

Revisão

Braga FCSAG, Pierot EV, Silva MCS, Gouveia MTO, Santos AMR, Machado RS, et al .

Tecnologias duras para prevenção de lesão por pressão em adultos e idosos hospitalizados: revisão de escopo.

Rev Gaúcha Enferm. 2026;47:e20260060.

<https://doi.org/10.1590/1983-1447.2026.20260060.pt>

Tecnologias duras para prevenção de lesão por pressão em adultos e idosos hospitalizados: revisão de escopo

Hard technologies for prevention of pressure injuries in hospitalized adults and older adults: a scoping review

Tecnologías duras para prevención de lesiones por presión en adultos y ancianos hospitalizados: una revisión exploratória

Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga ^{a,b} <https://orcid.org/0000-0001-5646-0100>
Esteffany Vaz Pierot ^a <https://orcid.org/0000-0003-2339-4244>
Maria Clara Santana da Silva ^a <https://orcid.org/0000-0003-0927-1918>
Marcia Teles de Oliveira Gouveia ^a <https://orcid.org/0000-0002-2401-4947>
Ana Maria Ribeiro dos Santos ^a <https://orcid.org/0000-0002-5825-5335>
Raylane da Silva Machado ^c <https://orcid.org/0000-0002-8682-6481>
Fernanda Valéria Silva Dantas Avelino ^a <https://orcid.org/0000-0002-9835-6034>

^a Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Enfermagem. Teresina, Piauí, Brasil.

^b Hospital Universitário da Universidade Federal do Piauí. Teresina, Piauí, Brasil.

^c Universidade Federal do Piauí, Colégio Técnico de Floriano. Floriano, Piauí, Brasil.

Como citar este artigo:

Braga FCSAG, Pierot EV, Silva MCS, Gouveia MTO, Santos AMR, Machado RS, et al .
Tecnologias duras para prevenção de lesão por pressão em adultos e idosos hospitalizados: revisão de escopo. Rev Gaúcha Enferm. 2026;47:e20260060. <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2026.20260060.pt>

RESUMO

Objetivo: mapear as tecnologias duras para a prevenção de lesão por pressão em adultos e idosos hospitalizados.

Método: revisão de escopo segundo metodologia JBI e diretrizes PRISMA-ScR, com busca nas bases de dados: LILACS e BDENF via BVS, MEDLINE, SCOPUS, CINAHL e Embase. Consulta da literatura cinzenta na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. O protocolo foi registrado no *Open Science Framework*. A triagem e a análise ocorreram de forma cega e independente, por dois revisores, com resolução de conflitos por terceiro revisor. Dados extraídos com instrumento adaptado do JBI e analisados por síntese descritiva e narrativa.

Resultados: 21 estudos analisados (2013-2025), com variação de níveis de evidência. Identificou-se tecnologias como sensores vestíveis sem fio, dispositivos de redistribuição de pressão, modelos preditivos baseados em aprendizado de máquina, sistemas de monitoramento contínuo, *scanner* de umidade, termografia e ultrassonografia de tecido profundo. Sensores vestíveis elevaram a adesão ao reposicionamento; modelos preditivos alcançaram $AUC \geq 0,80$; tecnologias de detecção precoce identificaram dano tecidual.

Considerações finais: as tecnologias mapeadas mostraram potencial para detecção precoce de alterações teciduais, o aumento da adesão ao reposicionamento e predição de risco, com perspectiva de contribuir para a redução da incidência de lesão por pressão.

Descritores: Tecnologia. Lesão por pressão; Prevenção; Hospital; Segurança do paciente

ABSTRACT

Objective: To map hard technologies for the prevention of pressure injuries in hospitalized adults and older adults.

Method: A scoping review following JBI methodology and PRISMA-ScR guidelines, searching the following databases: LILACS and BDENF (via VHL), MEDLINE, SCOPUS, CINAHL, and Embase. Gray literature was consulted via the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations. The protocol was registered on the Open Science Framework. Screening and analysis were conducted blindly and independently by two reviewers, with a third reviewer resolving any conflicts. Data were extracted using a JBI-adapted instrument and analyzed through descriptive and narrative synthesis.

Results: A total of twenty-one studies (2013-2025) with varying levels of evidence were included. Identified technologies included wireless wearable sensors, pressure-redistribution devices, machine learning-based predictive models, continuous monitoring systems, moisture scanners, thermography, and deep tissue ultrasound. Wearable sensors increased adherence to repositioning; predictive models achieved an $AUC \geq 0.80$; and early detection technologies identified tissue damage.

Final considerations: The mapped technologies demonstrated potential for the early detection of tissue changes, increased adherence to repositioning, and risk prediction, offering the prospect of contributing to a reduction in the incidence of pressure injuries.

Descriptors: Technology; Pressure injury; Prevention; Hospital; Patient safety.

RESUMEN

Objetivo: Mapear las tecnologías sanitarias para la prevención de úlceras por presión en adultos y ancianos hospitalizados.

Método: Se realizó una revisión exploratoria utilizando la metodología JBI y las directrices PRISMA-ScR, buscando en las siguientes bases de datos: LILACS y BDENF a través de BVS, MEDLINE, SCOPUS, CINAHL y Embase. También se consultó literatura gris en la

Biblioteca Digital Brasileira de Tesis y Disertaciones. El protocolo se registró en Open Science Framework. La selección y el análisis fueron realizados de forma ciega e independiente por dos revisores, con resolución de conflictos por un tercer revisor. Los datos se extrajeron utilizando un instrumento adaptado de JBI y se analizaron mediante síntesis descriptiva y narrativa.

Resultados: Se identificaron 21 estudios publicados (2013-2025), con diferentes niveles de evidencia. Se identificaron tecnologías como sensores portátiles inalámbricos, dispositivos de redistribución de presión, modelos predictivos basados en aprendizaje automático, sistemas de monitorización continua, escáneres de humedad, termografía y ultrasonido de tejidos profundos. Los sensores portátiles mejoraron la adherencia al reposicionamiento; los modelos predictivos alcanzaron un $AUC \geq 0,80$; y las tecnologías de detección temprana identificaron daños tisulares.

Conclusiones finales: las tecnologías identificadas mostraron potencial para la detección temprana de cambios tisulares, una mayor adherencia al reposicionamiento y la predicción de riesgos, con la perspectiva de contribuir a la reducción de la incidencia de úlceras por presión.

Descriptor: Tecnología; Lesión por presión; Prevención; Hospital; Seguridad del paciente.

INTRODUÇÃO

A Lesão por Pressão (LP) geralmente se forma ao redor de proeminências ósseas, sendo resultante de pressão sustentada ou da combinação de pressão com forças de cisalhamento e fricção, causando danos progressivos aos tecidos subjacentes⁽¹⁾. Sua prevenção em pacientes hospitalizados constitui uma questão prioritária na prática clínica contemporânea⁽²⁾, demandando a identificação precoce dos fatores de risco e a implementação de práticas assistenciais eficazes⁽³⁻⁴⁾.

Os fatores de risco associados ao desenvolvimento de LP podem ser intrínsecos, como idade avançada, comorbidades, estado nutricional, hidratação, mobilidade e nível de consciência, ou extrínsecos, incluindo pressão, cisalhamento, fricção e umidade⁽³⁾. A avaliação desses fatores deve ser contextualizada por meio do julgamento clínico, considerando a condição e o histórico do paciente, para que a prevenção seja implementada de forma eficaz e individualizada⁽⁴⁾.

No contexto hospitalar, as LP são reconhecidas como eventos adversos relacionados à assistência à saúde, com impacto direto no aumento do tempo de permanência, nas taxas de morbimortalidade e na qualidade de vida dos pacientes⁽⁵⁾. Em nível global, a taxa de incidência dessas lesões é de 5,4 por 10.000 dias de internação, com prevalência de 12,8%, afetando 8,5% dos pacientes adultos hospitalizados⁽⁶⁾.

Os impactos econômicos dessas lesões são igualmente expressivos. Na Austrália, o tempo médio de internação por LP varia de 4,3 dias, com custo estimado entre AU\$ 699 e

AUS\$ 840 por dia de hospitalização⁽⁷⁾. No Brasil, apenas no ano de 2020, os gastos com internações decorrentes de LP ultrapassaram R\$ 19 milhões, representando 1% do total das despesas em saúde no Sistema Único de Saúde (SUS), podendo alcançar até 5% em outros sistemas de saúde⁽⁸⁾.

Diante desse cenário, as tecnologias voltadas à prevenção de LP surgem como estratégias capazes de qualificar o processo de trabalho, agilizar a identificação de riscos e subsidiar a tomada de decisão clínica⁽⁹⁻¹⁰⁾. A classificação das tecnologias adotada nesta revisão segue o referencial de Merhy⁽¹¹⁾, que as categoriza em três tipos: leves (produção de vínculo, acolhimento e promoção da autonomia), leve-duras (saberes estruturados que transformam processos de trabalho) e duras (equipamentos, aparelhos, normas e estruturas organizacionais).

O foco deste estudo recai sobre as tecnologias duras. Trata-se de um posicionamento autoral fundamentado no referencial de Merhy⁽¹¹⁾, pelo qual as tecnologias duras representam o conjunto de inovações passíveis de objetivação, mensuração e comparação entre os diferentes contextos assistenciais, constituindo, portanto, um campo oportuno para o mapeamento de evidências sobre a prevenção de LP em ambiente hospitalar.

Em uma revisão integrativa sobre as tecnologias implementadas para a prevenção de LP no contexto hospitalar brasileiro, identificou-se que as evidências disponíveis são ainda escassas e heterogêneas, com predomínio de estudos de baixo nível de evidência e ausência de um mapeamento abrangente das tecnologias disponíveis em nível internacional⁽¹²⁾. Essa lacuna evidencia a relevância de uma revisão de escopo que mapeie, de forma sistemática e atualizada, as tecnologias disponíveis para a prevenção de LP, com vistas a contribuir para as práticas clínicas baseadas em evidências, identificar as lacunas para a inovação e fortalecer a segurança de pacientes hospitalizados.

