Revista Eletrônica
Acervo Saúde
Electronic Journal Collection Health ISSN 2178-2091

Tecnologias digitais para prevenção e vigilância de infecções relacionadas à assistência à saúde em unidade de terapia intensiva

Digital technologies for the prevention and surveillance of healthcare-associated infections in intensive care units

Tecnologías digitales en la prevención y vigilancia de las infecciones asociadas a la atención sanitaria en unidades de cuidados intensivo

Delanne Alves Souza[1], Mirlena Letícia Souza dos Santos[1], Horácio Pires Medeiros[2], Emmerson Carlos Franco de Farias[1], Creusa Barbosa dos Santos Trindade[2], Ana Paula Figueiredo de Montalvão França[1].

RESUMO

Objetivo: Identificar evidências sobre o uso de tecnologias digitais na prevenção e vigilância de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS) em Unidade de Terapia Intensiva (UTI). **Métodos:** Revisão integrativa realizada nas bases PubMed, BVS e LILACS, incluindo estudos publicados entre 2018 e 2025. Após os critérios de elegibilidade, 15 artigos compuseram a amostra, sendo os dados analisados por síntese descritiva e IRaMuTeQ. **Resultados:** Observou-se crescente utilização de dashboards, sistemas automatizados, inteligência artificial e modelos preditivos para vigilância epidemiológica e apoio à decisão clínica, favorecendo a adesão aos *bundles* e a identificação precoce de riscos infecciosos. Persistem limitações relacionadas à interoperabilidade, fragmentação dos sistemas e predominância de auditorias retrospectivas. **Considerações finais:** As tecnologias digitais identificadas apresentam potencial para ampliar a vigilância epidemiológica e o suporte à decisão clínica em UTI, mas ainda são escassos os estudos que avaliam especificamente a auditoria contínua da adesão aos *bundles* de prevenção de IRAS, evidenciando uma lacuna entre os sistemas preditivos e sua aplicação no monitoramento dos processos assistenciais.

Palavras-chave: Unidade de terapia intensiva, Infecções relacionadas à assistência à saúde, Tecnologia digital, Prevenção, Vigilância.

ABSTRACT

Objective: To identify evidence on the use of digital technologies for the prevention and surveillance of Healthcare-Associated Infections (HAIs) in Intensive Care Units (ICUs). **Methods:** An integrative literature review was conducted using the PubMed, Virtual Health Library (VHL), and LILACS databases, including studies published between 2018 and 2025. After applying the eligibility criteria, 15 studies were included, and the data were analyzed through descriptive synthesis and IRaMuTeQ software. **Results:** The findings demonstrated an increasing use of clinical dashboards, automated systems, artificial intelligence, and predictive models for epidemiological surveillance and clinical decision support, improving adherence to prevention bundles and enabling the early identification of infection risks. Limitations related to interoperability,

[1] Fundação Santa Casa de Misericórdia do Pará (FSCMP), Belém – PA.
[2] Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém – PA.

SUBMETIDO EM: 7/2026 | **ACEITO EM: 8/2026** | **PUBLICADO EM: 9/2026**

fragmented systems, and the predominance of retrospective audits were also identified. **Conclusion:** The identified digital technologies show potential to expand epidemiological surveillance and clinical decision support in ICUs, but studies specifically evaluating continuous auditing of adherence to HAI prevention bundles remain scarce, revealing a gap between predictive systems and their application to monitoring care processes.

Keywords: Intensive care unit, Health care-associated infections, Digital technologies, Prevention, Surveillance.

RESUMEN

Objetivo: Identificar evidencias sobre el uso de tecnologías digitales en la prevención y vigilancia de las Infecciones Asociadas a la Atención Sanitaria (IAAS) en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). **Métodos:** Se realizó una revisión integradora de la literatura en las bases de datos PubMed, Biblioteca Virtual en Salud (BVS) y LILACS, incluyendo estudios publicados entre 2018 y 2025. Tras aplicar los criterios de elegibilidad, se incluyeron 15 estudios, cuyos datos fueron analizados mediante síntesis descriptiva y el software IRaMuTeQ. **Resultados:** Se observó un creciente uso de paneles clínicos (*dashboards*), sistemas automatizados, inteligencia artificial y modelos predictivos para la vigilancia epidemiológica y el apoyo a la toma de decisiones clínicas, favoreciendo la adhesión a los *bundles* y la identificación temprana del riesgo de infección. Persisten limitaciones relacionadas con la interoperabilidad, la fragmentación de los sistemas y el predominio de auditorías retrospectivas. **Conclusiones:** Las tecnologías digitales identificadas muestran potencial para ampliar la vigilancia epidemiológica y el apoyo a la decisión clínica en la UCI, pero aún son escasos los estudios que evalúan específicamente la auditoría continua de la adherencia a los paquetes de prevención de IAAS, evidenciando una brecha entre los sistemas predictivos y su aplicación en el monitoreo de los procesos asistenciales.

Palabras clave: Unidad de cuidados intensivos, Infecciones asociadas a la atención sanitaria, Tecnología digital, Prevención, Vigilancia.

INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), IRAS é um evento adverso infeccioso adquirido após o paciente ser submetido a um procedimento de assistência à saúde ou a uma internação. Considera-se IRAS associada a dispositivo invasivo, quando ocorre em pacientes em uso de dispositivo invasivo, a partir do D3, sendo o D1 o dia de instalação do dispositivo e que na data da infecção o paciente estava em uso do dispositivo ou este foi removido no dia anterior. (ANVISA, 2026)

As IRAS continuam representando um dos eventos adversos mais frequentes associados à assistência à saúde e representarem um ônus significativo para os sistemas de saúde, principalmente ao Sistema Único de Saúde (SUS), levando ao aumento dos custos relacionados e à redução da qualidade do atendimento prestado. (ANVISA, 2026)

De acordo com o Relatório Global sobre Prevenção e Controle de Infecções 2024 da Organização Mundial da Saúde (OMS), em média, de cada 100 pacientes em hospitais, 7 pacientes em países de alta renda e 15 pacientes em países de baixa e média renda irão adquirir pelo menos uma IRAS durante sua internação hospitalar (WHO, 2024). O Centro Europeu de Prevenção e Controle de Doenças (ECDC), tendo como base dados de 2022-2023, estimou que 4,8 milhões de episódios de IRAS ocorrem anualmente em pacientes internados em hospitais de cuidados intensivos em países da União Europeia. (ECDC, 2024)

No Brasil, a ANVISA tem reforçado o monitoramento de práticas de segurança em hospitais com UTI, institucionalizando indicadores e avaliações periódicas que contemplam processos-chave de prevenção (ANVISA, 2026). Os indicadores nacionais do Programa Nacional de Prevenção e Controle de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (PNPCIRAS) evidenciam que as infecções associadas a dispositivos invasivos permanecem entre os principais desafios para a segurança do paciente em unidades críticas.

Em 2024, a densidade de incidência de pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV) foi de 9,4 casos por 1.000 dias de dispositivo, superando o percentil 50 (6,6), enquanto a infecção primária de corrente sanguínea associada ao cateter venoso central (IPCS-AC) apresentou incidência de 3,5 casos por 1.000 cateteres-dia (percentil 50: 2,7) e a infecção do trato urinário associada ao cateter vesical (ITU-AC) registrou 2,1 casos por 1.000 cateteres-dia (percentil 50: 1,2). Observa-se, ainda, elevada utilização de dispositivos invasivos, com taxas de utilização de 55,9% para cateter venoso central, 51,5% para cateter vesical de demora e 32,7% para ventilação mecânica, reforçando a necessidade de estratégias efetivas para monitoramento contínuo da adesão aos bundles de prevenção e redução da ocorrência dessas infecções (ANVISA, 2026).

A implementação sistemática de *bundles* de prevenção tem demonstrado impacto positivo na redução de eventos adversos, como pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV), infecção do trato urinário associada a cateter (ITU-AC) e infecção primária de corrente sanguínea associada a cateter central (IPCS-AC), especialmente quando a adesão das equipes é elevada e sustentada (CDC, 2025).

Apesar do reconhecimento da importância dos *bundles*, as auditorias manuais ainda apresentam limitações significativas, como morosidade na consolidação de dados, inconsistências de registro e ausência de feedback em tempo real, dificultando a melhoria contínua e aumentando a carga cognitiva das equipes assistenciais. Evidências recentes indicam que *dashboards* reduzem o tempo de busca de informações e melhoram a conformidade de registros no prontuário dos pacientes (NEAL D, et al., 2024).

Diante desse contexto, o desenvolvimento de tecnologias digitais para prevenção e vigilância contínua de IRAS em UTI apresenta elevada relevância científica, social e estratégica, alinhando-se a diretrizes nacionais e internacionais de segurança do paciente, promovendo a melhoria da qualidade assistencial, fortalecendo a cultura de segurança e reduzindo morbimortalidade e custos hospitalares. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo: Identificar na literatura científica as evidências de utilização de tecnologias digitais na prevenção e vigilância de IRAS em UTI.

MÉTODOS

Trata-se de um estudo fundamentado no método de Revisão Integrativa da Literatura, isto é, pautado na busca por estudos científicos disponíveis na literatura, a partir de um tema de investigação, e no aprofundamento desta por meio da comparação e análise dos resultados significativos, assim sintetizando o conhecimento e permitindo a sua aplicabilidade. A elaboração da revisão seguiu as recomendações estabelecidas por Mendes KS, et al. (2019), que estabelece seis etapas para a sua organização, sendo elas: 1) elaboração da pergunta de revisão; 2) busca e seleção de estudos primários; 3) extração de dados; 4) avaliação crítica dos estudos primários incluídos na revisão; 5) síntese dos resultados da revisão; e 6) apresentação do método.

A primeira etapa deste estudo objetivou construir a pergunta norteadora embasando-se na estratégia mnemônica PICo, onde P (População) correspondeu aos pacientes em unidade de terapia intensiva; I (Interesse) baseou-se em estudos sobre tecnologias digitais aplicadas à prevenção e vigilância de IRAS; e, por fim, o Co (Contexto) compreendeu as Unidades de Terapia Intensiva (SANCHES KS, et al., 2018). Logo, a pergunta norteadora do presente estudo é “Quais são as evidências científicas sobre o uso de tecnologias digitais na prevenção e vigilância de infecções relacionadas à assistência à saúde em unidades de terapia intensiva?”

Foram incluídos artigos completos, publicados em revistas científicas no período de 2018 a 2025, nas línguas portuguesa e inglesa, e com abordagem ao tema de estudo. Foram excluídos textos incompletos (resumos); artigos completos não disponíveis nas bases pesquisadas; publicações fora do período definido; trabalhos de conclusão de curso, monografias, dissertações, teses.

Foram levantados acervos nas bases eletrônicas de dados da literatura *US National Library of Medicine* (PUBMED), Bliblioteca Virtual em Saúde (BVS) e *Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences* (LILACS). Como estratégia de busca, foram utilizados os descritores DeSC/MeSH: ("intensive care unit" OR ICU) AND ("healthcare-associated infections" OR HAI OR "cross infection") AND ("digital health" OR "clinical decision support" OR "electronic monitoring" OR dashboard OR "artificial intelligence.

