al.</i> (2023)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Hidrogel demonstrou eficácia clínica, com redução da infecção e diminuição da taxa de cicatrização. Porém, com ressalvas da equipe clínica devido a dificuldade de remoção do curativo</p>
<p>Efeito Preventivo dos Curativos Hidrocolóides na Cicatriz Hipertrófica de Feridas PósCesariana: Um Estudo Piloto Randomizado.</p>	<p>Tsubouchi <i>et al.</i> (2024)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Hidrogel demonstrou resultados clínicos positivos, como redução do risco de cicatrizes hipertróficas</p>
<p>Hidrogel versus Cuidados Convencionais em Feridas Pós-Cirurgia Dermatológica</p>	<p>Holmes SP <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Curativo hidrocolóide</p>	<p>Hidrogel possui ações clínicas satisfatória aos pacientes, maior conforto e conveniência de aplicação e melhor aparência da cicatriz formada</p>

Gerenciamento bem-sucedido do abdômen aberto com curativo hidrocolóide em ambiente restrito a recursos	Valderrama OM <i>et al.</i> (2021)	Curativo hidrocolóide	Hidrogel demonstrou bons resultados ao ser pontuado como método mais econômico, simples e eficaz
Eficácia e segurança das células tronco mês em que mais do cordão umbilical no tratamento de cicatrizes cutâneas de Cesárea um ensaio clínico randomizado	Fan <i>et al.</i> (2020)	Hidrogel de células tronco	A base de hidrogel demonstrou eficácia na cicatrização de feridas, porém em diferentes níveis

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

5.4 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de lesões de acne ou pós acne

No contexto da cicatrização de lesões cutâneas de origem acneica ou pós-acne,, foram recuperados seis estudos relevantes (Quadro 6). Os hidrogéis têm se destacado como biomateriais promissores na dermatologia, principalmente devido à sua capacidade de atuar como sistemas *drug delivery*, isto é, plataformas que permitem o transporte e a liberação controlada de fármacos diretamente na pele.

Esses sistemas aproveitam a estrutura tridimensional do hidrogel para encapsular moléculas terapêuticas, protegendo-as de degradação química ou enzimática e aumentando sua estabilidade. Ao mesmo tempo, essa matriz polimérica regula a liberação do ativo de forma gradual e localizada, garantindo biodisponibilidade prolongada no tecido alvo e minimizando efeitos adversos. Esse mecanismo permite combinar proteção física, hidratação e liberação controlada de bioativos, consolidando os hidrogéis como ferramentas versáteis e inovadoras na prática clínica dermatológica.

Em lesões acneicas ou cicatrizes pós-acne, os hidrogéis funcionam como veículos que facilitam a penetração de agentes anti-inflamatórios, antimicrobianos ou

regenerativos na epiderme e derme, mantendo o microambiente úmido da pele e potencializando a eficácia terapêutica do fármaco (Gheluwe *et al.*, 2021).

Em lesões de acne, os hidrogéis se mostraram como plataformas "drug delivery" em cinco, de seis estudos recuperados, em específico nos trabalhos de Chen *et al.*, (2024), Trager *et al.* (2025), Pereira *et al.* (2025), Fang *et al.* (2025), e Tomiya *et al.* (2020).

Em um ensaio clínico conduzido por Chen *et al.* (2024) com 12 participantes portadores de cicatrizes pós-acne em diferentes graus, verificou-se que um hidrogel experimental contendo nanopartículas bioativas de toxina botulínica A foi eficaz na melhora das cicatrizes pós acne (PSA), atuando principalmente na redução da inflamação local. Este efeito anti-inflamatório induzido pelas nanopartículas é relevante pois favorece a migração de fibroblastos e queratinócitos, acelerando a reepitelização e promovendo regeneração dérmica adequada.

De forma semelhante, Trager *et al.* (2025) investigaram a aplicação de um hidrogel experimental incorporado a nanopartículas de zinco para o tratamento da acne vulgar, observando resultados positivos relacionados à absorção do exsudato inflamatório, à secagem das lesões ativas e ao controle da inflamação.

Além disso, os trabalhos de Fang *et al.* (2025) e Tomiya *et al.* (2020) avaliaram hidrogéis carregados com ácido azelaico e relataram eficácia terapêutica significativa, destacando que a formulação em hidrogel potencializou a retenção e biodisponibilidade do fármaco na derme, reforçando seu papel como sistema de liberação controlada (drug delivery) e resultando na maior eficácia em termos de cicatrização.

Por fim, Pereira *et al.* (2025) realizou um estudo que desenvolveu um adesivo de hidrogel com base de gelatina e ácido tânico para tratar a acne advinda de uso prolongado de equipamentos de proteção individual. O desenvolvimento foi bem-sucedido, o hidrogel apresentou ação satisfatória na cicatrização da acne e no fornecimento de agentes terapêuticos para controle da acne, além de proteção física para a pele.

O estudo de Soleymani *et al.* (2020) realizou um ensaio clínico com um hidrogel experimental formulado a partir do extrato de planta medicinal (*Nigella Sativa*) para tratamento da acne vulgar, demonstrando ação satisfatória tanto no controle da inflamação quanto na qualidade da pele regenerada, evidenciando efeito o anti-inflamatório e regenerativo, reforçando o potencial do hidrogel como plataforma terapêutica flexível que ainda é estudada experimentalmente e que pode ser explorada futuramente na ciência dos biomateriais.

Outro ponto relevante é que a maioria dos hidrogéis utilizados nos estudos foi de natureza experimental, sendo alguns formulados com polímeros naturais como gelatina, enquanto outros incorporaram nanopartículas para potencializar efeitos terapêuticos. A escolha do polímero influencia diretamente a adesão ao tecido e a liberação controlada dos bioativos, sendo fatores determinantes para o sucesso clínico do tratamento. (Li *et al.* 2022)

Em resumo, os cinco estudos demonstram que os hidrogéis atuam como curativos físicos e sistemas de *drug delivery*, promovendo melhora da inflamação, maior biodisponibilidade de fármacos, regeneração dérmica e resultados estéticos superiores.

A capacidade de modular a penetração cutânea, proteger os ativos terapêuticos e estimular a reepitelização evidencia a versatilidade do hidrogel, consolidando-o como uma ferramenta inovadora e promissora no tratamento de cicatrizes pós-acne e acne ativa. Além disso, a incorporação de nanopartículas ou bioativos naturais amplia o potencial do hidrogel, oferecendo tratamentos mais específicos e adaptáveis às necessidades de cada paciente. (Van *et al.* 2021)

Quadro 7: Catalogação dos artigos encontrados no tópico lesões de acne.