Com base no exposto, este estudo tem como objetivo: mapear as tecnologias duras para a prevenção de LP em adultos e idosos hospitalizados.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão de escopo conduzida de acordo com a metodologia proposta pelo JBI⁽¹³⁾ e as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis Protocols*, extensão para revisões de âmbito (PRISMA-ScR)⁽¹⁴⁾. O protocolo desta revisão foi registrado no *Open Science Framework* (OSF) com DOI <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/8NRFX>.

A pesquisa foi realizada entre os meses de outubro de 2024 e janeiro de 2025. Em outubro de 2025, realizou-se uma busca complementar estruturada para atualizar os resultados, seguindo rigorosamente as mesmas estratégias, fontes de dados e critérios adotados na busca inicial.

Para a formulação da questão de revisão, adotou-se a estratégia PCC (População, Conceito e Contexto): População (pacientes adultos e idosos hospitalizados), Conceito (tecnologias duras para a prevenção de LP) e Contexto (ambiente hospitalar). Assim, a questão de revisão foi elaborada da seguinte forma: quais são as evidências disponíveis na literatura sobre as tecnologias duras utilizadas para a prevenção de LP em adultos e idosos hospitalizados?

Como critérios de inclusão, foram considerados: estudos primários e revisões de literatura que abordassem tecnologias duras para a prevenção de LP; publicações envolvendo pacientes adultos, com 18 anos ou mais, e idosos hospitalizados, independentemente da patologia ou motivo da internação; e estudos realizados em ambiente hospitalar. Foram aceitos todos os delineamentos metodológicos, incluindo estudos experimentais, quasi-experimentais, observacionais, descritivos, revisões sistemáticas, integrativas e de escopo, sem restrição de idioma ou recorte temporal. A delimitação à faixa etária adulta e idosa fundamenta-se na especificidade do perfil de risco para LP nessa população, caracterizada por maior prevalência de imobilidade, comorbidades e fragilidade, bem como na maior disponibilidade de evidências sobre as tecnologias preventivas voltadas a esse grupo, conforme identificado durante o processo de busca.

Foram excluídos: estudos com foco exclusivo em tratamento de LP, sem componente preventivo; intervenções educacionais direcionadas aos profissionais de saúde sem avaliação de desfechos em pacientes; revisões de literatura sem dados sobre as tecnologias específicas; estudos com impossibilidade de acesso ao texto completo; publicações duplicadas; e artigos oriundos de periódicos identificados como potencialmente predatórios, verificados na lista internacional *Predatory Journals* (<https://www.predatoryjournals.org/the-list/journals>), por comprometer a confiabilidade das evidências mapeadas.

A revisão foi conduzida nas fontes de dados: Literatura Latino Americana em Ciências da Saúde (LILACS), Banco de Dados em Enfermagem (BDENF) via Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online/National Library of Medicine* (MEDLINE/PubMed), SCOPUS, *Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature* (CINAHL), Embase e, como fonte de literatura cinzenta, foi utilizada a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Foi realizada uma busca por referências

cruzadas a partir da leitura das listas de referências dos artigos incluídos, com o objetivo de identificar estudos adicionais potencialmente relevantes.

Utilizaram-se os descritores controlados dos vocabulários: Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), *Medical Subject Headings* (MeSH), títulos CINAHL e *Emtree*. Inicialmente, realizou-se uma busca simples nas fontes MEDLINE/PubMed e *Google Acadêmico*, utilizando os descritores definidos pelo modelo PCC, com o objetivo de identificar termos presentes nos títulos, resumos e na indexação dos artigos. A partir dos termos recuperados, foram elaboradas estratégias de busca que incluíram descritores e sinônimos, selecionados conforme sua pertinência ao estudo. O cruzamento dos termos foi realizado com o emprego de operadores booleanos *AND* e *OR*. A estratégia de busca foi construída em cinco etapas: extração, conversão, combinação, construção e aplicação, conforme descrito no estudo sobre revisões⁽¹⁵⁾. As estratégias de busca encontram-se especificadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Elaboração da estratégia de busca nas bases de dados e na literatura cinzenta. Teresina (PI), Brasil, 2025

Base de dados	Estratégia de busca
LILACS /BDENF	((mh:("Úlcera por Pressão")) OR (mh:("Úlcera por Presión")) OR (mh:("Pressure Ulcer")) OR ("Lesão por Pressão") OR ("Escara de Decúbito") OR ("Úlcera de Decúbito") OR ("Úlcera de Pressão") OR ("Úlceras por Pressão") OR ("Escara de Pressão") OR ("Escaras de Pressão") OR ("Úlceras de Decúbito") OR ("Lesión por presión") OR ("llaga de decúbito") OR ("Úlcera de decúbito") OR ("Úlcera por presión") OR ("Úlceras por presión") OR ("Úlcera por presión") OR ("Úlceras por presión") OR ("Úlceras por presión") OR ("Pressure Ulcers") OR ("Ulcer, Pressure") OR ("Bed Sores") OR ("Bed Sore") OR ("Sore, Bed") OR (bedsore) OR (bedsores) OR ("Decubitus Ulcer ") OR ("Decubitus Ulcers") OR ("Ulcer, Decubitus") OR ("Pressure Sore") OR ("Pressure Sores") OR ("Sore, Pressure") OR ("Decubitus Sore") OR ("Decubitus Sores") OR ("Sore, Decubitus") OR ("Pressure Injury") OR ("Injury, Pressure") OR ("Pressure Injuries")) AND ((mh:(tecnologia)) OR (mh:(tecnología)) OR (technology) OR (tecnologias)) AND ((mh:(hospitais)) OR (mh:(hospitales)) OR (mh:(hospitals)) OR (hospitais) OR ("Centro Hospitalar") OR ("Centros Hospitalares") OR (hospital) OR (nosocômio) OR (nosocômios) OR ("Ambiente Hospitalar") OR (hospitales) OR ("Centro hospitalario") OR ("Centros Hospitalarios") OR (nosocomio) OR (nosocomios) OR ("Ambiente hospitalário"))) AND db:("LILACS" OR "BDENF") AND instance:"regional"
MEDLINE	("Pressure Ulcer"[MeSH Terms] OR "Pressure Ulcers"[All Fields] OR "ulcer pressure"[All Fields] OR "Bed Sores"[All Fields] OR "Bed Sore"[All Fields] OR "sore bed"[All Fields] OR "Bedsore"[All Fields] OR "Decubitus Ulcer"[All Fields] OR "Decubitus Ulcers"[All Fields] OR "ulcer decubitus"[All Fields] OR "Pressure Sore"[All Fields] OR "Pressure

	pressure' OR 'ulcus decubitus'/exp OR 'ulcus decubitus' OR 'decubitus'/exp OR 'decubitus') AND ('high technology'/exp OR 'high technology' OR 'technician trainee'/exp OR 'technician trainee' OR 'technological society'/exp OR 'technological society' OR 'technologies'/exp OR 'technologies' OR 'technology transfer'/exp OR 'technology transfer' OR 'technology'/exp OR 'technology') AND ('clinic'/exp OR 'clinic' OR 'emergency hospital'/exp OR 'emergency hospital' OR 'environment, hospital'/exp OR 'environment, hospital' OR 'hospital data'/exp OR 'hospital data' OR 'hospital environment'/exp OR 'hospital environment' OR 'hospital establishment'/exp OR 'hospital establishment' OR 'hospitals'/exp OR 'hospitals' OR 'hospitals, chronic disease'/exp OR 'hospitals, chronic disease' OR 'hospitals, convalescent'/exp OR 'hospitals, convalescent' OR 'hospitals, group practice'/exp OR 'hospitals, group practice' OR 'hospitals, maternity'/exp OR 'hospitals, maternity' OR 'hospitals, osteopathic'/exp OR 'hospitals, osteopathic' OR 'hospitals, packaged'/exp OR 'hospitals, packaged' OR 'hospitals, proprietary'/exp OR 'hospitals, proprietary' OR 'hospitals, satellite'/exp OR 'hospitals, satellite' OR 'hospitals, special'/exp OR 'hospitals, special' OR 'hospitals, state'/exp OR 'hospitals, state' OR 'infirmary'/exp OR 'infirmary' OR 'medical clinic'/exp OR 'medical clinic' OR 'regional hospital'/exp OR 'regional hospital' OR 'state hospital'/exp OR 'state hospital' OR 'hospital'/exp OR 'hospital')
BDTD*	(Todos os campos: "Lesão por Pressão" OR "Úlcera por pressão" AND Todos os campos: Tecnologias OR tecnologia AND Todos os campos: hospitais OR hospital)

*BDTD: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A seleção dos materiais pertinentes foi conduzida com o apoio do sistema de gerenciamento de referências *Rayyan Qatar Computing Research Institute (CQRI) Systems*. Após a exportação dos registros das fontes de informação consultadas, dois revisores (FCSAGB e MCSS), trabalhando de forma independente, realizaram a exclusão de duplicatas. As publicações foram, então, incluídas ou excluídas mediante a leitura do título e do resumo; aquelas mantidas foram lidas na íntegra e avaliadas com base nos critérios previamente estabelecidos. O procedimento foi realizado de maneira cega, com o uso da funcionalidade *blind on* disponível no sistema. As discordâncias entre os revisores foram gerenciadas por uma terceira revisora (EVP), que manifestou parecer para a inclusão e/ou exclusão dos estudos em conflito. Todo o processo foi sintetizado no fluxograma PRISMA-ScR (Figura 1).

A extração dos dados dos estudos elegíveis foi realizada de forma duplicada e independente por dois revisores (FCSAGB e MCSS), utilizando um instrumento de coleta adaptado do modelo JBI para revisões de escopo⁽¹³⁾. O instrumento foi testado em três artigos piloto para a calibração entre os revisores antes da extração formal. As discordâncias foram resolvidas por consenso ou, quando necessário, por um terceiro revisor (EVP). As variáveis

extraídas incluíram: autoria, ano de publicação, país de origem, delineamento do estudo, identificação da tecnologia (tipo, características e funcionamento), público-alvo, principais resultados, barreiras e limitações relatadas.