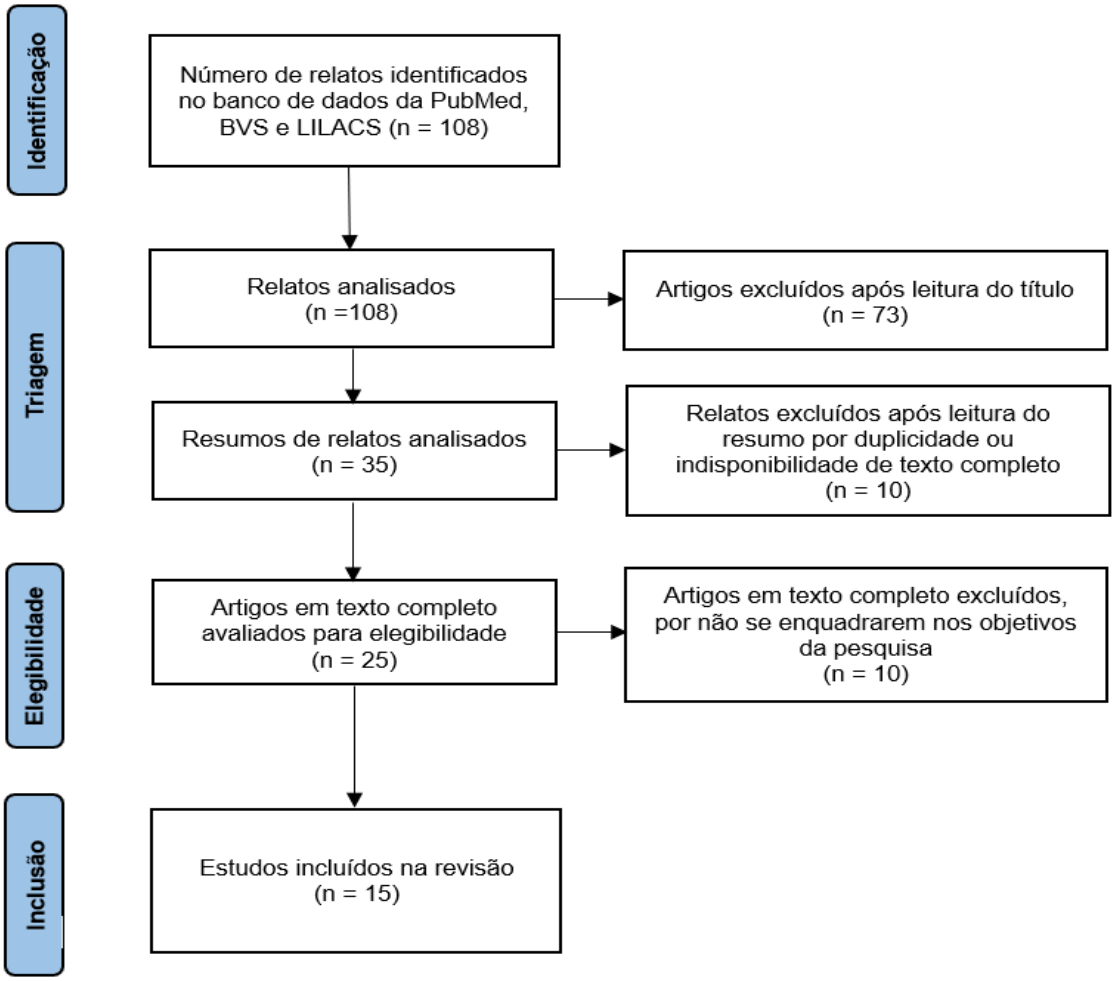
Para complementar a análise dos estudos incluídos, foi utilizado o *software* Interface de *R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires* (IRaMuTeQ), versão 07 alpha 2. Os textos referentes aos objetivos, resultados e discussão dos artigos selecionados foram organizados em um corpus textual único e submetidos à análise lexical.

Este *software* possibilita a análise de dados textuais que tem por finalidade indicar as informações essenciais, quantificando palavras contidas em um determinado texto, ancorando-se na estatística e possibilitando o uso de diversas formas de análise (MOURA SR, et al., 2015). Neste estudo, foi utilizada a Classificação Hierárquica Descendente (CHD), que exibe os agrupamentos de observações em cada passo e em seus níveis de similaridade.

O processo de seleção dos estudos pelos autores, ocorreu de março a maio de 2026, foi conduzido conforme as recomendações do PRISMA. Inicialmente, foram identificados 163 registros nas bases PubMed, BVS e LILACS. Após a aplicação dos filtros referentes ao período de publicação (2018–2025) e à disponibilidade de texto completo, permaneceram 108 estudos para triagem.

A leitura dos títulos resultou em 35 artigos potencialmente elegíveis. Em seguida, foram excluídos oito estudos duplicados e dois artigos indisponíveis na íntegra, totalizando 25 artigos elegíveis para leitura completa. Após a análise integral dos textos, 10 estudos foram excluídos por não apresentarem aderência ao tema proposto, resultando em uma amostra final de 15 artigos incluídos na revisão integrativa. Para evidenciar esse processo segue abaixo o fluxograma PRISMA (**Figura 1**).

Figura 1 - Seleção dos artigos para determinar a amostra final pela adaptação do Fluxograma PRISMA 2020.