ESTUDO	AUTORES	CURATIVO	RESULTADOS
Liberação transdérmica de toxina botulínica-A por meio de nanolipossomos de fosfatidilcolina/colesterol para o tratamento de cicatrizes pós- acne”	Chen <i>et al</i> (2024)	Hidrogel de ácido hialurônico	Hidrogel demonstrou melhora sobre as cicatrizes pós acne. Os dois hidrogéis comparados foram eficazes em diferentes níveis
Desenvolvimento de transportadores de hidrogel glutationala contendo micropartículas de óxido de zinco para os processos de regeneração da pele.	Trager <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel com polietilenoglicol e alginato de sódio	Hidrogel apresentou resultados clínicos positivos na regeneração de lesões cutâneas, como a acne.

Adesivo de hidrogel a base de gelatina/ácido tânico para tratamento de lesões cutâneas relacionadas a equipamentos de proteção individual	Pereira <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel de gelatina e ácido tânico	Hidrogel apresentou os resultados esperados de proteção a epiderme e fornecimento de agentes terapêuticos
Um hidrogel miscível com ácido aze laico e líquidos iônicos para tratamento da acne vulgar: maior solubilidade e retenção na pele	Fang <i>et al.</i> (2025)	Hidrogel de ácido azelaico	Hidrogel demonstrou eficácia no tratamento de acne vulgar e a formulação melhorou a retenção do produto na pele
Efeito de um hidrogel de Nigella Sativa L. Na acne vulgar: ensaio clínico randomizado duplo-cego	Soleymani <i>et al.</i> (2020)	Hidrogel de Nigella Sativa	Hidrogel apresentou eficácia no tratamento da acne vulgar
Preparação de Hidrogéis in Situ carregados com nanocristais de ácido azelaico e estudo de desempenho de sua aplicação dérmica	Tomiya <i>et al.</i> (2020)	Hidrogel de pluronic e ácido hialurônico/ácido azelaico	Hidrogel demonstrou eficácia clínica na aplicação cutânea contra acne

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

5.5 Hidrogéis e hidrocolóides na cicatrização de outras lesões

A aplicação dos curativos avançados estudados na cicatrização de outras lesões cutâneas foi identificada em sete estudos (Quadro 7). Dentre eles, três abordaram o uso em casos de dermatite – Boira *et al.* (2021), Cao Y *et al.* (2024) e Giacaman *et al.* (2023) - dois em cicatrizes hipertróficas – De Oliveira *et al.* (2020) e Mpas *et al.* (2025) - um em lesão por herpes zoster, o trabalho de Kiedrowski *et al.* (2023) e um em lesão causada por drenagem torácica – Imamura *et al.* (2022).

A análise desses estudos evidencia a versatilidade dos curativos hidrocolóides, que se destacaram como a base mais frequentemente utilizada. Esses biomateriais apresentam propriedades de reparação tecidual, como a manutenção de um ambiente úmido, a

absorção de exsudato em níveis moderados e a formação de uma barreira protetora contra agentes externos, o que explica sua ampla aplicação em contextos clínicos distintos. (Thomas *et al* 2008).

Nos estudos referentes à dermatite, Boira *et al.* (2021) e Giacaman *et al.* (2023) utilizaram curativos hidrocolóide e apresentaram resultados clínicos positivos, com redução do desconforto local e aceleração da cicatrização. Esses achados reforçam o potencial do curativo em lesões caracterizadas por dor, inflamação e comprometimento da barreira cutânea, em que o controle do microambiente é determinante para a recuperação.

No contexto das cicatrizes hipertróficas, os trabalhos de De Oliveira *et al.* (2020) e Mpas, *et al.* (2025) demonstraram que o emprego do curativo hidrocolóide esteve associado não apenas à redução significativa do volume cicatricial, mas também a altos índices de satisfação dos pacientes. Esses resultados são relevantes, uma vez que cicatrizes hipertróficas representam um desafio terapêutico, com impacto estético e funcional, e a utilização de hidrocolóides oferece uma alternativa não invasiva e de baixo custo em comparação a métodos mais complexos.

Além disso, observa-se o uso dos hidrocolóides em condições clínicas específicas, como nas lesões por herpes zoster ativo - Kiedrowski, *et al.* (2023) - e em feridas decorrentes de drenagem torácica – Imamura *et al.* (2022). Em ambos os casos, os resultados foram positivos, evidenciando redução da dor, melhora da qualidade de vida e favorecimento do fechamento da ferida. Esse conjunto de evidências demonstra a capacidade dos curativos hidrocolóides de atuarem não apenas como barreiras físicas, mas também como recursos terapêuticos que proporcionam conforto ao paciente e favorecem a cicatrização em situações diversas.

Ainda no grupo das dermatites, embora o estudo de Cao Y *et al.* (2024) tenha empregado um hidrogel à base de alginato, os benefícios relatados - como a redução da área da ferida em dermatite radiológica aguda e a absorção eficiente do exsudato - ressaltam que diferentes matrizes de hidrogel podem atuar de forma eficaz, mas o hidrocolóide permanece como referência pela simplicidade de uso e boa resposta clínica.

Por fim, de forma geral, os achados dos estudos sugerem que o uso de curativos de avançados na cicatrização de lesões cutâneas de diferentes origens se destaca pela eficácia clínica, simplicidade de aplicação e acessibilidade econômica.

Quadro 8: Catalogação dos artigos encontrados em outros tipos de lesões

ESTUDO	AUTORES	CURATIVO	RESULTADO
Curativos hidrocolóides o tratamento de cicatrizes hipertróficas e queloides	De Oliveira <i>et al.</i> (2020)	Curativo hidrocolóide	Curativo foi eficaz na redução de queloides e cicatrizes hipertróficas
Resultados de uma terapia combinada não cirúrgica para quelóides em pacientes com pele de cor: um estudo de acompanhamento de 10 anos	Mpas <i>et al.</i> (2025)	Curativo hidrocolóide	Curativo demonstrou ser um tratamento promissor para queloides
Dor severa por herpes-zoster: eficácia do curativo hidrocolóide	Kiedrowski <i>et al.</i> (2023)	Curativo hidrocolóide	Curativo possuiu ações satisfatórias no controle da dor e qualidade de vida dos pacientes.
Observação o efeito terapêutico de hidrogel combinado com curativo de alginato para uma paciente com dermatite radiológica aguda grau 4: um relato de caso	Cao Y <i>et al.</i> (2024)	Hidrogel de alginato	Hidrogel se mostrou alternativa eficaz no tratamento de dermatite radiológica, com bons resultados clínicos, cicatrização completa, redução da inflamação e conforto do paciente
Atidativo hidrocolóide para tratamento de dermatite	Giacaman <i>et al.</i> (2023)	Curativo hidrocolóide	Curativo demonstrou bons resultados, promoção da cicatrização e redução da dor
Eficácia das fibras de Carboximetilcelulose de sódio semi oclusivas e curativos hidrocolóides para dermatite peristomal irritante: uma série de casos	Boira <i>et al.</i> (2021)	Curativo hidrocolóide	Curativo apresentou bons resultados clínicos, com redução da dor e desconforto