Embora as revisões de escopo normalmente não indiquem explicitamente a avaliação crítica dos textos, a classificação dos estudos por nível de evidência foi adotada arbitrariamente nesta revisão com o objetivo de caracterizar o perfil metodológico do corpo de evidências mapeado, a fim de oferecer ao leitor uma visão da maturidade científica das tecnologias identificadas, corroborando às futuras recomendações para a prática clínica. Esta caracterização ocorreu conforme a hierarquia do JBI^(13,16), que categoriza os estudos em cinco níveis: Nível 1 (experimental), Nível 2 (quasi-experimental), Nível 3 (observacional analítico), Nível 4 (observacional descritivo) e Nível 5 (opinião de especialistas). Para os estudos que não se enquadravam diretamente nas categorias previstas, como revisões de escopo e revisões integrativas incluídas na amostra, procedeu-se à análise do delineamento subjacente e à classificação no nível mais adequado da hierarquia do JBI, conforme a orientação do próprio manual. Essa decisão metodológica foi registrada e está documentada no instrumento de extração de dados. Esta classificação permite identificar a força da evidência disponível sobre as tecnologias mapeadas, embora não represente uma avaliação crítica da qualidade metodológica dos estudos, característica inerente às revisões de escopo.

A síntese dos dados foi realizada por meio de uma abordagem descritiva e narrativa, conforme as recomendações metodológicas do JBI para revisões de escopo. Em uma primeira etapa, os dados extraídos foram organizados e tabulados por categorias predefinidas: tipo de tecnologia, público-alvo, contexto clínico, delineamento do estudo, principais resultados e barreiras/limitações. Em uma segunda etapa, procedeu-se à análise comparativa entre os estudos, identificando semelhanças, divergências, padrões de evidência e lacunas do conhecimento

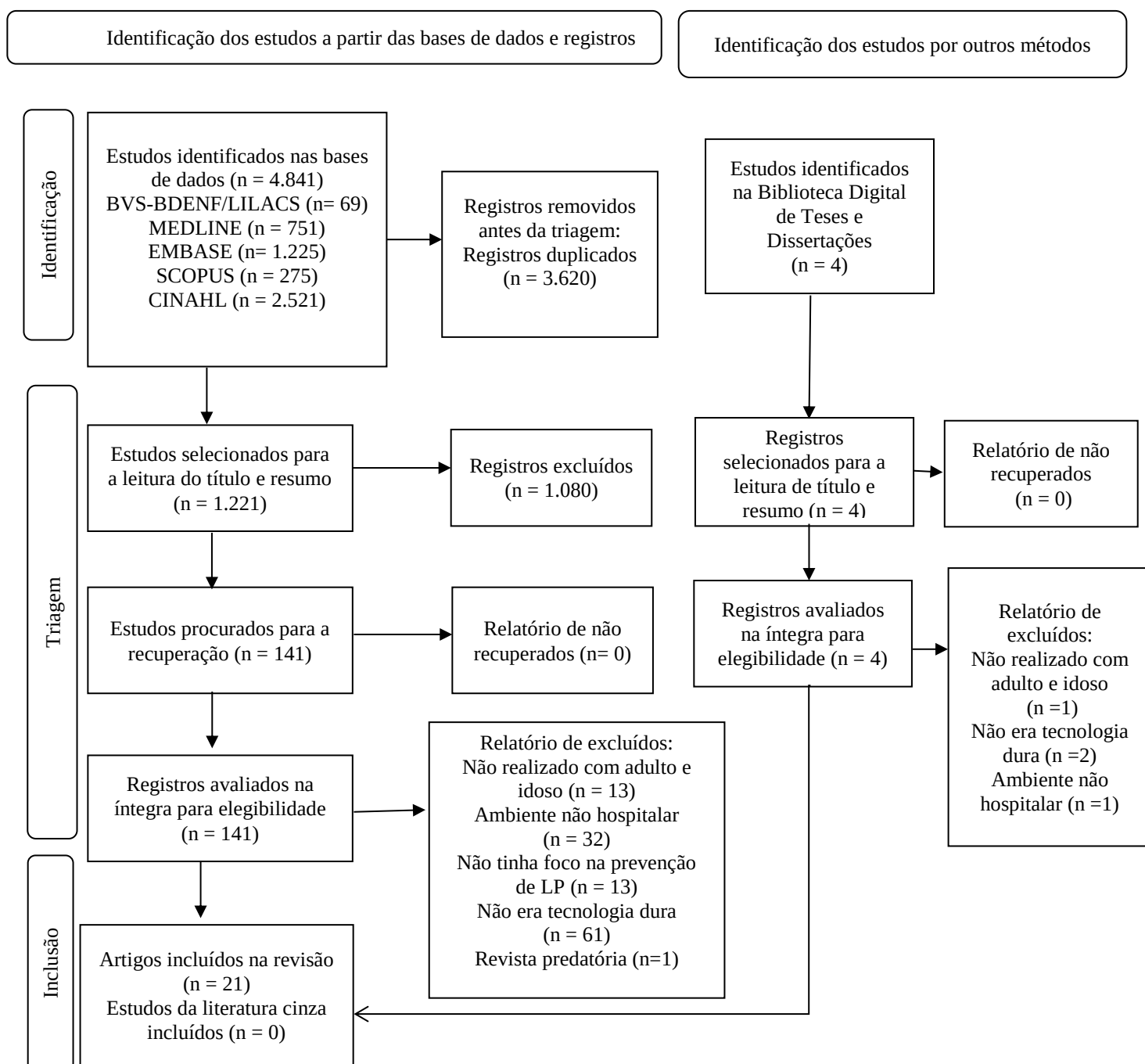
Os resultados foram apresentados por meio de quadros e figuras elaborados pelos autores. A Figura 3, desenvolvida para representar graficamente as categorias, os mecanismos de ação e as semelhanças entre as tecnologias identificadas, foi produzida com apoio de uma ferramenta de inteligência artificial generativa (*ChatGPT*, *OpenAI*, versão 5.0), utilizada exclusivamente como suporte à organização visual das informações. Todo o conteúdo apresentado foi submetido à revisão crítica, à validação e à aprovação final pelos pesquisadores.

Este estudo baseia-se na análise de dados secundários, o que dispensa a necessidade de submissão à avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme a Resolução nº 466/12.

RESULTADOS

Foram identificados 4.841 artigos nas bases de dados, dos quais foram excluídos 3.620 duplicados, restando 1.221 para a leitura dos títulos e resumos. Após a primeira análise, com a leitura dos títulos e dos resumos triados, foram excluídos 1.080 estudos, e 141 foram selecionados para a leitura na íntegra. Destes, 119 foram excluídos, pois não respondiam à pergunta de pesquisa. A amostra final foi composta por 21 artigos^(9-10,12,17-34), conforme a Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma PRISMA-ScR de seleção dos estudos. Teresina (PI), Brasil, 2025.

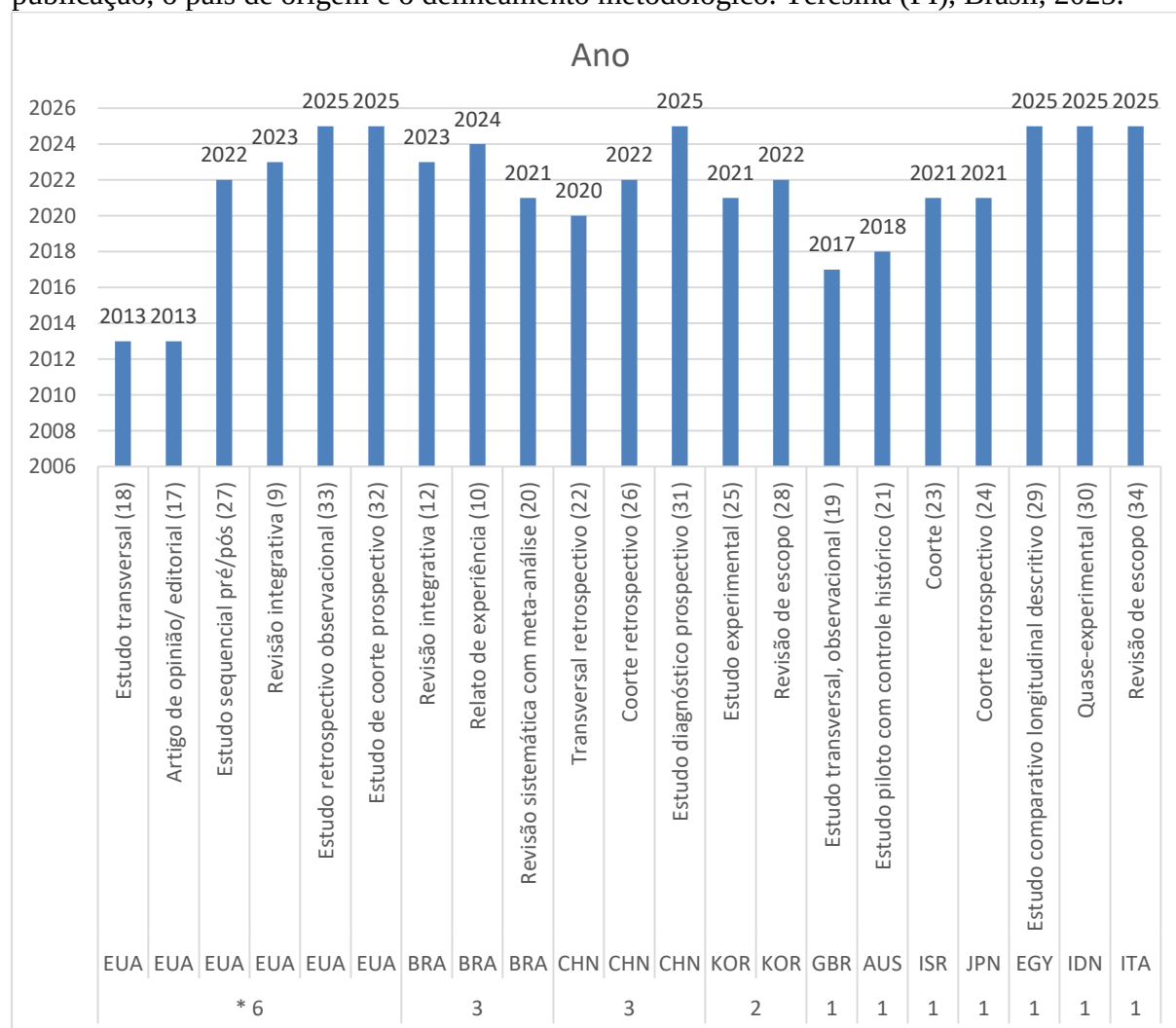


Fonte: Elaborado pelos autores (2025), adaptado do PRISMA-ScR⁽¹⁴⁾.