Fonte: Souza DA, et al., 2026. Fundamentado em Page MJ, et al., 2021.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

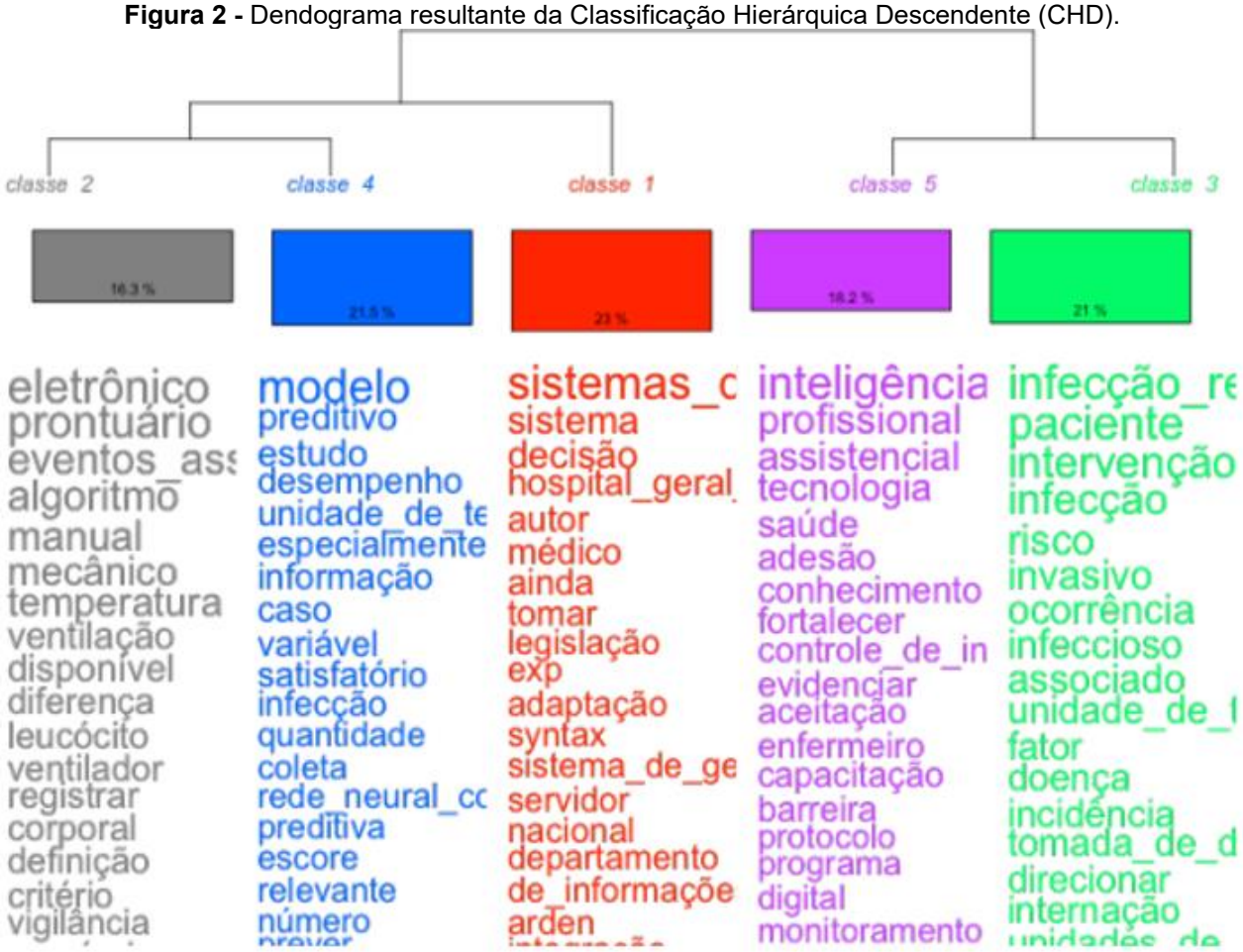
A presente revisão resultou na inclusão de 15 artigos científicos, os quais atenderam integralmente aos critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Conforme ilustrado na **Figura 1**, que apresenta o fluxograma de seleção segundo as recomendações do PRISMA, os registros identificados foram organizados de forma sistemática, percorrendo as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, garantindo maior rigor metodológico ao processo de seleção dos estudos.

Visando alcançar dados mais precisos e significativos, os resultados e discussões dos 15 estudos incluídos na revisão foram exportados em formato de texto para o *software* IRaMuTeQ, no qual passaram por análise textual através da técnica de lexicografia, também chamada de CHD.

O *software* gerou cinco classes (**Figura 2**), que posteriormente, após análise, permitiram a criação de três categorias (**Figura 3**). Em decorrência da semelhança entre os temas abordados, algumas classes foram unificadas, originando uma categoria, tal como ocorreu com as classes um e dois, que originaram a categoria um, chamada Infraestrutura digital e sistemas inteligentes para suporte à vigilância e tomada de decisão clínica. Já as classes três e quatro, geraram a categoria dois, intitulada Modelos preditivos e inteligência artificial aplicados à prevenção das infecções relacionadas à assistência à saúde. Já a classe cinco, gerou a categoria três, denominada Desafios e competências profissionais para implementação da inteligência artificial nos serviços de saúde (**Figura 4**).