Sutura sem nós e método hidrocolóide melhoram complicação da ferida de drenagem torácica	Immamura <i>et al.</i> (2022)	Curativo hidrocolóide	Curativo apresentou bons resultados clínicos no tratamento da lesão de ferida cirúrgica
--	-------------------------------	-----------------------	---

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

5.6 Visão geral das bases de curativos analisadas

Finalmente, a análise comparativa dos estudos evidencia um padrão na escolha das bases, com predominância das formulações de polímeros naturais, como quitosana, pectina, gelatina, colágeno e alginato, em todos os tipos de lesões tratadas (Quadro 8). Esse padrão se justifica pelas propriedades desses biomateriais, que incluem alta biocompatibilidade, capacidade de retenção de água, biodegradabilidade controlada e ausência de toxicidade, fatores que favorecem a integração com o tecido cutâneo e reduzem reações adversas (Arabpour *et al.*, 2024). Tais características explicam os altos índices de resultados positivos observados e reforçam a eficácia dessas formulações na cicatrização de diferentes tipos de lesões.

Quadro 9: Quadro comparativo com a visão geral de bases mais utilizadas

TIPO DE LESÃO	Nº DE ESTUDOS	BASE MAIS USADA	% DE ESTUDOS QUE OS CURATIVOS APRESENTARAM EFEITOS SOBRE A CICATRIZAÇÃO	PRINCIPAIS BENEFÍCIOS RELATADOS
Estudos pré-clínicos	46	Quitosana, Acido Hialurônico, Hidrocolóide, Celulose e GelMa	100%	Aceleração da cicatrização, ação antimicrobiana, angiogênese, alta biocompatibilidade e regeneração tecidual.

Lesões ulcerativas	23	Colágeno, alginato e GelMA (Gelatina metacrílica)	90%	Redução do tamanho da ferida, estímulo à angiogênese e reepitelização.
Lesões por queimaduras	18	Quitosana e hidrocolóide (carboximetilcelulose e gelatina)	95%	Melhora estética da cicatriz, menor hiperplasia, hidratação e prevenção de infecção.
Lesões pós-cirúrgicas	8	Hidrocolóide (carboximetilcelulose, pectina e gelatina)	90%	Redução da infecção, melhora da aparência da cicatriz e alta satisfação dos pacientes.
Lesões acneicas/pós-acne	6	Gelatina e polímeros experimentais com nanopartículas	100%	Controle da inflamação, regeneração dérmica e maior biodisponibilidade de fármacos.
Outras lesões cutâneas	7	Hidrocolóide e alginato	100%	Aceleração da cicatrização e redução da dor

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Os polímeros sintéticos também foram explorados, especialmente em formulações nos estudos pré-clínicos, e se destacaram por oferecer controle sobre as propriedades físicas e mecânicas do hidrogel, como resistência, elasticidade e taxa de liberação de fármacos. Esses materiais permitem a personalização do desempenho do curativo,

mantendo um ambiente úmido favorável à cicatrização, embora geralmente apresentem menor bioatividade quando comparados aos polímeros naturais. (Arabpour, *et al.* 2024).

Além disso, alguns hidrogéis ainda estão em fase de estudos clínicos ou pré-clínicos e utilizam bases inovadoras e de tecnologias avançadas. Estes sistemas combinam frequentemente polímeros naturais e sintéticos e podem incorporar agentes bioativos, fatores de crescimento, nanopartículas ou mecanismos inteligentes de liberação de fármacos.

Um exemplo é o hidrogel de cristal fotônico, estudado por Yang X, *et al.* (2024) que apresenta propriedades sensíveis a estímulos externos e potencial para monitoramento da cicatrização em tempo real. Esses hidrogéis visam otimizar a regeneração tecidual, estimular angiogênese e reduzir inflamação, oferecendo perspectivas promissoras para tratamentos personalizados de lesões complexas. Entretanto, grande parte dessas evidências ainda é limitada à fase experimental, necessitando de validação clínica futura

6 CONCLUSÕES

Os curativos avançados de hidrogel e hidrocolóide mostraram-se eficazes na cicatrização de diferentes tipos de lesões cutâneas, com base nas evidências científicas apresentadas, sendo capazes de acelerar o fechamento da ferida, estimular a angiogênese, promover a regeneração tecidual e reduzir a inflamação, quando utilizados de forma adequada ao tipo de lesão.

Existe uma diversidade de bases de hidrogel, cujas propriedades influenciam no desempenho terapêutico, permitindo a personalização do tratamento conforme a necessidade clínica, as mais utilizadas são as derivadas de polímeros naturais como quitosana, alginato, gelatina, colágeno e fibroína da seda, estas demonstraram a melhor aplicabilidade devido à sua elevada biocompatibilidade, biodegradabilidade controlada e capacidade de incorporar bioativos que potencializam a reparação tecidual.

Os hidrocolóides se destacaram pela eficácia, praticidade e manutenção de um microambiente úmido favorável à cicatrização, além de demonstrarem boas propriedades de barreira e proteção contra agentes externos.

Apesar dos benefícios, observou-se que nem todos os hidrogéis e hidrocolóides apresentam custo-benefício satisfatório, principalmente em lesões altamente exsudativas, em queimaduras profundas e em feridas com perda tecidual extensa, situações nas quais outros curativos, sejam eles avançados ou tradicionais podem ser mais indicados.

A escolha do curativo deve considerar o tipo e a profundidade da lesão, o perfil do paciente, a presença de comorbidades e o contexto clínico, garantindo a eficácia e a segurança do tratamento.

Por fim, mais estudos são necessários para otimizar as formulações, ampliar as aplicações clínicas e avaliar o custo-benefício em diferentes contextos, visando tratamentos mais eficientes, personalizados e acessíveis para a cicatrização de lesões cutâneas de diversas origens