A distribuição temporal dos 21 estudos incluídos (2013-2025) evidencia um crescimento expressivo das publicações a partir de 2022, refletindo o interesse científico recente em soluções tecnológicas para a prevenção de LP (Figura 2). Os estudos foram conduzidos em 11 países, com predominância dos Estados Unidos (n=6)^(9,17-18,27,32-33), seguidos do Brasil (n=3)^(10,12,20) e da China (n=3)^(22,26,31). Os idiomas de publicação foram majoritariamente o inglês, com dois estudos em português. Quanto ao delineamento

metodológico, identificou-se uma heterogeneidade expressiva: estudos de coorte prospectivos e retrospectivos (n=7)^(22-24,26,31-33), revisões integrativas e de escopo (n=4)^(9,12,28,34), estudos quasi-experimentais (n=4)^(25,27,29-30), estudos descritivos (n=2)⁽¹⁸⁻¹⁹⁾, estudo piloto (n=1)⁽²¹⁾, revisão sistemática com meta-análise (n=1)⁽²⁰⁾, relato de experiência (n=1)⁽¹⁰⁾ e artigo de opinião (n=1)⁽¹⁷⁾. Essa diversidade reflete o estágio ainda em consolidação do campo, com necessidade de pesquisas mais robustas e de maior nível de evidência.

Figura 2 - Distribuição dos estudos incluídos na revisão de escopo segundo o ano de publicação, o país de origem e o delineamento metodológico. Teresina (PI), Brasil, 2025.



*Quantidade de artigos publicados por país.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No que se refere ao público-alvo, 11 estudos focaram em pacientes hospitalizados em geral^(10,12,17,19-20,24,27,30,33-34), sete em pacientes internados em Unidade de Terapia Intensiva

(UTI)^(9,21,25-26,29,31) e 11 em grupos de pacientes de alto risco de lesões, como pacientes com mobilidade reduzida^(18,22-23,28-34).

Os estudos analisaram tecnologias como sensores vestíveis^(9,21,25,27,29,32-33), sistemas de mapeamento de pressão^(17,23), dispositivos de assistência a ar⁽¹⁸⁾, colchões de baixa pressão, sistemas alternados, reposição automática e monitorização^(12,19-20,28,30), dispositivos de posicionamento fluidizado⁽²⁶⁾, aprendizado de máquina^(22,24,26,31), *scanner* de umidade⁽²⁹⁾, termografia da lesão⁽³¹⁾, ultrassom do tecido profundo⁽³⁴⁾ e painéis de bordo para monitoramento de protocolos⁽¹⁰⁾.

As pesquisas mostraram que tecnologias como sensores vestíveis e colchões de redistribuição de pressão reduziram significativamente a incidência de LP^(9,12,21,27-29,32,34), enquanto os dispositivos de posicionamento fluidizado e sistemas de mapeamento de pressão demonstraram melhorias na prevenção e cicatrização de lesões^(17,23,26). Modelos de aprendizado de máquina tiveram sucesso na previsão de risco de lesões, com alta acurácia em contextos clínicos^(22,24,26), e as tecnologias para detecção precoce de alterações teciduais, térmicas e estruturais da pele, ampliaram a capacidade diagnóstica para a prevenção de LP, ao complementarem as escalas clínicas tradicionais com métodos objetivos e sensíveis de detecção precoce do dano tecidual^(29,31,33).

Por fim, as barreiras e limitações identificadas incluem a necessidade de maior validação em diferentes cenários^(24,26,31-32,34), o custo elevado e a necessidade de capacitação profissional^(12,21,29-31,33), a necessidade de integração ao fluxo assistencial e de padronização técnica^(29,33-34) e os desafios na personalização das tecnologias às necessidades específicas dos pacientes^(20,28), conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Descrição dos artigos segundo, autores, identificação da tecnologia, público-alvo, resultados, barreiras e limitações. Teresina (PI), Brasil, 2025.

Autoria/ Tipo de estudo/ Nível JBI	Identificação da tecnologia	Público- alvo	Resultados	Barreiras e limitações
Pompeo <i>et al.</i> ⁽¹⁷⁾ Artigo de opinião/ editorial Nível 5	O sistema de mapa, <i>Wellsense Inc, Nashville, Tennessee</i> é um tapete fino colocado sobre um colchão.	Pacientes com LP* ou que foram considerados de alto risco para desenvolver úlceras por pressão.	O sistema de mapeamento de pressão demonstrou potencial para auxiliar na prevenção de LP* ao fornecer monitoramento contínuo da distribuição de	Embora apenas mudanças na prática de Enfermagem tenham sido medidas neste estudo, as mudanças observadas sugerem que a tecnologia pôde ser

			pressão corporal, o que pode contribuir futuramente para mudanças na prática assistencial e na melhoria da cicatrização.	instrumental na redução de LP* adquiridas em hospitais e na melhoria da cicatrização das LP* no futuro.
Deter <i>et al.</i> ⁽¹⁸⁾ Estudo descritivo retrospectivo Nível 4.c	Dispositivo de assistência a ar.	Pacientes dependentes de mobilidade.	O dispositivo de assistência a ar esteve associado à redução da incidência de nova LP* e à melhora da cicatrização de lesões existentes, demonstrando segurança durante a mobilização de pacientes dependentes. A implementação contínua do dispositivo não aumentou os riscos de lesões adicionais, reforçando sua segurança e eficácia.	A amostra pequena dificultou análises estatísticas robustas.
Pagnamenta <i>et al.</i> ⁽¹⁹⁾ Estudo quasi-experimental pré-pós Nível 2.d	Colchões de baixa pressão e sistemas alternados.	Pacientes hospitalizados.	Em um estudo realizado em um hospital terciário no Reino Unido com foco em estratégias para a prevenção de LP*, incluíram-se o uso de colchões de baixa pressão e sistemas alternativos. Os resultados mostraram que 98,6% das superfícies utilizadas eram não motorizadas, com redução significativa na incidência de LP* hospitalares. Estratégias multifacetadas, como cuidados com a pele, reposicionamento e	Identificou-se a necessidade de auditorias frequentes e treinamento.

			nutrição, complementaram a intervenção.	
Prado <i>et al.</i> ⁽²⁰⁾ Revisão Sistemática com Metanálise Nível 1.a	Colchões de baixa perda de ar, sistemas de pressão alternada.	Pacientes hospitalizados em geral.	A publicação focou-se em tecnologias de superfícies de suporte, como colchões de baixa perda de ar e sistemas de pressão alternada, que reduziram significativamente o desenvolvimento de LP* em hospitais. O estudo destacou a importância de personalizar as tecnologias às necessidades específicas dos pacientes, e de gerenciar outras especificidades como imobilidade, nutrição, lesões prévias, dentre outras.	As superfícies de suporte não substituem o reposicionamento do paciente; os cuidados devem ser personalizados
Barakat-Johnson <i>et al.</i> ⁽²¹⁾ Estudo piloto prospectivo (quasi-experimental) Nível 2.c	Dispositivo de posicionamento o fluidizado (Z-Flo).	127 pacientes de UTI [†] em ventilação mecânica ou com pressão intracraniana elevada.	O estudo piloto realizado na Austrália, avaliou o uso do posicionador fluidizado Z-Flo em pacientes de UTI [†] com alto risco de lesões occipitais. A implementação do dispositivo reduziu a incidência de lesões nessa região em 87,7%. Os resultados mostraram que o posicionador ofereceu suporte anatômico e redistribuição de pressão eficaz, além de ter sido bem aceito pela equipe de Enfermagem devido	O estudo limitou-se a pacientes de UTI [†] em ventilação mecânica ou com pressão intracraniana elevada.