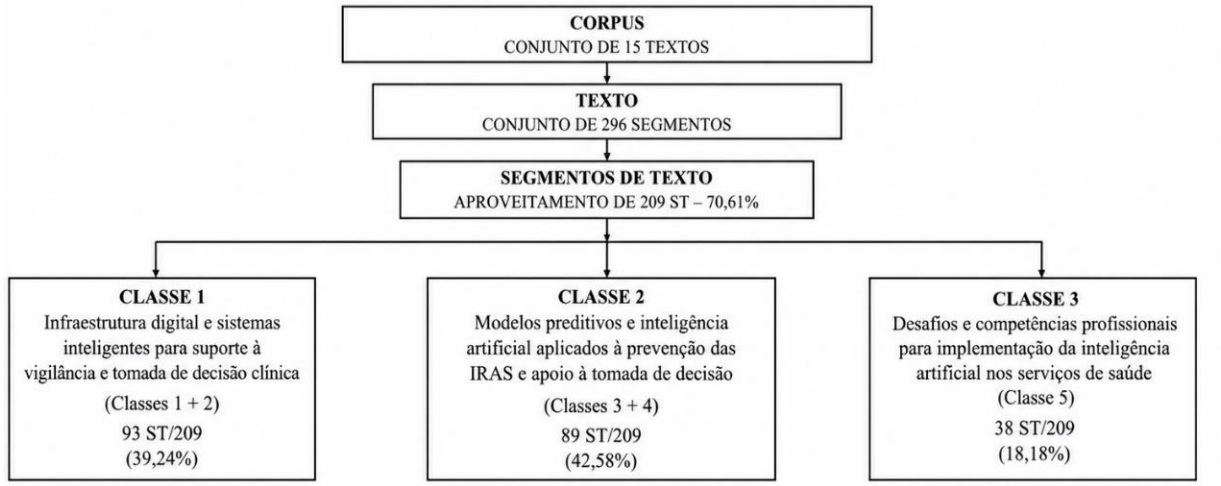
Nesse cenário, foi estabelecido como nota de corte para a classificação da palavra, porcentagem (%) mínima de 50%, CHI2 acima de 7,63 e p<0,05, a fim de garantir maior rigor e significância para o produto da análise, apresentado em uma nuvem de palavras (CAMARGO BV e JUSTO AM, 2013).

Figura 2 - Dendograma resultante da Classificação Hierárquica Descendente (CHD).



Fonte: Souza DA, et al., 2026.

Figura 3 - Classes redefinidas em agrupamento por semelhança.



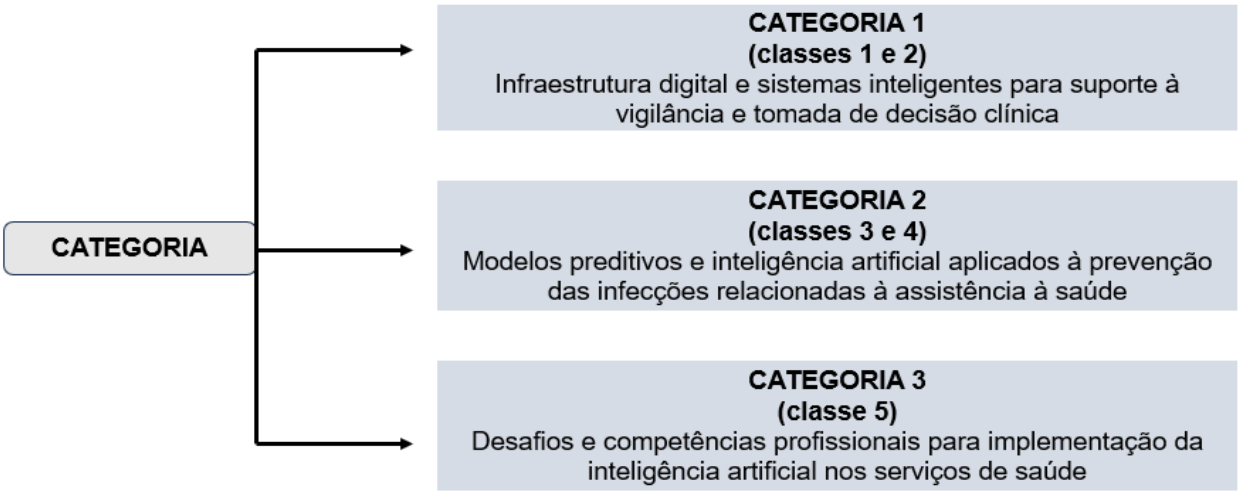
Palavras	*f*	X²
Sistema	27	58,12
Decisão	26	26,68
Eletrônico	24	65,04
Prontuário	22	58,84
Algoritmo	19	44,68
Automatizar	17	15,38
Vigilância	16	16,37
Monitoramento	16	13,80
Hospitalar	15	12,24
Gerenciamento	12	10,82

Palavras	*f*	X²
Infecção	44	24,12
Paciente	42	29,74
Risco	32	20,87
Intervenção	30	25,80
Modelo	29	42,81
Preditivo	28	18,67
Identificação precoce	26	11,41
UTI	25	15,94
Desempenho	24	15,23
Prever	22	10,37

Palavras	*f*	X²
Inteligência Artificial	38	58,84
Profissional	30	37,05
Assistencial	27	32,99
Tecnologia	24	29,78
Saúde	22	27,30
Conhecimento	19	22,20
Capacitação	16	18,35
Enfermeiro	16	18,35
Aceitação	15	18,35
Adesão	14	23,05

Fonte: Souza DA, et al., 2026.

Figura 4 - Categorias emergentes das classes originadas pelo software IRaMuTeQ.



Fonte: Souza DA, et al., 2026. Organizado com auxílio do software IRaMuTeQ.