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, Sindhu *et al.* Nano calcium oxide incorporated hydrocolloid dressings for wound care. **Journal of pharmaceutical innovation**, v. 17, n. 1, p. 215–226, 2022.
- AGUILAR, M. R. *et al.* Smart polymers and their applications as biomaterials. **Topics in Tissue Engineering**, v. 3, [S.d.].
- AJITERU, Olatunji *et al.* Fabrication and characterization of a myrrh hydrocolloid dressing for dermal wound healing. **Colloids and interface science communications**, v. 48, n.100617, p. 100617, 2022.
- ALIAKBAR AHOVAN, Zahra *et al.* Thermo-responsive chitosan hydrogel for healing of full-thickness wounds infected with XDR bacteria isolated from burn patients: In vitro and in vivo animal model. **International journal of biological macromolecules**, v. 164, p. 4475– 4486, 2020.
- AMIRIAN, J. *et al.* In-situ crosslinked hydrogel based on amidated pectin/oxidized chitosan as potential wound dressing for skin repairing. **Carbohydrate Polymers**, v. 261, art. 117878, 2021.
- ANSARI, Mojtaba; DARVISHI, Ahmad. A review of the current state of natural biomaterials in wound healing applications. **Frontiers in bioengineering and biotechnology**, v. 12, p.1309541, 2024.
- ARABPOUR, Zohreh *et al.* Hydrogel-based skin regeneration. **International journal of molecular sciences**, v. 25, n. 4, p. 1982, 2024.
- ARAÚJO, Gilson *et al.* Randomized, double blind clinical trial comparing the healing of stasis ulcers in lower limbs with standard hydrocolloid gel dressings and dressings with *Syzygium cumini* extract. **Phlebology**, n. 6, [S.d.].
- ASANO, Y.; KAWAGUCHI, K.; TAJIMA, Y. Topical application of novel hydrogel for radiation-induced skin injury in a murine model. **Radiation Research**, [S.d.].
- ASGARI, Parvaneh *et al.* Comparison of hydrocolloid dressings and silver nanoparticles in treatment of pressure ulcers in patients with spinal cord injuries: A randomized clinical trial. **Journal of caring sciences**, v. 11, n. 1, p. 1–6, 2022.
- BADRELDIN, A.; HASSAN, M.; EL-SHAFEI, A. Hydrogel-based dressings and multidisciplinary care in severe pediatric burns. **Burns**, v. 50, n. 2, p. 445-454, 2024.
- BARBOSA, Murilo; CARVALHO, Viviane; PAGGIARO, Andre. Hydrogel enriched with sodium alginate and vitamins A and E for diabetic foot ulcer: A randomized controlled trial. **Wounds: a compendium of clinical research and practice**, v. 34, n. 9, p. 229–235, 2022.
- BASKARAN, Priyadarshini; MUTHIAH, Balasubramanian; UTHIRAPATHY, Vijayalakshmi. A systematic review on biomaterials and their recent progress in biomedical applications: bone tissue engineering. **Reviews in inorganic chemistry**, v.

45, n. 4, p. 747–781, 2025.

BEN, C.; LI, Y.; WANG, J. A recombinant human collagen hydrogel for partial thickness burn treatment. **Burns**, v. 47, n. 1, p. 123-132, 2021.

BHAR, Bibrita *et al.* Silk-based phyto-hydrogel formulation expedites key events of wound healing in full-thickness skin defect model. **International journal of biological macromolecules**, v. 203, p. 623–637, 2022.

BRANDÃO, Marina Patrus Ananias de Souza *et al.* Outcomes of a non-surgical combination therapy for keloids in skin of color patients: A 10-year follow-up study. **International journal of dermatology**, v. 64, n. 8, p. 1434–1440, 2025.

BUDKEVICH, L. I.; IVANOVA, E.; SMIRNOV, A. Bioplastic collagen material Collost for bur
BUDKEVICH, L. I.; SMIRNOV, A.; PETROVA, K. Hand burns in pediatric patients: management and outcomes. **Burns**, v. 51, n. 1, p. 120-130, 2025.
Journal of Burn Care & Research, v. 41, n. 5, p. 1025-1032, 2020.

BUDKEVICH, L. I.; SMIRNOV, A.; PETROVA, K. Hand burns in pediatric patients: management and outcomes. **Burns**, v. 51, n. 1, p. 120-130, 2025.

BURLEVA, E. P. *et al.* Experience in complex therapy of lower limb trophic ulcers of venous and diabetic origin. **Ambulatornaya khirurgiya = Ambulatory Surgery (Russia)**, v. 20, n. 1, p. 107–114, 2023.

CACUA SÁNCHEZ, María Teresa; BOTERO, Ana María; MORENO-MATTAR, Ornella. Cost-effectiveness analysis of intralesional and perilesional recombinant human epidermal growth factor vs hydrocolloid therapy in venous ulcer treatment in the Colombian context. **Journal of vascular surgery. Venous and lymphatic disorders**, v. 12, n. 2, p. 101745, 2024.

CAI, Chao *et al.* Mechanoactive nanocomposite hydrogel to accelerate wound repair in movable parts. **ACS nano**, v. 16, n. 12, p. 20044–20056, 2022.

CAO, Y.; LIU, F.; ZHANG, H. Observação do efeito terapêutico de hidrogel combinado com curativo de alginato para uma paciente com dermatite radiológica aguda grau 4: relato de caso. **Clinical Case Reports**, v. 12, n. 2, p. e04987, 2024.

CAROLINA *et al.* **Development of a biocompatible, low cost reinforcement of methacrylated alginate hydrogels using synthetic crosslinking agents. Reactive and Functional Polymers.** [S.l.: S.n.].

CASADO-DÍAZ, Antonio *et al.* EHO-85: A multifunctional amorphous hydrogel for wound healing containing *Olea europaea* leaf extract: Effects on wound microenvironment and preclinical evaluation. **Journal of clinical medicine**, v. 11, n. 5, p. 1229, 2022.

CASTRO, Abigail S. *et al.* Wound healing efficacy of cellulose hydrogel in ICR mice: A morphoanatomical, histological, and genomic study. **The open biotechnology journal**, v. 19, n. 1, 2025.

CESTARI, Silmara; DA, Costa. Dermatologia Pediátrica: diagnóstico e tratamento. São Paulo: Editora dos Editores. p. 9–16, 2019.

CHALITANGKOON, J. Silver-loaded hydroxyethylacryl chitosan/sodium alginate hydrogel films for controlled drug-release wound dressings. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2020.

CHANG, Jaimie *et al.* Patients with combined thermal and intraabdominal injuries: More salvageable than not. **Journal of burn care & research: official publication of the American Burn Association**, v. 41, n. 4, p. 835–840, 2020.

CHEN, Chih *et al.* Two Stage Patterned Cell Based Treatments for Skin Regeneration. **Journal of Biomedical Nanotechnology**, [S.d.].

CHEN, Chih-Long *et al.* Two-stage patterned cell-based treatments for skin regeneration. **Journal of biomedical nanotechnology**, v. 16, n. 12, p. 1740–1754, 2020.

CHEN, D. *et al.* Moléculas bioativas para reparação e regeneração da pele: progresso e perspectivas. **Stem Cells Int**, 2019.

CHEN, Lannan *et al.* Transdermal delivery of botulinum toxin-A through phosphatidylcholine/cholesterol nanoliposomes for treatment of post-acne scarring. **Journal of materials science. Materials in medicine**, v. 35, n. 1, p. 41, 2024.

CHEN, Y. Hidrogéis baseados em polímeros naturais. **Amsterdã**: Elsevier, 2019.

CHOI, H.; PARK, J.; LEE, S. Modified surgical method with blepharoplasty for treatment of xanthelasma palpebrarum. **Aesthetic Surgery Journal**, v. 40, n. 11, p. NP578-NP586, 2020.

CIOCE, Angela *et al.* Role of the skin immune system in wound healing. **Cells (Basel, Switzerland)**, v. 13, n. 7, p. 624, 2024.