			à facilidade de uso. Contudo, o estudo destacou a necessidade de avaliações em larga escala para validar os benefícios observados.	
Song <i>et al.</i> ⁽²²⁾ Estudo de coorte retrospectivo (desenvolvimento de modelo preditivo) Nível 3.e	Tecnologia de aprendizado de máquina.	1673 pacientes com LP*	O modelo de previsão de LP* baseado em aprendizado de máquina pôde ser usado como ferramenta de prevenção de LP* com amplas perspectivas.	O estudo foi limitado ao banco de dados de prontuários médicos digitais do hospital. Existe apenas forte correlação entre a inferência do modelo e as características, mas permanece impraticável traçar relação causal completa.
Zimlichman <i>et al.</i> ⁽²³⁾ Estudo de coorte prospectivo Nível 3.c	Monitor de movimento e atividade em leito – <i>EverOn</i> .	116 pacientes hospitalizados.	A alta correlação entre a pontuação de movimento do sistema <i>EverOn</i> e a escala de Norton calculada, indicou o potencial dessa tecnologia como ferramenta de avaliação de risco para o desenvolvimento de LP.*	Não foi documentada o reposicionamento assistido de pacientes ao se registrar o movimento na cama.
Nakagami <i>et al.</i> ⁽²⁴⁾ Estudo de coorte retrospectivo observacional Nível 3.e	Modelos de aprendizado de máquina (<i>XGBoost</i> , <i>Random Forest</i>).	75.353 registros hospitalares de pacientes hospitalizados.	Este estudo de coorte retrospectivo no Japão utilizou dados de 75.353 registros hospitalares para construir um modelo preditivo com aprendizado de máquina. O modelo <i>XGBoost</i> alcançou AUC [‡] de $0,80 \pm 0,02$, destacando fatores de risco como dificuldades nas atividades diárias e	Observou-se a necessidade de maior validação em diferentes cenários

			distúrbios respiratórios. O estudo reforçou o valor do uso de registros eletrônicos rotineiros para prever lesões durante a internação.	
Oh <i>et al.</i> ⁽²⁵⁾ Estudo piloto prospectivo (validação tecnológica) Nível 2.c	Sensores sem fio e sem bateria.	Pacientes com risco de lesão.	O estudo apresentou sensores sem fio e sem bateria que monitoraram continuamente a pressão e a temperatura da pele em múltiplos locais do corpo. A tecnologia foi testada em pacientes hemiplégicos e tetraplégicos, demonstrando viabilidade, funcionalidade e estabilidade a longo prazo em ambiente hospitalar. Os sensores forneceram leituras precisas sem interferência de forças de cisalhamento, tornando-os úteis para a detecção precoce e gestão de LP.*	Registrou-se que maior validação amostral é necessária.
Xu <i>et al.</i> ⁽²⁶⁾ Estudo de coorte retrospectivo (desenvolvimento e validação de modelo) Nível 3.e	Painel de características clínicas de alto desempenho acessível nos registros médicos eletrônicos.	412 pacientes em UTI. †	A fusão da escala de Braden e do modelo clínico baseado em aprendizado de máquina foi validada para beneficiar a prevenção de LP* na UTI. †	Observou-se que a extrapolação do modelo para outras instituições médicas é difícil. Além disso, uma coorte prospectiva sequencial para testar o modelo no mundo real seria persuasiva em favor do modelo preditivo
Turmell <i>et al.</i> ⁽²⁷⁾	Sensores vestíveis.	29 pacientes	O estudo analisou os sensores vestíveis	Identificaram-se custo e necessidade

Estudo quasi-experimental (pré-pós implementação) Nível 2.d		em UTI. [†]	que forneceram alertas visuais para reposicionamento de pacientes em UTI. [†] Em uma unidade com 12 leitos, o protocolo de reposicionamento a cada duas horas teve adesão aumentada de 55% para 89% após a introdução dos sensores, reduzindo o intervalo médio de reposicionamento de 3,8 horas para 2,3 horas. Houve melhora na prevenção de LP* e na percepção da equipe sobre o trabalho em equipe.	de treinamento como barreiras.
Youn <i>et al.</i> ⁽²⁸⁾ Revisão de escopo Nível 1.b	Colchões, curativos, estimulação elétrica.	Pacientes de alto risco de lesão.	Revisão de 13 estudos clínicos sobre os dispositivos para a prevenção e o tratamento de LP*, incluiu colchões, curativos especiais e estimulação elétrica. Os dispositivos mostraram eficácia na redução da incidência de lesões e na melhora da qualidade de vida dos pacientes. A revisão ressaltou a necessidade de estudos com amostras maiores para validar os resultados.	Estudos mais amplos são necessários para validação.
Crotty <i>et al.</i> ⁽⁹⁾ Revisão integrativa Nível 1.b	Sensores vestíveis.	Pacientes hospitalizados.	Sensores vestíveis contribuíram para a maior conformidade com protocolos de mudança de decúbito, além de reduzirem as LP*	Essa tecnologia é mais frequentemente estudada em UTI. [†] Pesquisas futuras com foco em diferentes populações de

			adquiridas em hospitais e custos assistenciais.	pacientes são necessárias para determinar a eficácia fora das UTI. †
Araújo <i>et al.</i> ⁽¹²⁾ Revisão integrativa Nível 1.b	Colchões e sensores de umidade.	Pacientes hospitalizados.	A revisão identificou tecnologias como colchões de redistribuição de pressão, sensores de umidade e dispositivos de monitoramento contínuo. A implementação dessas tecnologias nos hospitais brasileiros mostrou-se associada à redução significativa na incidência de LP*, mas destacou desafios relacionados a custos e à capacitação de profissionais para o manuseio adequado.	Observaram-se alto custo e necessidade de capacitação profissional.
Fini <i>et al.</i> ⁽¹⁰⁾ Estudo metodológico /desenvolvimento tecnológico Nível 4.c	Painel de bordo.	Pacientes com risco e/ou lesões cutâneas e estomias.	A construção e a implantação do painel de bordo para o gerenciamento do protocolo de LP* possibilitaram a visualização rápida e em tempo real dos riscos dos pacientes.	Os resultados são sensíveis ao contexto estudado, não permitindo a sua generalização, mas podendo ser extrapolados para outras instituições com cenários semelhantes.
Bayoumi <i>et al.</i> ⁽²⁹⁾ Estudo descritivo comparativo longitudinal Nível 3.c	Scanner de umidade subepidérmica (SEM) para detecção precoce de dano tecidual profundo.	189 pacientes críticos imobilizados em UTI. †	O scanner de umidade subepidérmica possibilitou a detecção precoce de dano tecidual profundo, identificando o risco de LP* cerca de três dias antes das manifestações clínicas visíveis. Observou-se sensibilidade de	Identificou-se a necessidade de treinamento da equipe. A tecnologia é complementar, não substitui a avaliação clínica. Faz-se necessário protocolo institucional.

			89,2% vs 48,6% da Escala Modificada de Cubbin e Jackson (MCJ).	
Taryudi <i>et al.</i> ⁽³⁰⁾ Quase-experimental prospectivo Nível 2.c	Cama inteligente com IoT ^δ - reposicionamento automático + monitorização fisiológica.	30 pacientes hospitalizados por AVC ^l .	A cama inteligente com IoT ^δ e reposicionamento automático promoveu melhoras nos fatores de risco da escala de Braden e reduziu a carga de trabalho da equipe assistencial.	Registraram-se alto custo tecnológico e necessidade de infraestrutura hospitalar para agregar a tecnologia. A amostra foi pequena (n=30).
Burke <i>et al.</i> ⁽³¹⁾ Estudo observacional retrospectiva Nível 3.e	Imagem termográfica para a detecção precoce de LP.*	Pacientes críticos em UTI [†] cirúrgica.	Verificou-se melhor predição comparada à escala de Braden. Houve identificação precoce de lesões profundas. Observou-se potencial redução de custos e complicações.	Observaram-se disponibilidade limitada da tecnologia, necessidade de validação clínica adicional e aplicação restrita a centros especializados.
Smith; Steckler. ⁽³²⁾ Estudo de coorte prospectivo Nível 3.d	Sensor de mobilidade sem fio acoplado ao leito (<i>mattress-attachable motion sensor</i>) para o monitoramento contínuo de movimentos.	Pacientes hospitalizados com risco de LP.*	O sensor de mobilidade sem fio possibilitou o monitoramento contínuo dos movimentos no leito, identificando os períodos prolongados de imobilidade e os pacientes com maior risco de LP.* Observou-se forte correlação com a análise por vídeo (r = 0,89). A média foi de 9,7 movimentos/hora. Os alertas de imobilidade identificaram pacientes de maior risco. Obtiveram-se dados objetivos de mobilidade superando avaliações subjetivas. Identificou-se	Identificaram-se a necessidade de validação clínica ampliada, a integração ao fluxo assistencial e o fato de a tecnologia ainda não estar amplamente implementada.

			potencial para a prevenção de LP.*	
Ren Q <i>et al.</i> ⁽³³⁾ Estudo diagnóstico prospectivo Nível 2.b	Avaliação por ultrassom do tecido profundo para a predição de LP.*	Pacientes hospitalizados com risco de LP.*	Demonstrou-se capacidade de predição precoce de lesões hospitalares. AUC [‡] = 0,898 (superior às escalas de Braden, Norton e Waterlow). Registraram-se sensibilidade de 0,884 e especificidade de 0,781. Trata-se de método promissor para a identificação antecipada de dano tecidual.	Verificaram-se a necessidade de padronização técnica, a dependência de operadores treinados e a limitação na disseminação ampla da tecnologia.
Angelucci <i>et al.</i> ⁽³⁴⁾ Revisão de escopo Nível 1.b	Dispositivos vestíveis para a monitorização fisiológica contínua.	Pacientes críticos hospitalizados, especialmente em UTI. [†]	O monitoramento contínuo e não invasivo de parâmetros fisiológicos e mobilidade apresentou potencial para a detecção precoce de deterioração clínica, aumento da adesão ao reposicionamento e prevenção de LP* em pacientes críticos.	Observaram-se precisão variável das medições, perda de sinal e artefatos por movimento, limitações de conectividade e integração aos sistemas clínicos, necessidade de validação em ambiente real e risco de sobrecarga de dados

*LP = Lesão por Pressão; [†]UTI = Unidade de Terapia Intensiva; [‡]AUC = Área sob a curva; [§]IoT = Internet das Coisas; ^{||}AVC = Acidente Vascular Cerebral
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para facilitar a visualização comparativa das tecnologias identificadas, o Quadro 3 apresenta a síntese organizacional das tecnologias por categoria, mecanismo de ação, contexto clínico de aplicação e nível de evidência JBI.

Quadro 3 - Síntese das tecnologias duras para prevenção de LP por categoria, mecanismo de ação, contexto clínico e nível de evidência. Teresina (PI), Brasil, 2025.