A análise lexical realizada por meio do IRaMuTeQ permitiu identificar três grandes eixos temáticos relacionados à utilização de tecnologias digitais na prevenção das infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) em unidades de terapia intensiva. As categorias evidenciaram a importância da infraestrutura digital para vigilância epidemiológica, o crescente emprego de modelos preditivos baseados em inteligência artificial e os desafios relacionados à capacitação e aceitação profissional para implementação dessas tecnologias. Na primeira categoria-Infraestrutura digital e sistemas inteligentes para suporte à vigilância e tomada de decisão clínica- os termos mais significativos foram Prontuário Eletrônico, Sistema e algoritmo.

A segunda categoria- Modelos preditivos e inteligência artificial aplicados à prevenção das infecções relacionadas à assistência à saúde, apresentou como termos predominantes modelo, paciente, infecção, intervenção, risco, como os mais significativos. Além disso vale destacar os termos preditivo, desempenho e identificação precoce, com porcentagens. Já para a terceira categoria, Desafios e competências profissionais para implementação da inteligência artificial nos serviços de saúde, o destaque ficou com os termos inteligência artificial, profissional, assistencial, tecnologia e saúde.

Para a melhor compreensão e análise dos artigos incluídos nesta revisão de literatura, utilizou-se os três eixos temáticos gerados a partir da técnica CHD do *software* IRaMuTeQ, reorganizados de modo a facilitar a compreensão e seguir um raciocínio lógico, conforme apresentado na discussão a seguir.

Infraestrutura digital e sistemas inteligentes para suporte à vigilância e tomada de decisão clínica

A crescente complexidade dos serviços de terapia intensiva tem impulsionado a incorporação de sistemas digitais capazes de integrar, processar e interpretar grandes volumes de dados clínicos em tempo real, especialmente após o avanço da transformação digital acelerada no contexto pós-pandemia. Os estudos incluídos nesta revisão demonstraram que a integração entre prontuários eletrônicos, sistemas laboratoriais e plataformas de vigilância automatizada amplia significativamente a capacidade institucional de identificar eventos infecciosos precocemente.

Li X, et al. (2024) abordam que sistemas automáticos de vigilância epidemiológica permitem monitoramento contínuo de dados clínicos, laboratoriais e microbiológicos, reduzindo a dependência de processos manuais e favorecendo intervenções mais oportunas.

De forma semelhante, uma investigação de Shenoy ES, et al. (2018) desvela que a vigilância eletrônica automatizada foi capaz de detectar eventos associados à ventilação mecânica com maior sensibilidade e menor suscetibilidade a erros humanos quando comparada à vigilância convencional.

Esses achados corroboram o conceito de sistemas inteligentes de vigilância em saúde, caracterizados pela capacidade de transformar dados clínicos dispersos em informações acionáveis para a tomada de decisão. Segundo Sutton RT, et al. (2020), os sistemas de suporte à decisão clínica, representam uma das aplicações mais promissoras da inteligência artificial em saúde, especialmente em ambientes de alta complexidade, como as UTIs, onde a rapidez na identificação de riscos pode impactar diretamente os desfechos clínicos. Nesse contexto, a utilização de algoritmos integrados aos prontuários eletrônicos permite não apenas monitorar eventos infecciosos, mas também antecipar situações de risco e recomendar intervenções preventivas.

A relevância da infraestrutura digital também foi evidenciada por Schuh C, et al. (2018), que utilizaram a plataforma *Arden Syntax* associada à lógica fuzzy para monitoramento automatizado de variáveis clínicas, laboratoriais e microbiológicas.

Os autores destacam que a integração entre sistemas de informação e mecanismos inteligentes de apoio à decisão favorece maior padronização dos processos assistenciais e redução da variabilidade clínica. Tais resultados vão ao encontro da abordagem de Bruin JS, et al. (2016), ao demonstrar que sistemas baseados em lógica fuzzy podem identificar precocemente padrões sugestivos de infecção hospitalar, ampliando a sensibilidade da vigilância epidemiológica no contexto de estudo.

Corroborando com essa perspectiva, Li X, et al. (2024) argumentam que ferramentas digitais associadas ao monitoramento contínuo da conformidade assistencial podem produzir impacto direto na redução de eventos infecciosos, mesmo sem utilizar algoritmos complexos de inteligência artificial. Os autores observaram que a implementação de tecnologias inteligentes com indicadores atualizados em tempo real favorece a maior adesão às práticas preventivas e redução sustentada das taxas de pneumonia associada à ventilação mecânica. Esses resultados sugerem que a efetividade das tecnologias digitais não está necessariamente relacionada ao grau de sofisticação computacional empregado, mas à capacidade de transformar dados assistenciais em informações acessíveis e acionáveis para os profissionais envolvidos no cuidado.

Apesar disso, poucos estudos analisados apresentaram integração simultânea entre vigilância epidemiológica, monitoramento contínuo de *bundles*, suporte à decisão clínica e geração automatizada de alertas. A maioria das publicações aborda essas tecnologias de forma isolada, resultando em soluções fragmentadas e pouco interoperáveis. Essa fragmentação constitui uma das principais lacunas identificadas na literatura atual, especialmente em relação ao desenvolvimento de plataformas digitais integradas especificamente desenhadas para auditoria contínua de *bundles* em UTI.

Modelos preditivos e inteligência artificial aplicados à prevenção das infecções relacionadas à assistência à saúde

A segunda categoria revelou forte associação entre inteligência artificial, modelos preditivos e identificação precoce do risco infeccioso. Esses resultados refletem uma tendência crescente da literatura internacional voltada à utilização de algoritmos capazes de analisar grandes volumes de dados clínicos e identificar padrões invisíveis à análise humana convencional. Grande parte dos estudos analisados concentra-se no desenvolvimento de modelos preditivos de risco infeccioso ou sistemas de vigilância epidemiológica automatizada, com foco predominante na detecção precoce de eventos adversos e não necessariamente no monitoramento contínuo da adesão aos *bundles* preventivos.