CLAVEL, S.; BOËZENNEC, B.; TURZI, A. A randomised controlled clinical study comparing the efficacy and safety of an autologous standardised leukocyte poor platelet gel with standard care for the treatment of chronic neuropathic diabetic foot ulcers. **International Wound Journal**, [S.d.].

CORTÉS, Olga L. *et al.* Impact of hydrocolloid dressings in the prevention of pressure ulcers in high risk patients: a randomized controlled trial (PENFUP). **Scientific Reports**, v.47483, [S.d.].

COLLADO BOIRA, E.; MARTÍNEZ, J.; SÁNCHEZ, P. Eficácia das fibras de carboximetilcelulose de sódio semi-oclusivas e curativos hidrocolóides para dermatite peristomal irritante: série de casos. **Journal of Wound Ostomy & Continence Nursing**, v. 48, n. 1, p. 65-72, 2021.

DAI, Suyang *et al.* A heterogeneous hydrogel patch with mechanical activity and bioactivity for chronic diabetic wound healing. **Biomaterials**, v. 324, n. 123531, p. 123531, 2026.

DE, Francesco; SAPAROV, F.; RICCIO, A. O ácido hialurônico acelera a reepitelização e a cicatrização de feridas cutâneas agudas. **Revista Brasileira de Farmacologia e Tisiologia**, v. 2023, n. 2, [S.d.].

DE OLIVEIRA, L.; SANTOS, M.; PEREIRA, A. Curativos hidrocolóides no tratamento de cicatrizes hipertróficas e queloides. **Journal of Wound Care**, v. 29, n. 6, p. 321-328, 2020.

DHIVYA, S. *et al.* Nanohydroxyapatite-reinforced chitosan composite hydrogel for bone tissue repair in vitro and in vivo. **Journal of nanobiotechnology**, v. 13, n. 1, p. 40, 2015.

ELE, Y. *et al.* Uma visão geral sobre criogéis à base de colágeno e gelatina: fabricação, classificação, Propriedades e aplicações biomédicas. **Polímeros**, v. 13, 2021.

ENYOU *et al.* Lemon derived nanoparticle functionalized hydrogels regulate macrophage reprogramming to promote diabetic wound healing. **Journal of Nanobiotechnology**, [S.d.].

FAN, D.; ZHANG, X.; LIU, Y. Efficacy and safety of umbilical cord mesenchymal stem cells in cesarean scar treatment: a randomized clinical trial. **Stem Cell Research & Therapy**, [S.d.].

FANG, Z.; LIU, Y.; WANG, X. A miscible hydrogel with azelaic acid and ionic liquids for acne vulgaris treatment: enhanced solubility and skin retention. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 180, [S.d.].

FENG, B.; KANG, W.; LIU, C. Design and synthesis of hydrogel dressings made with guar gum to enhance antimicrobial and skin wound healing properties. **Burns**, v. 51, n. 6, 2025.

GADAIME, N. K. R. *et al.* Advanced Hydrogel Dressing with Zinc Oxide-Copper Oxide Nanocomposite for Effective Wound Management: Mechanochemistry, Antibacterial Efficacy, Cytocompatibility and Wound Healing Potentials. **Journal of Polymers and the Environment**, p. 1601–1614, 2025.

GAO, Yawen; WANG, Hongsu; NIU, Xiaodi. A hydrogen-bonded curdlan-chitosan/polyvinyl alcohol edible dual functional hydrogel bandage against MRSA promotes wound healing. **International journal of biological macromolecules**, v. 259, n. 129351, p. 129351, 2024.

GARCÍA-SÁNCHEZ, José María *et al.* Platelet rich plasma and plasma rich in growth factors for split-thickness skin graft donor site treatment in the burn patient setting: A randomized clinical trial. **Burns: journal of the International Society for Burn Injuries**, v. 48, n. 7, p. 1662–1670, 2022.

GASPARINO, Renata Cristina *et al.* Prophylactic dressings in the prevention of pressure ulcer related to the use of personal protective equipment by health professionals facing the COVID-19 pandemic: A randomized clinical trial. **Wound repair and regeneration**, v. 29, n. 1, p. 183–188, 2021.

GIACAMAN, R.; PEREIRA, M.; ALMEIDA, S. Atidativo hidrocolóide para tratamento de dermatite. **International Journal of Dermatology**, v. 62, n. 8, p. 1015-1023, 2023.

GIULIANO, Elena *et al.* Rutin Loaded Poloxamer 407 Based Hydrogels for. *In: Situ Administration: Stability Profiles and Rheological Properties. Nanomaterials. [S.l.: S.n.]*.

GUAMBA, E.; VISPO, N. S.; WHITEHEAD, D. C.; SINGH, A. K.; SANTOSOLIVEIRA, R.; NIEBIESKIKWIAT, D.; ZAMORA-LEDEZMA, C.; ALEXIS, F. Cellulose-based hydrogels towards an antibacterial wound dressing. **Biomaterials Science**, v. 11, p. 3461-3468, 2023.

GUPTA, Gouri; VISHWAKARMA, Lav Kush Kumar; DANGI, Yuvraj Singh. Hydrogels: A comprehensive review of structure, properties, and multifaceted applications. **Journal of drug delivery and therapeutics**, v. 15, n. 9, p. 194–200, 2025.

GUPTA, Praveen *et al.* Amelioration of Full Thickness Wound Using Hesperidin Loaded Dendrimer Based Hydrogel Bandages. **Biosensors**, v. 462, [S.d.].

HAO *et al.* Multifunctional hydrogel targeting senescence to accelerate diabetic wound healing through promoting angiogenesis. **Journal of Nanobiotechnology**, [S.d.].

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, José Enrique *et al.* The effect of honey, aloe Vera, and hydrocolloid dressing on the healing process of Murine excisional wounds. **The international journal of lower extremity wounds**, n. 15347346231214597, 2023.

HIKMET; DEBASHISH; KLEINMAN, Howard K. Engineering hydrogels as extracellular matrix mimics. **Nanomedicine**, n. 5, p. 469–484, 2010.

HO, Chun-Yee *et al.* A comprehensive analysis of moist versus non-moist dressings for split- thickness skin graft donor sites: A systematic review and meta-analysis. **Health science reports**, v. 8, n. 1, 2025.

HOLBERT, Maleea *et al.* Effectiveness of a hydrogel dressing as an analgesic adjunct to first aid for the treatment of acute paediatric burn injuries: a prospective randomised controlled trial. **BMJ Open**, [S.d.].

HOLMES, S. P.; BAKER, K.; TURNER, J. Hydrogel versus conventional care in post- dermatologic surgery wounds. **Dermatologic Surgery**, v. 48, n. 5, p. 556564, 2022.

HORTA, T. Agentes antitumorais inibidores da angiogênese: modelos farmacofóricos para inibidores da integrina $\alpha v\beta 3$. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 43, p. 1–17, 2007.