Categoria	Tecnologia	Mecanismo de ação	Contexto clínico	Nível JBI	Estudos (n)
Monitoramento de pressão e posição	Sensores vestíveis e sem fio	Monitoramento contínuo de pressão e temperatura cutânea; alertas para o reposicionamento.	UTI* / Enfermaria	1b - 2c/d	6
Monitoramento de pressão e posição	Sistemas de mapeamento de pressão	Tapete sensor que mapeia a distribuição de pressão sobre o colchão em tempo real.	Geral	4c - 5	2
Monitoramento de pressão e posição	Sensor de mobilidade acoplado ao leito	Monitoramento contínuo de movimento; alertas de imobilidade.	Geral	3d	1
Superfícies de suporte	Colchões de baixa pressão e sistemas alternados	Redistribuição e alternância de pressão sob o corpo do paciente.	Geral / UTI*	1a - 2d	3
Superfícies de suporte	Dispositivo de posicionamento fluidizado (Z-Flo)	Redistribuição de pressão em região occipital por material fluidizado.	UTI*	2c	1
Superfícies de suporte	Dispositivo de assistência a ar	Redução de fricção e cisalhamento durante mobilização.	Geral	4c	1
Predição por inteligência artificial	Modelos de aprendizado de máquina (ML [‡])	Algoritmos preditivos (XGBoost, Random Forest) integrados aos prontuários eletrônicos para a estratificação de risco.	UTI* / Geral	1b - 3e	3
Deteção precoce de dano tecidual	Scanner de umidade subepidérmica (SEM)	Biocapacitância para detectar edema subepidérmico precursor de LP. [†]	UTI*	3c	1
Deteção precoce de dano tecidual	Termografia infravermelha	Identificação de alterações térmicas cutâneas antes da manifestação clínica da LP. [†]	UTI* cirúrgica	3e	1
Deteção precoce de dano tecidual	Ultrassonografia de tecido profundo	Avaliação estrutural do tecido subcutâneo para a predição precoce de LP. [†]	Geral	2b	1
Gestão de protocolos	Painel de bordo informatizado (<i>dashboard</i>)	Visualização em tempo real do risco dos pacientes e adesão ao protocolo preventivo.	Geral	4c	1
Gestão de protocolos	Cama inteligente com IoT. ^δ	Reposicionamento automático e monitorização fisiológica integrada.	Geral	2c	1

*UTI: Unidade de Terapia Intensiva; [†]LP: Lesão por Pressão; [‡]ML: *Machine Learning*; ^δIoT: Internet das Coisas; JBI: Níveis de evidência conforme hierarquia JBI para efetividade⁽¹⁶⁾.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A amostra final de 21 estudos apresentou heterogeneidade de níveis de evidência: um estudo de Nível 1.a (revisão sistemática com metanálise)⁽²⁰⁾, quatro estudos de Nível 1.b (revisões integrativas e de escopo)^(9,12,28,34), seis estudos de Nível 2 (estudos piloto prospectivos e quasi-experimentais)^(19,21,25,27,30,32), sete estudos de Nível 3 (estudos de coorte prospectivos e retrospectivos)^(22-24,26,29,31,33), dois estudos de Nível 4 (estudos descritivos e metodológicos)^(10,18) e um estudo de Nível 5 (artigo de opinião)⁽¹⁷⁾. Essa diversidade refletiu a natureza exploratória do campo, com predominância de estudos observacionais (59%) e revisões de literatura (27,2%), indicando estágio inicial de desenvolvimento de evidências sobre tecnologias preventivas para LP.

Na Figura 3 são apresentadas, em formato gráfico, as principais tecnologias identificadas nos estudos incluídos, organizadas por categoria e tipo de aplicação. Os números em cada categoria correspondem às referências bibliográficas dos estudos incluídos nesta revisão de escopo. Apesar da heterogeneidade das intervenções, os estudos demonstraram semelhanças importantes quanto aos objetivos das tecnologias, destacando-se a prevenção de LP, a redução de complicações, a personalização do cuidado, o apoio à tomada de decisão clínica e a melhoria da segurança do paciente.

Figura 3 – Síntese do conhecimento sobre tecnologias para prevenção e manejo de LP: tipos, aplicações, barreiras e semelhanças entre os estudos incluídos. Teresina (PI), Brasil, 2026.



*Os números em cada categoria correspondem às referências bibliográficas dos estudos incluídos nesta revisão de escopo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com uso da ferramenta ChatGPT (OpenAI, versão 5.0).

DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos permitiu mapear um conjunto de tecnologias duras voltadas à prevenção de LP em pacientes hospitalizados, revelando contribuições relevantes para a segurança do paciente e a qualidade do cuidado. As diretrizes internacionais mais recentes reforçam que o uso de tecnologias deve estar integrado às medidas tradicionais, como a avaliação de risco, o reposicionamento regular e o uso adequado de superfícies de suporte, o que corrobora a relevância dos achados desta revisão⁽³⁴⁾.

Seis estudos destacaram o uso de sensores vestíveis e sem fio como uma estratégia promissora na prevenção de LP, especialmente em UTI, onde esses dispositivos aumentaram a adesão ao protocolo de reposicionamento e reduziram o intervalo entre ações preventivas^(9,25,27,29,32,34). Um dos modelos avaliados oferece um alerta visual para sinalizar o reposicionamento, o que resultou em aumento da adesão da equipe de 55% para 89%⁽²⁷⁾. Dispositivos sem fio capazes de monitorar a pressão e a temperatura cutânea demonstraram boa estabilidade e viabilidade em ambiente hospitalar⁽²⁵⁾, e sensores acoplados ao leito, com monitoramento contínuo de movimento, apresentaram forte correlação com a análise por vídeo ($r=0,89$), superando as avaliações subjetivas de mobilidade⁽³¹⁾. Os sensores vestíveis também contribuíram para diminuir a incidência de lesões, sendo essencial a validação em populações maiores para ampliar sua aplicação em diferentes contextos clínicos^(9,34).

A eficácia dos sensores com monitoramento de pressão e temperatura na previsão precoce de fatores de risco, facilitando intervenções direcionadas e reduzindo complicações, é corroborada por uma revisão integrativa recente⁽⁹⁾. Pesquisas futuras devem priorizar a validação em populações não críticas, estudos de implementação em diferentes contextos e análises de custo-efetividade, especialmente em países de baixa e média renda, onde o custo inicial dos sensores pode ser proibitivo^(9,32,34). O tapete inteligente para monitoramento de posições corporais representa uma inovação complementar com potencial para a otimização da alocação de recursos e a melhoria da segurança do paciente, desde que associado à capacitação continuada das equipes⁽³⁵⁾.

Uma metanálise envolvendo 19.136 pacientes demonstrou uma redução de 70% na incidência de lesões com o uso de sensores vestíveis, com economia anual estimada de US\$ 6,2 milhões por 1.000 pacientes, considerando os custos de tratamento evitados⁽³⁶⁾. Três questões críticas emergem dessa evidência: primeiro, a validação limitada a ambientes de terapia intensiva representa uma lacuna importante, uma vez que pacientes em enfermarias gerais apresentam perfis de risco distintos e menor disponibilidade de monitoramento contínuo; segundo, nenhum dos estudos desta revisão avaliou a sustentabilidade da adesão em

longo prazo. A “fadiga de alerta”, fenômeno caracterizado pela redução progressiva da resposta dos profissionais diante de alarmes clínicos repetitivos, documentado em contextos de monitoramento eletrônico intensivo⁽³⁷⁾, pode comprometer a efetividade após o período inicial de implementação; terceiro, as análises de custo-efetividade disponíveis baseiam-se em sistemas de saúde de alta renda, com limitada transferibilidade para cenários de recursos restritos.

As diretrizes internacionais reforçam que as medidas de reposicionamento sistemático devem nortear os programas preventivos, com frequência individualizada conforme a avaliação clínica, além do uso de estratégias de lembrete para a adesão⁽³⁴⁾. Essas recomendações justificam o emprego de sensores e sistemas de alerta como apoio à prática de reposicionamento, sem substituir o julgamento clínico⁽³⁶⁾. Questões éticas relacionadas à privacidade de dados biométricos contínuos e à aceitabilidade dessas tecnologias pelos pacientes permanecem inexploradas nos estudos incluídos e representam uma agenda prioritária para pesquisas futuras.

Quanto aos colchões terapêuticos e aos dispositivos de redistribuição de pressão, sua eficácia foi amplamente reconhecida nos estudos avaliados. Pesquisas realizadas em hospitais do Reino Unido indicaram que colchões de baixa pressão e sistemas alternados reduziram significativamente a incidência de lesões em contextos hospitalares⁽¹⁹⁾. O consenso internacional recomenda fortemente o uso de superfícies com redistribuição de pressão para indivíduos em risco, orientando a seleção entre superfícies ativas ou reativas conforme a condição clínica e a mobilidade do paciente e enfatizando que a ausência de tais superfícies representa um risco elevado de dano tecidual⁽³⁸⁾. Colchões de baixa perda de ar e sistemas de pressão alternada reduziram significativamente o desenvolvimento de lesões em hospitais, sendo fundamental personalizar as tecnologias de acordo com o perfil clínico do paciente⁽²⁰⁾.

O posicionador fluidizado Z-Flo, avaliado em pacientes de UTI, evidenciou uma redução de 87,7% nas lesões occipitais, reforçando sua eficácia como uma solução prática para a redistribuição da pressão em populações de alto risco⁽²¹⁾. Uma revisão de escopo corrobora a eficácia de dispositivos combinados como colchões, curativos especiais e estimulação elétrica, na prevenção de lesões e na melhoria da qualidade de vida dos pacientes, destacando a necessidade de estudos com amostras maiores para validar os resultados⁽²⁸⁾. O uso adequado de colchões de redistribuição de pressão, comparado ao colchão hospitalar padrão, somado ao reposicionamento regular, reduz significativamente o risco de LP⁽³⁹⁻⁴⁰⁾.