A evolução dos métodos computacionais permitiu que a inteligência artificial deixasse de atuar apenas como ferramenta de armazenamento e processamento de dados para assumir papel ativo na produção de conhecimento clínico. Estudos como os de Nistal-Nuño B (2020), Montella E, et al. (2022) e Santos RP et al. (2021) demonstraram elevada capacidade preditiva de redes neurais artificiais na identificação precoce de pacientes sob risco de desenvolver infecções hospitalares. Em diferentes cenários assistenciais, os modelos alcançaram níveis elevados de sensibilidade e especificidade, evidenciando potencial para apoiar a tomada de decisão clínica e direcionar medidas preventivas antes da manifestação dos eventos infecciosos.

Os achados desta revisão convergem com a literatura internacional que reconhece a inteligência artificial como uma das tecnologias mais promissoras para a medicina preditiva. Rajkomar A, et al. (2018) demonstraram que modelos de *deep learning* aplicados a prontuários eletrônicos são capazes de prever mortalidade, reinternações e deterioração clínica com desempenho superior aos métodos estatísticos tradicionais. De forma semelhante, Esteva A, et al. (2019) destacam que a principal contribuição da inteligência artificial para os sistemas de saúde reside em sua capacidade de identificar relações complexas entre múltiplas variáveis clínicas, permitindo intervenções mais precoces e personalizadas.

Entre os estudos analisados, Varkila MRJ, et al. (2025) representam um avanço importante ao utilizar redes neurais convolucionais alimentadas por sinais vitais coletados em alta frequência. Os autores demonstraram a possibilidade de estimar o risco de infecção até 48 horas antes da deterioração clínica do paciente, ampliando significativamente a janela temporal para implementação de medidas preventivas. Tal capacidade preditiva aproxima a vigilância epidemiológica de um modelo verdadeiramente proativo, em contraposição às abordagens tradicionalmente reativas.

Entretanto, apesar dos resultados promissores, diversos autores alertam para a necessidade de cautela na incorporação dos modelos preditivos à prática clínica. É importante frisar que, embora a predição de risco represente importante avanço para segurança do paciente crítico, ela não substitui a necessidade de auditoria operacional contínua dos processos assistenciais diretamente relacionados à prevenção das IRAS. Estudos como os de Varkila MRJ, et al. (2025), Montella E, et al. (2022) e Nistal-Nuño B (2020) demonstraram elevada capacidade preditiva de modelos baseados em IA, porém apresentaram limitações relacionadas à aplicabilidade clínica imediata, ausência de integração assistencial em tempo real e baixa descrição de impacto direto sobre adesão aos *bundles* ou redução sustentada das taxas de infecção.

Além disso, observa-se predominância de estudos retrospectivos, observacionais ou baseados em simulações computacionais, evidenciando que muitas tecnologias permanecem em estágio experimental ou de validação metodológica. A utilização de bases secundárias de dados e modelos retrospectivos reduz a capacidade de avaliar o comportamento dinâmico das equipes assistenciais frente aos alertas automatizados e limita a análise do impacto organizacional dessas ferramentas na rotina clínica.

Essa limitação metodológica aparece de forma recorrente em estudos envolvendo machine learning e redes neurais artificiais, nos quais a elevada acurácia estatística nem sempre se traduz em efetividade operacional no ambiente intensivo (GODBOLE AA, et al., 2025; NISTAL-NUÑO B, 2020). Outro aspecto relevante refere-se ao fato de que os estudos mais robustos em termos de impacto assistencial não utilizaram necessariamente tecnologias complexas de IA, mas sim ferramentas organizacionais mais simples associadas a monitoramento contínuo e feedback em tempo real.

Desafios e competências profissionais para implementação da inteligência artificial nos serviços de saúde

As barreiras estruturais e organizacionais foram amplamente descritas na literatura como fatores limitantes para implementação sustentável das tecnologias digitais. Os estudos analisados indicam que a adoção de tecnologias digitais em saúde continua sendo influenciada por fatores organizacionais, culturais e educacionais. Simioli F, et al. (2024), ao avaliarem um sistema baseado em inteligência artificial para treinamento em higiene das mãos, identificaram que a adesão dos profissionais foi inferior ao esperado, apesar dos benefícios observados. Os autores sugerem que a familiaridade limitada com tecnologias digitais e a disponibilidade restrita de equipamentos podem ter influenciado negativamente o engajamento dos usuários.

Resultados semelhantes foram encontrados por Jalal SM, et al. (2025), que identificaram percepção favorável dos enfermeiros em relação aos sistemas de monitoramento baseados em IA, mas destacaram preocupações relacionadas à infraestrutura tecnológica, proteção de dados e necessidade de treinamento contínuo. Esses achados reforçam a premissa de que a implementação tecnológica deve ser acompanhada por estratégias estruturadas de educação permanente e desenvolvimento de competências digitais.

Além dos aspectos operacionais, emergem preocupações éticas relacionadas à utilização da inteligência artificial em saúde. A Organização Mundial da Saúde (2023) destaca que transparência, segurança dos dados, mitigação de vieses algorítmicos e responsabilização das decisões automatizadas constituem princípios fundamentais para implementação segura da IA nos serviços de saúde. Nesse contexto, a governança dos sistemas inteligentes torna-se tão relevante quanto sua capacidade técnica.