HOSSEIN; JAFARI, D.; AMINZADEH, A. Fabrication and characterization of a hydrocolloid wound dressing functionalized with human placental derived extracellular matrix for management of skin wounds: an animal study. **Artificial Organs**, v. 562, [S.d.].

IMMAMURA, T.; NAKAMURA, K.; TANAKA, H. Sutura sem nós e método hidrocolóide melhoram complicações da ferida de drenagem torácica. **Surgery Today**, v. 52, n. 5, [S.d.].

JANG, M.-J.; BAE, S.-K. et al. Enhanced wound healing using a 3D printed VEGF-mimicking peptide incorporated hydrogel patch in a pig model. [S.l.: s.n.], 2021.

Ji, Leilei *et al.* Smart bandage with multi-sensor system for wound healing and microenvironment monitoring. **Chemical engineering journal (Lausanne, Switzerland: 1996)**, v. 507, n. 160509, p. 160509, 2025.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, José. *Histologia Básica*. v. 13, 2017.

KAMOUN, Elbadawy A.; KENAWY, El-Refaie S.; CHEN, Xin. A review on polymeric hydrogel membranes for wound dressing applications: PVA-based hydrogel dressings. **Journal of advanced research**, v. 8, n. 3, p. 217–233, 2017.

KARNAKI, Anastasia *et al.* Thermoresponsive hydrogels: Current status and future perspectives. In: **Biomedical Engineering**. [S.l.]: IntechOpen, 2024.

KHORASANI, Mohammad *et al.* Enhanced antimicrobial and full thickness wound healing efficiency of hydrogels loaded with heparinized ZnO nanoparticles: in vitro and in vivo evaluation. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2021.

KIEDROWSKI, A.; SCHMIDT, R.; HOFFMANN, C. Dor severa por herpes-zoster: eficácia do curativo hidrocolóide. **Pain Management Nursing**, v. 352, [S.d.].

KOIVUNIEMI, R.; LAAKSO, E.; HURME, S. Clinical study of nanofibrillar cellulose hydrogel dressing for split-thickness skin graft donor sites. **Acta Biomaterialia**, v. 101, p. 390-401, 2020.

KONTOGIANNIDOU, Eleni *et al.* In vitro and ex vivo evaluation of tablets containing piroxicam-cyclodextrin complexes for buccal delivery. **Pharmaceutics**, v. 11, n. 8, p. 398, 2019.

KOROVIN, A. Ya *et al.* Complex treatment of lower limb ulcers in patients with diabetes mellitus type 2. **Khirurgiia**, n. 4, p. 48, 2022.

KULKA, Karolina; SIONKOWSKA, Alina. Chitosan based materials in cosmetic applications: A review. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 28, n. 4, p. 1817, 2023.

KUROWIAK, Jagoda; KLEKIEL, Tomasz; BĘDZIŃSKI, Romuald. Biodegradable polymers in biomedical applications: A review-developments, perspectives and future challenges. **International journal of molecular sciences**, v. 24, n. 23, p. 16952, 2023.

LE, Van Anh Thi *et al.* Evaluation of the performance of a ZnO-nanoparticlecoated hydrocolloid patch in wound healing. **Polymers**, v. 14, n. 5, p. 919, 2022.

LEE, G. *et al.* Green tea catechin-grafted silk fibroin hydrogels with reactive oxygen species scavenging activity for wound healing applications. **Biomaterials Research**, [S.d.].

LEE, S.; PARK, J.; LEE, S. Hydrogel cell scaffolds for wounds. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 9, art. 660145, 2021.

LEE, Hye Mi *et al.* Comparative evaluation of hyaluronic acid-based dressing versus hydrocolloid dressing in rat dermal wound healing. **Archives of craniofacial surgery**, v. 25, n. 5, p. 224–229, 2024.

LEI, Rui *et al.* Lipoic acid/trometamol assembled hydrogel as injectable bandage for hypoxic wound healing at high altitude. **Chemical engineering journal (Lausanne, Switzerland: 1996)**, v. 489, n. 151499, p. 151499, 2024.

LI, C.; WANG, Y.; ZHANG, X. Effect of low molecular weight heparin and calcium combined with hydrocolloid dressing on hypertrophic scarring in burn patients with venous thromboembolism. **Burns**, v. 49, n. 7, p. 1603-1612, 2023.

LIANG, Y.; ZHAO, X.; HU, T.; CHEN, B.; YIN, Z.; MA, P. X.; GUO, B. Hidrogéis compostos injetáveis, adesivos, condutores hemostáticos, com liberação sustentada de fármacos e atividade antibacteriana fototérmica para promover a regeneração total da pele durante a cicatrização de feridas. **Small**, v. 15, p. 1900046, 2019.

LIU, Jing; SHEN, Hong. Clinical efficacy of chitosan based hydrocolloid dressing in the treatment of chronic refractory wounds. **International Wound Journal**, v. 19, n. 8, 2022.

LU, Jiawei *et al.* Construction and function of robust and moist bilayer chitosanbased hydrogel wound dressing. **Materials & design**, v. 226, n. 111604, p. 111604, 2023.

MAJUMDER, S. Zinc oxide nanoparticles functionalized on hydrogel-grafted silk fibroin fabrics as efficient composite dressing. **Biomolecules (ou MDPI source)**, [S.d.].

MANELA-AZULAY, Mônica *et al.* Métodos objetivos para análise de estudos em dermatologia cosmética. **Anais brasileiros de dermatologia**, v. 85, n. 1, p. 65–71, 2010.

MATOORI, Simon; VEVES, Aristidis; MOONEY, David J. Advanced bandages for diabetic wound healing. **Science translational medicine**, v. 13, n. 585, p. eabe4839, 2021.

MINGFEI *et al.* Chitosan hydrogels loaded with Cu_3SnS_4 NSs for the treatment of second degree burn wounds. **Scientific Reports**. [S.l.: S.n.]

MIGLIARESI, C.; MOTTA, A. Scaffolds for tissue engineering and 3D cell culture: functional applications. **Tissue Engineering**, v. 20, n. 7-8, p. 593–602, 2014. ;

MOHSEN *et al.* Impact of licorice root on the burn healing process: A double blinded randomized controlled clinical trial. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 73, [S.d.].

MOON, Kyung *et al.* Potential of allogeneic adipose derived stem cell hydrogel complex for treating diabetic foot ulcers. **Diabetes**, v. 846, 2019.

MORITZ, Sebastian *et al.* Active wound dressings based on bacterial nanocellulose as drug delivery system for octenidine. **International journal of pharmaceutics**, v. 471, n. 1–2, p. 45–55, 2014.

NETO, A. A.; SILVA, M. F.; OLIVEIRA, L. C. Infecções bacterianas em feridas cutâneas: mecanismos, agentes etiológicos e tratamento antimicrobiano. **Revista Brasileira de Microbiologia**, v. 50, [S.d.].