As tecnologias de monitoramento contínuo de movimento demonstraram eficácia na identificação de padrões de comportamento associados ao risco de LP. O sistema *EverOn*

apresentou alta correlação com a Escala de Norton, permitindo intervenções precoces, embora a ausência de registro de reposicionamento assistido tenha sido identificada como uma limitação para a sua maior aplicabilidade^(23,32). O consenso do *National Pressure Injury Advisory Panel* (NPIAP) ressalta a importância do reposicionamento para otimizar a distribuição da pressão e remover a carga das proeminências ósseas⁽³⁸⁾, reforçando o valor das tecnologias que favorecem ou automatizam essa prática na redução do risco de LP.

Os modelos preditivos baseados em aprendizado de máquina destacaram-se pela alta precisão na predição de LP. O modelo *Random Forest* apresentou uma área sob a curva superior a 0,95, demonstrando maior precisão em comparação com os métodos tradicionais⁽²²⁾. O modelo *XGBoost* foi validado com AUC de $0,80 \pm 0,02$, identificando dificuldades em atividades diárias e distúrbios respiratórios como preditores importantes⁽²⁴⁾. A integração de algoritmos de aprendizado de máquina com a Escala de Braden resultou em uma melhoria significativa na identificação precoce dos fatores de risco em UTI⁽²⁶⁾.

O painel informatizado para a gestão do Protocolo de Prevenção de Lesão por Pressão possibilitou a visualização em tempo real dos riscos dos pacientes, promovendo uma melhoria na adesão às práticas preventivas⁽¹⁰⁾. Embora ainda não existam recomendações específicas sobre inteligência artificial ou modelos preditivos nas diretrizes internacionais, já se reconhece a relevância de sistemas de apoio à decisão clínica e de estratégias de lembrete para otimizar a adesão às práticas de prevenção⁽³⁸⁾. As tecnologias digitais analisadas devem ser compreendidas como apoios operacionais complementares às medidas basais estabelecidas nas diretrizes.

As tecnologias de diagnóstico precoce apresentaram um elevado desempenho preditivo. O *scanner* de umidade subepidérmica demonstrou uma sensibilidade de 89,2%, superior à Escala Modificada de Cubbin e Jackson (48,6%), permitindo a identificação do risco até três dias antes das manifestações clínicas⁽²⁹⁾. A avaliação ultrassonográfica do tecido profundo apresentou uma AUC de 0,898, com sensibilidade de 0,884 e especificidade de 0,781, superando as escalas de Braden, *Norton* e *Waterlow* na estratificação de risco em pacientes críticos⁽³²⁾. A termografia infravermelha também se mostrou útil na detecção precoce de lesões profundas, com melhor predição comparada à Escala de Braden, indicando que as alterações térmicas podem antecipar os sinais clínicos visíveis⁽³¹⁾.

As tecnologias mapeadas têm o potencial para transformar o cuidado preventivo em ambientes hospitalares, especialmente quando integradas às práticas tradicionais, configurando uma abordagem complementar capaz de maximizar benefícios e promover maior segurança do paciente. Os desafios relevantes, como a necessidade de validação em

diferentes contextos e populações, os custos elevados, a necessidade de infraestrutura adequada e de capacitação contínua das equipes, restringem o acesso universal às inovações e reforçam a urgência de pesquisas futuras voltadas à integração tecnológica e ao aperfeiçoamento das práticas assistenciais^(12,21,29-30,33).

Este estudo apresenta limitações metodológicas que devem ser consideradas na interpretação dos achados. A busca limitada a repositórios brasileiros de literatura cinzenta pode ter excluído teses e dissertações internacionais relevantes. A não inclusão de bases específicas de tecnologia (*IEEE Xplore*, *ACM Digital Library*) representa uma lacuna potencial quanto às inovações em fase de desenvolvimento. A extração não capturou sistematicamente dados sobre a viabilidade de implementação, a aceitabilidade pelos pacientes e a sustentabilidade organizacional, fatores críticos para a translação das tecnologias à prática. Finalmente, a heterogeneidade de desfechos impossibilitou a síntese quantitativa, limitando a objetividade das conclusões.

Este estudo contribui para a prática ao fornecer um panorama abrangente das tecnologias duras disponíveis para a prevenção de LP em pacientes hospitalizados, permitindo que gestores e clínicos conheçam o escopo das inovações existentes. As contribuições centram-se em: mapear o estado da arte tecnológico; identificar lacunas para pesquisas futuras, especialmente quanto à validação externa, às análises de custo-efetividade para países de baixa e média renda e aos estudos de implementação em cenários não intensivos; alertar para as barreiras consistentemente relatadas, tais como custos, capacitação e personalização; e subsidiar a formulação de perguntas de pesquisa para revisões sistemáticas com avaliação rigorosa de qualidade.

Com base nas lacunas identificadas, sugerem-se: estudos de implementação avaliando barreiras e facilitadores em diferentes contextos; análises de custo-efetividade comparando tecnologias emergentes *versus* cuidados padrão; validação externa de modelos preditivos em coortes multicêntricas; estudos qualitativos sobre a aceitabilidade de tecnologias por pacientes e profissionais; e ensaios clínicos pragmáticos comparando diferentes tecnologias em condições reais de uso. As decisões de implementação devem ser baseadas em revisões sistemáticas complementares com avaliação crítica de evidências.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão de escopo mapeou tecnologias duras utilizadas na prevenção de LP em pacientes adultos e idosos hospitalizados, identificando cinco categorias: monitoramento de pressão e posição; superfícies de suporte; predição por inteligência artificial; detecção precoce

de dano tecidual e gestão integrada de protocolos. Os estudos analisados demonstraram que sensores vestíveis e sem fio favoreceram a adesão ao reposicionamento, modelos preditivos baseados em aprendizado de máquina apresentaram desempenho satisfatório para a estratificação de risco, e tecnologias de detecção precoce possibilitaram a identificação de alterações teciduais antes de sua manifestação clínica visível.

De modo geral, as tecnologias mapeadas apresentaram potencial para qualificar a prevenção de LP ao ampliarem a capacidade de monitoramento contínuo, detecção precoce e identificação objetiva do risco. Entretanto, a evidência disponível concentrou-se predominantemente em ambientes hospitalares de alta complexidade, especialmente UTI, com predominância de estudos conduzidos em países de alta renda.

Persistem lacunas que incluem: a validação externa das tecnologias em contextos não intensivos e em países de baixa e média renda, a realização de análises de custo-efetividade frente ao cuidado padrão, o desenvolvimento de estudos de implementação em diferentes cenários assistenciais e a condução de ensaios clínicos pragmáticos em condições reais de uso. A produção de evidências nessas frentes constitui um requisito indispensável à incorporação equitativa e sustentável dessas inovações à prática clínica.

REFERÊNCIAS

1. National Pressure Ulcer Advisory Panel. Pressure ulcer stages revised by NPUAP [Internet]. 2019 [cited 2025 Aug 30]. Available from: <https://internationalguideline.com/2019>
2. McMahon J, McInnes E, Wan CS, Straiton N, Lam L, Rodgers J, et al. Effectiveness of organisational strategies for pressure injury prevention and treatment in acute hospital settings: a systematic review. *J Adv Nurs*. 2026;82(3):2004-21. <https://doi.org/10.1111/jan.17090>
3. Jesus PWG, Matheus FAV, Silva MG, Peixoto TM, Oliveira FGV, Oliveira JDRN, et al. Assistência de enfermagem e fatores de risco na prevenção de lesão por pressão. *Nursing*. 2023;26(302):9779-86. <https://doi.org/10.36489/nursing.2023v26i302p9779-9786>
4. Soares LCB, Figueiredo EBL, Silva DO, Costa GCS, Dias AGA, Falcão LM, et al. Pressure injury development and care complexity in patients at an emergency service. *Cogitare Enferm*. 2022;27:e82550. <https://doi.org/10.5380/ce.v27i0.82550>
5. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Práticas de segurança do paciente em serviços de saúde: prevenção de lesão por pressão [Internet]. 2023 [cited 2025 Aug 30]. Available from: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/notas-tecnicas/notas-tecnicas-vigentes/nota-tecnica-gvims-ggtes-anvisa-no-05-2023-praticas-de-seguranca-do-paciente-em-servicos-de-saude-prevencao-de-lesao-por-pressao>

6. Li Z, Lin F, Thalib L, Chaboyer W. Global prevalence and incidence of pressure injuries in hospitalized adult patients: a systematic review and meta-analysis. *Int J Nurs Stud*. 2020;105:103546. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2020.103546>
7. European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel, Pan Pacific Pressure Injury Alliance. *Prevenção e tratamento de lesões/úlceras por pressão: guia de consulta rápida*. Melbourne: EPUAP/NPIAP/PPPIA; 2019.
8. Fonseca GGPD, Lima SBS, Parciannello MK, Ebehardt TD, Santos WMD, Mello ALSFD. Cost-effectiveness of two dressings in preventing pressure injuries in intensive care patients. *Texto Contexto Enferm*. 2024;33:e20230211. <https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2023-0211en>
9. Crotty A, Killian JM, Miller A, Chilson S, Wright R. Using wearable technology to prevent pressure injuries: an integrative review. *Worldviews Evid Based Nurs*. 2023;20(4):351-60. <https://doi.org/10.1111/wvn.12638>
10. Fini RM, Braga AT, Pena MM. Gerenciamento do protocolo de prevenção de lesão por pressão: construção de painel de bordo informatizado. *Enferm Foco*. 2024;15:e-202415. <https://doi.org/10.21675/2357-707X.2024.v15.e-202415>
11. Merhy EE. Em busca de ferramentas analisadoras das tecnologias em saúde: a informação e o dia a dia de um serviço, interrogando e gerindo trabalho em saúde. In: Merhy EE, Onoko R, editores. *Agir em saúde: um desafio para o público*. São Paulo: Hucitec; 2002. p. 113-50.
12. Araújo EB, Bezerra SMG, Machado JS, Silva IMB, Oliveira LF, Lira JAC, et al. Tecnologias em saúde implementadas para prevenção de lesão por pressão no contexto hospitalar: revisão integrativa. *Estima*. 2022;20:e2622-2. https://doi.org/10.30886/estima.v20.1252_PT
13. Peters MDJ, Godfrey C, McInerney P, et al. Scoping Reviews. In: Aromataris E, Lockwood C, Porritt K, editores. *Manual JBI para Síntese de Evidências*. JBI; 2024. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-09>
14. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
15. Araújo WCO. Recuperação da informação em saúde: construção, modelos e estratégias. *Converg Ciênc Inform*. 2020;3(2):100-12. <https://doi.org/10.33467/conci.v3i2.13447>
16. JBI Levels of Evidence and Grades of Recommendation Working Party. Supporting document for the JBI levels of evidence and grades of recommendation [Internet]. Adelaide (AU): Joanna Briggs Institute; 2014 [cited 2026 Jul 18]. Available from: <https://adelaideuniversity.app.box.com/s/09jmmumnl0me2fj5rby5ntyin0cmcfy>
17. Pompeo MQ. Pressure map technology for pressure ulcer patients: can we handle the truth? *Wounds* [Internet]. 2013[cited 2026 Jul 18];25(2):34-40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25867805/>
18. Deter LL, Kiely DK, White-Chu EF. A descriptive view of the impact of an air-assisted device on pressure ulcer prevention and healing. *Int J SPHM* [Internet]. 2013[cited 2025 Aug 30];3(4):138. Available from: <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A12%3A18372892/detailv2?sid=ebsco%3A>