NGUYEN, Nhi *et al.* Narrative review of the use of hydrocolloids in dermatology: Applications and benefits. **Journal of clinical medicine**, v. 14, n. 4, p. 1345, 2025.

NUUTILA, Kristo; ERIKSSON, Elof. Moist wound healing with commonly available dressings. **Advances in wound care**, v. 10, n. 12, p. 685–698, 2021.

ORLOV, Aleksei; GEFEN, Amit. Differences in prophylactic performance across wound dressing types used to protect from device-related pressure ulcers caused by a continuous positive airway pressure mask. **International wound journal**, v. 20, n. 4, p. 942–960, 2023.

OSHIMA, J.; TAKAHASHI, H.; SATO, M. Hydrocolloid dressing for sealing peripheral wounds with poor normal skin: negative pressure wound therapy for deep limb burns. **International Wound Journal**, v. 20, n. 5, p. 1289-1299, 2023.

PATIL, Priyanka P.; REAGAN, Michaela R.; BOHARA, Raghvendra A. Silk fibroin and silk-based biomaterial derivatives for ideal wound dressings. **International journal of biological macromolecules**, v. 164, p. 4613–4627, 2020.

PERCIVAL, Nicholas J. Classification of wounds and their management. **Surgery**, v. 20, n. 5, p. 114–117, 2002.

PEREIRA, C.; ALMEIDA, F.; SILVA, R. Gelatin/tannic acid-based hydrogel adhesive for the treatment of skin lesions related to personal protective equipment. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 252, [S.d.].

PIRES, Ana *et al.* Biomateriais, tipos, aplicações e mercado. **SciELO**, 2015.

RAHAYU, Sosna *et al.* Fabrication of lavender essential oil loaded polyurethane nanoparticles via a facile swelling diffusion method as hydrocolloid agents for wound healing applications. **Emergent Materials**, [S.d.].

RAVANBAKHSI, Hossein *et al.* Carbon nanotube composite hydrogels for vocal fold tissue engineering: Biocompatibility, rheology, and porosity. **Materials science & engineering. C, Materials for biological applications**, v. 103, n. 109861, p. 109861, 2019.

REHAN, M. *et al.* Bacterial nanocellulose dressing compared with hydrocolloid dressing for the treatment of partial thickness second degree burns: a prospective, randomized control trial. **Annals of Burns & Fire Disasters**, v. 232, [S.d.].

HIPOLITO, Marilene C. A promising approach to wound healing – in-vivo study of carbon nanodots infused PVA hydrogel with Kamias extract as antibacterial wound dressing. **European Journal of Clinical and Experimental Medicine**, v. 21, n. 2, p. 305–314, 2023.

RODRIGUES, Michael; GOVINDHARAJAN, Thilagavati. Study of hydrocellular functional material as microbicidal wound dressing for diabetic wound healing. **Journal of applied biomaterials & functional materials**, v. 19, n. 22808000211054930, 2021.

RODRIGUES, Michael; GOVINDHARAJAN, Thilagavati. Study of hydrocellular functional material as microbicidal wound dressing for diabetic wound healing. **Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials**, [S.d.].

SAAIQ, M.; KHAN, S.; RAZA, H. **Presentation and management outcomes of pediatric scald burns treated with hydrocolloid dressings versus silver sulfadiazine. Annals of Burns and Fire Disasters.** [S.l.: S.n.].

SADAT, Anita; SEYED, Haji; HARCHEGHANI, Javadi Larki. **Preparation and characterization of tadalafil loaded hydrogel: An in vivo evaluation of wound healing activity. Pharmaceutical Science Advances.** [S.l.: S.n.].

SCHECK, R.; WAGNER, A.; MÜLLER, P. Experiences implementing hydrocolloid dressings after cesarean section. **Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing**, v. 52, n. 6, p. 713-722, 2023.

SCHREMENTI, Megan; CHEN, Lin; DIPIETRO, Luisa A. The importance of targeting inflammation in skin regeneration. *In: Skin Tissue Models for Regenerative Medicine.* [S.l.]: Elsevier, 2018. p. 255–275.

SHEN, Shenghai *et al.* Marine polysaccharides for wound dressings application: An overview. **Pharmaceutics**, v. 13, n. 10, p. 1666, 2021.

SIMORGH, Sara *et al.* Human olfactory mucosa stem cells delivery using a collagen hydrogel: As a potential candidate for bone tissue engineering. **Materials**, v. 14, n. 14, p. 3909, 2021.

SLOBODIAN, R. V. Analysis of antioxidant system of test animals in the dynamics of the wound process at local application of hydrogel dressings. **Ukrainian Dental Almanac**, n. 2, p. 48–52, 2024.

SOLEYMANI, Samaneh *et al.* The effect of a hydrogel made by *Nigella sativa* L. on acne vulgaris: A randomized double-blind clinical trial. **Phytotherapy research: PTR**, v. 34, n. 11, p. 3052–3062, 2020.

SORG, Heiko *et al.* Skin wound healing: An update on the current knowledge and concepts. **European surgical research**, v. 58, n. 1–2, p. 81–94, 2017.

STOICA, Alexandra Elena; CHIRCOV, Cristina; GRUMEZESCU, Alexandru Mihai. Nanomaterials for wound dressings: An up-to-date overview. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 25, n. 11, p. 2699, 2020.

THOMAS, Stephen. Hydrocolloid dressings in the management of acute wounds: a review of the literature. **International Wound Journal**, v. 5, n. 5, 2008.

TIAN, Mei-Ping *et al.* Mussel-inspired adhesive and polypeptide-based antibacterial thermo-sensitive hydroxybutyl chitosan hydrogel as BMSCs 3D culture matrix for wound healing. **Carbohydrate polymers**, v. 261, n. 117878, p. 117878, 2021.

TIAN, Yu *et al.* Conductive hyaluronic acid/deep eutectic solvent composite hydrogel as a wound dressing for promoting skin burn healing under electrical stimulation. **Advanced healthcare materials**, v. 13, n. 17, 2024.

TIANWATTANATADA, P.; RATTANACHAI, P.; SAWANGSRI, S. Clinical efficacy test of polyester dressing containing herbal extracts and silver sulfadiazine cream versus silver sulfadiazine cream in burn wounds. **Burns**, v. 47, n. 4, p. 880-888, 2021.

TOMIYA, I.; NAKAMURA, T.; YAMADA, K. Preparation of in situ hydrogels loaded with azelaic acid nanocrystals and evaluation of dermal performance. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 588, 2020.

TRAGER, D.; KOWALSKI, M.; NOWAK, A. Development of glutathione-containing hydrogel carriers with zinc oxide microparticles for skin regeneration processes. **Materials Science & Engineering C**, v. 180, [S.d.].

TSEGAY, Filmon *et al.* Smart 3D printed auxetic hydrogel skin wound dressings. **ACS applied bio materials**, v. 5, n. 12, p. 5545–5553, 2022.

TSOU BOUCHI, M.; NAKAMURA, T.; SUZUKI, Y. Preventive effect of hydrocolloid dressings on hypertrophic scars of post-cesarean wounds: a pilot randomized study. **International Wound Journal**, v. 21, n. 7, p. 1845-1854, 2024

VALDERRAMA, O. M.; HERRERA, R.; GOMEZ, P. Successful management of open abdomen with hydrocolloid dressing in resource-limited setting. **World Journal of Surgery**, n. 8, [S.d.].

VAN GHELUWE, Louise *et al.* Polymer-based smart drug delivery systems for skin application and demonstration of stimuli-responsiveness. **Polymers**, v. 13, n. 8, p. 1285, 2021.

VAZIRI, Marzieh *et al.* The effects of *Boswellia* (Frankincense) gel and hydrocolloid dressing on healing of second- and third-degree pressure ulcers among

hospitalized patients. **Journal of herbal medicine**, v. 29, n. 100461, p. 100461, 2021.

VEGA MARTINEZ, J.; LOPEZ, R.; GOMEZ, F. Burn care approach in pediatric primary care patients. **Journal of Burn Care & Research**, v. 42, n. 3, p. 512-520, 2021.

VERDÚ-SORIANO, José *et al.* Superiority of a novel multifunctional amorphous hydrogel containing *Olea europaea* leaf extract (EHO-85) for the treatment of skin ulcers: Arandomized, active-controlled clinical trial. **Journal of clinical medicine**, v. 11, n. 5, p. 1260, 2022.

VINAY; ABBAS, Abul K.; ABLER, Jon C. Robbins e Cotran: Patologia estrutural e funcional. 2021.

WALLACE, R.; CLARKE, D.; MURRAY, P. Development of dynamic cellular and organotypic skin models for investigation of novel viscoelastic treatments for burns. **Tissue Engineering Part C: Methods**, v. 26, n. 8, [S.d.].

WANG, P. *et al.* In situ formou hidrogel antiinflamatório carregando DNA plasmídico que codifica VEGF para cicatrização de queimaduras. **Acta Biomater.**, v. 100, p. 191–201, 2019.

WANG, Penghui *et al.* Bio inspired hydrogel based bandage with robust adhesive and antibacterial abilities for skin closure. **Science China Materials**, v. 65, [S.d.].

WANG, Q.; LI, H.; CHEN, Y. **Biomimetic bilayer architectural hydrogel dressing with self-shrinking thermal responsiveness for enhanced burn wound healing.** [S.l.: S.n.].

WANG, T.; YI, W.; ZHANG, Y.; WU, H.; FAN, H.; ZHAO, J.; WANG, S. Hidrogel de alginato de sódio contendo plasma rico em plaquetas para cicatrização de feridas. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 2023.

WATSON, Anna L. *et al.* Hyaluronic acid-based antibacterial hydrogels for use as wound dressings. **ACS applied bio materials**, v. 5, n. 12, p. 5608–5616, 2022.

WISER, I.; TAMIR, E.; KAUFMAN, H.; KEREN, E.; AVSHALOM, S.; KLEIN, D.; HELLER, L.; SHAPIRA, E. A novel recombinant human collagen-based flowable matrix for chronic lower limb wound management: first results of a clinical trial. **Wounds**, v. 31, n. 4, p. 103-107, 2019.

XU, L. *et al.* Bioimpressão de um adesivo cutâneo com gelatina reticulada dupla (GelMA) e fibroína de seda (SilMA): Uma abordagem para acelerar a cicatrização de feridas cutâneas. **Mater. Today Bio**, v. 18, 2023.

XU, S.; LI, J.; WANG, Y. Sandwich” dressing to reduce surgical site infections during sacrococcygeal surgery: a retrospective analysis. **Journal of Wound Care**, v. 218, n. 4, [S.d.].

YAN, T.; LIU, H.; ZHANG, L. Chitosan-gentamicin conjugated hydrogel promotes repair of skin scalds. **Carbohydrate Polymers**, v. 236, p. 115965, 2020.

YANG, H.; SONG, L.; ZOU, Y.; SUN, D.; WANG, L.; YU, Z.; GUL, J. Papel dos ácidos hialurônicos e potencial como biomateriais regenerativos em cicatrização de feridas. **ACS Applied Bio Materials**, 2020.

YANG, Xuxia *et al.* Smart photonic crystal hydrogels for visual glucose monitoring in diabetic wound healing. **Journal of Nanobiotechnology**, [S.d.].

YANG, Zhi *et al.* CB MNCs@ CS/HEC/GP promote wound healing in aged murine pressure ulcer model. **Stem Cell Research & Therapy**, [S.d.].

YANG, Zifeng *et al.* **Highly Stretchable, Adhesive, Biocompatible, and Antibacterial Hydrogel Dressings for Wound Healing**. **Advanced Science**. [S.l.: S.n.].

YING, H. *et al.* In situ formed collagen hyaluronic acid hydrogel as biomimetic dressing for promoting spontaneous wound healing. **Materials Science & Engineering: C**, v. 101, [S.d.].

ZENG, Jiujiang *et al.* Rapidly gelled lipoic acid-based supramolecular hydrogel for 3D printing of adhesive bandage. **ACS applied materials & interfaces**, v. 16, n. 40, p. 53515– 53531, 2024.

ZHANG, Andi *et al.* Research status of self-healing hydrogel for wound management: A review. **International journal of biological macromolecules**, v. 164, p. 2108–2123, 2020.

ZHANG, Long *et al.* A non-inferiority study to compare the effect of silica gel fiber dressing with alginate dressing on healing of venous leg ulcers. **Wound management & prevention**, v. 69, n. 4, 2023.

ZHANG, Ruiya *et al.* **An ovalbumin based hydrogel loaded with dendrobium polysaccharide for promoting wound healing while reducing inflammations**. **Scientific Reports**. [S.l.: S.n.].

ZHANG, Yifan *et al.* Curcumin loaded PLGA microparticles integrated with ZnO/GelMA hydrogel microneedles for infectious wound healing and reduction of hypertrophic scars. **Journal of Nanobiotechnology**, [S.d.].

ZHANG, Yihan *et al.* Holographic hydrogel bandage sensor for continual monitoring of wound healing. **Sensors & diagnostics**, v. 4, n. 9, p. 736–749, 2025.

ZHAO, Jianwei *et al.* Deer antler stem cell exosome composite hydrogel promotes the repair of burned skin. **Chinese Journal of Tissue Engineering Research**, v. 29, [S.d.].

ZHU, D. *et al.* Injectable thermo-sensitive and wide-crack self-healing hydrogel loaded with dipotassium glycyrrhizinate for full-thickness skin wound repair. **Acta Biomaterialia**, 2022.