[plink%3Acrawler&id=ebsco%3A93660183&crl=f&link_origin=www.google.com](https://doi.org/10.12968/bjon.2017.26.6.S28)

19. Pagnamenta F. The provision of therapy mattresses for pressure ulcer prevention. *Br J Nurs.* 2017;26(6):S28-33. <https://doi.org/10.12968/bjon.2017.26.6.S28>
20. Prado CBC, Machado EAS, Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. Support surfaces for intraoperative pressure injury prevention: systematic review with meta-analysis. *Rev Latino-Am Enfermagem.* 2021;29:e3493. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.5279.3493>
21. Barakat-Johnson M, Lai M, Gefen A, Coyer F. Evaluation of a fluidised positioner to reduce occipital pressure injuries in intensive care patients: a pilot study. *Int Wound J.* 2018;16(2):424-32. <https://doi.org/10.1111/iwj.13051>
22. Song J, Gao Y, Yin P, Li Y, Li Y, Zhang J, et al. The random forest model has the best accuracy among the four pressure ulcer prediction models using machine learning algorithms. *Risk Manag Healthc Policy.* 2021;14:1175-87. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S297838>
23. Zimlichman E, Shinar Z, Rozenblum R, Levkovich S, Skiano S, Szyper-Kravitz M, et al. Using continuous motion monitoring technology to determine patient's risk for development of pressure ulcers. *J Patient Saf.* 2011;7(4):181-4. <https://doi.org/10.1097/PTS.0b013e318230e6ef>
24. Nakagami G, Yokota S, Kitamura A, Takahashi T, Morita K, Noguchi H, et al. Supervised machine learning-based prediction for in-hospital pressure injury development using electronic health records: a retrospective observational cohort study in a university hospital in Japan. *Int J Nurs Stud.* 2021;119:103932. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2021.103932>
25. Oh YS, Kim JH, Xie Z, Cho S, Han H, Jeon SW, et al. Battery-free, wireless soft sensors for continuous multi-site measurements of pressure and temperature from patients at risk for pressure injuries. *Nat Commun.* 2021;12(1):4662. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25324-w>
26. Xu J, Chen D, Deng X, Pan X, Chen Y, Zhuang X, et al. Development and validation of a machine learning algorithm-based risk prediction model of pressure injury in the intensive care unit. *Int Wound J.* 2022;19(7):1637-49. <https://doi.org/10.1111/iwj.13764>
27. Turmell M, Cooley A, Yap TL, Alderden J, Sabol VK, Lin JRA, et al. Improving pressure injury prevention by using wearable sensors to cue critical care patient repositioning. *Am J Crit Care.* 2022;31(4):295-305. <https://doi.org/10.4037/ajcc2022701>
28. Jung SY, Park M, Moon KJ. Effectiveness of devices for prevention and treatment of pressure ulcers: a scoping review. *Korean J Adult Nurs.* 2022;34(2):123-30. <https://doi.org/10.7475/kjan.2022.34.2.123>
29. Bayoumi MM, Khonji LM, Ali NSA, Altheeb MK, Mohammed NA, Rashwan ZI. Evidence-based practice enhances patient outcomes: early pressure ulcer detection with biocapacitance technology among critically ill patients. *Intensive Crit Care Nurs.* 2025 Aug;89:103950. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2025.103950>
30. Taryudi, Lindayani L, Mutiar A. The effect of smart bed on pressure ulcer prevention among patients with stroke in West Java, Indonesia. *Malays J Nurs.* 2025;16(Sup-2):30-8. <https://doi.org/10.31674/mjn.2025.v16isupp2.004>

31. Burke OM, Kirsner RS, Elman SA. Retrospective analysis of thermographic imaging in early detection of pressure injuries. *Wound Repair Regen.* 2025;33(1):e70003. <https://doi.org/10.1111/wrr.70003>
32. Smith S, Steckler L. Feasibility and validation of a novel mobility monitoring sensor in hospitalized patients: a prospective cohort study. *J Clin Transl Sci.* 2025;9(1):e171. <https://doi.org/10.1017/cts.2025.10110>
33. Ren Q, Wang Y, Gao W, Ma L, Tang L, Wang X, et al. Assessing the efficacy of ultrasound deep tissue evaluation in predicting hospital-acquired pressure injuries: a diagnostic study. *Medicine (Baltimore).* 2025;104(28):e43268. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000043268>
34. Angelucci A, Greco M, Cecconi M, Aliverti A. Wearable devices for patient monitoring in the intensive care unit. *Intensive Care Med Exp.* 2025;13(1):26. <https://doi.org/10.1186/s40635-025-00738-8>
35. Choi H, Tak SH, Song YA, Park J. Nurses' perspectives on the adoption of new smart technologies for patient care: focus group interviews. *BMC Health Serv Res.* 2025;25:391. <https://doi.org/10.1186/s12913-025-12578-z>
36. Nherera L, Larson B, Cooley A, Reinhard P. An economic analysis of a wearable patient sensor for preventing hospital-acquired pressure injuries among the acutely ill patients. *Int J Health Econ Manag.* 2021;21(4):457-71. <https://doi.org/10.1007/s10754-021-09304-7>
37. Sendelbach S, Funk M. Alarm fatigue: a patient safety concern. *AACN Adv Crit Care.* 2013;24(4):378-86. <https://doi.org/10.1097/NCL.0b013e3182a903f9>
38. National Pressure Injury Advisory Panel; European Pressure Ulcer Advisory Panel; Pan Pacific Pressure Injury Alliance. Prevention and treatment of pressure ulcers/injuries: clinical practice guideline [Internet]. Haesler E, editor. 4th ed. Perth (AU): EPUAP/NPIAP/PPPIA; 2025 [cited 2025 Oct 27]. Available from: <https://internationalguideline.com/the-international-guideline>
39. National Pressure Injury Advisory Panel; European Pressure Ulcer Advisory Panel; Pan Pacific Pressure Injury Alliance. Prevention and treatment of pressure ulcers/injuries: quick reference guide [Internet]. Haesler E, editor. 4th ed. Perth (AU): EPUAP/NPIAP/PPPIA; 2025 [cited 2025 Oct 27]. Available from: <http://epuap.org/download/8570/>
40. Jiang Q, Liu Y, Yu H, Song S, Li G, Liu H, et al. A multicenter, comparative study of two pressure-redistribution mattresses with repositioning intervals for critical care patients. *Adv Skin Wound Care.* 2020;33(3):1-9. <https://doi.org/10.1097/01.ASW.0000653160.13611.5d>

Disponibilidade de dados e material

O acesso ao conjunto de dados poderá ser realizado mediante solicitação ao autor correspondente.

Contribuição de autoria

Conceituação: Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga e Esteffany Vaz Pierot.

Curadoria de dados: Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga e Esteffany Vaz Pierot.

Análise formal: Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga; Esteffany Vaz Pierot e Maria Clara Santana da Silva.

Investigação: Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga; Esteffany Vaz Pierot e Maria Clara Santana da Silva

Metodologia: Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga; Esteffany Vaz Pierot e Raylane da Silva Machado.

Administração do projeto: Fernanda Valéria Silva Dantas Avelino.

Recursos: Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga e Esteffany Vaz Pierot.

Software: Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga; Esteffany Vaz Pierot e Maria Clara Santana da Silva.

Supervisão: Fernanda Valéria Silva Dantas Avelino; Marcia Teles de Oliveira Gouveia; Ana Maria Ribeiro dos Santos.

Validação: Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga; Esteffany Vaz Pierot; Fernanda Valéria Silva Dantas Avelino e Raylane da Silva Machado.

Visualização: Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga; Esteffany Vaz Pierot; Avelino FVSD e Raylane da Silva Machado.

Escrita - rascunho original: Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga; Esteffany Vaz Pierot e Maria Clara Santana da Silva.

Escrita - revisão e edição: Marcia Teles de Oliveira Gouveia; Ana Maria Ribeiro dos Santos; Fernanda Valéria Silva Dantas Avelino; Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga e Raylane da Silva Machado.

Conflito de interesses

Os autores declaram que não existe nenhum conflito de interesses.

Autor correspondente

Francisca das Chagas Sheyla Almeida Gomes Braga.
sheylagomesbraga@gmail.com

Recebido: 11.03.2026

Aprovado: 28.07.2026

Editor associado:

Carlise Rigon Dalla Nora

Editor-chefe:

João Lucas Campos de Oliveira