Uma revisão sistemática qualitativa conduzida por Joo JY, et al. (2025) identificou que enfermeiros percebem a IA simultaneamente como ferramenta de apoio e como potencial fonte de desafios éticos e organizacionais, especialmente quando os sistemas operam com baixa transparência ou apresentam recomendações difíceis de interpretar. Os autores destacam que a confiança nos sistemas inteligentes está diretamente associada à compreensão de seu funcionamento e à participação dos profissionais durante os processos de implementação.

A discussão sobre competências digitais também tem ganhado destaque na literatura internacional. Longhini J, et al. (2024), em revisão sistemática sobre competências digitais em saúde, identificaram que habilidades relacionadas ao uso de sistemas eletrônicos, interpretação de dados clínicos digitais, segurança da informação e avaliação crítica de tecnologias representam competências essenciais para atuação em ambientes assistenciais cada vez mais digitalizados. Entretanto, os autores destacam que muitos profissionais ainda apresentam níveis insuficientes de preparação para lidar com tecnologias avançadas, especialmente aquelas baseadas em inteligência artificial.

No âmbito organizacional, Rahimi AK, et al. (2024), em revisão sistemática sobre implementação de IA em hospitais, identificaram que os principais facilitadores para adoção tecnológica incluem liderança institucional favorável, treinamento estruturado, infraestrutura adequada, cultura organizacional inovadora e participação ativa dos usuários finais no desenvolvimento das soluções.

Por outro lado, resistência à mudança, limitações financeiras, baixa interoperabilidade dos sistemas e ausência de estratégias de capacitação contínua foram apontadas como barreiras recorrentes. Esses achados sugerem que a transformação digital em saúde deve ser compreendida como um processo sociotécnico complexo, no qual tecnologia e capital humano são igualmente importantes.

Nesse cenário, torna-se evidente que os benefícios potenciais da inteligência artificial para prevenção das IRAS somente serão plenamente alcançados quando acompanhados por investimentos consistentes em educação digital, desenvolvimento de competências profissionais e fortalecimento da governança tecnológica. Assim, a capacitação das equipes assistenciais não deve ser entendida como etapa complementar da implementação tecnológica, mas como componente estratégico e indispensável para que os sistemas inteligentes produzam impactos efetivos sobre a segurança do paciente e a qualidade da assistência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias digitais identificadas apresentam potencial para ampliar a vigilância epidemiológica, a identificação precoce de riscos e o suporte à decisão clínica em UTI. Entretanto, foram encontrados poucos estudos que avaliaram especificamente plataformas integradas para auditoria contínua da adesão aos *bundles* de prevenção de IRAS com feedback em tempo real. Os achados evidenciam, portanto, uma lacuna entre o desenvolvimento de sistemas preditivos e sua aplicação no monitoramento dos processos assistenciais. Novos estudos devem desenvolver e validar soluções integradas, avaliando sua aplicabilidade, adesão profissional e impacto sobre indicadores de processo e ocorrência de IRAS.

REFERÊNCIAS

1. ANVISA. Avaliação Nacional das Práticas de Segurança do Paciente: hospitais com UTI. Brasília: Serviços e Informações do Brasil, 2025.
2. ANVISA. Programa Nacional de Prevenção e Controle das Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (PNPCIRAS 2026 -2030). Elaboração: Equipe Técnica GVIMS/GGTES. 2026
3. CAMARGO BV, JUSTO AM. IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. Temas em Psicologia, 2013; 21(2): 513-518.
4. CASTRO A, ROQUE L. Tecnologias de rastreamento eletrônico e checagens estruturadas em UTIs: melhoria da prevenção de IRAS. arXiv, 2025.
5. CDC – Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections. Atlanta: CDC, 2025.
6. BRUIN JSD, et al. Detecting borderline infection in an automated monitoring system for healthcare-associated infection using fuzzy logic. Artif Intell Med. 2016; 69: 33-41
7. ECDC. European Centre for Disease Prevention and Control. Point prevalence survey of healthcareassociated infections and antimicrobial use in European acute care hospitals. Stockholm: ECDC; 2024.
8. ESTEVA A, et al. A guide to deep learning in healthcare. Nature Medicine, 2019; 25(1): 24-29.
9. GODBOLE AA, et al. Infection Control in ICUS Through AI: A Literature Review. Health Sci Rep., 2025; 8(1): e70288.
10. JALAL SM, et al. Nurses' Perception of Artificial Intelligence-Driven Monitoring Systems for Enhancing Compliance With Infection Prevention and Control Measures in Al-Ahsa, Saudi Arabia. Cureus, 2025;17(4): e82943.
11. JOO JY, et al. Nurses' perceptions of artificial intelligence adoption in healthcare: a qualitative systematic review. Nurse Education in Practice, 2025; 86: 104542.
12. KOLLER W, et al. Advances In Infection Surveillance and Clinical Decision Support With Fuzzy Sets and Fuzzy Logic. Stud Health Technol Inform, 2015; 216: 295-9.
13. MOURA SRB, et al. Análise de similitude dos fatores associados à queda de idosos. Revista Interdisciplinar, 2015; 8(1): 167-173.
14. LI X, et al. Uses of a real-time automatic nosocomial infection surveillance system to support prevention and control of hospital-acquired infections in the ICU. Frontiers in Public Health, 2024; 12: 1399067.
15. LONGHINI J, et al. Digital health competencies and affecting factors among healthcare professionals: additional findings from a systematic review. Journal of Research in Nursing, 2024; 29(2): 156-176.
16. MENDES KDS, et al. Use of the bibliographic reference manager in the selection of primary studies in integrative reviews. Texto & Contexto Enfermagem, 2019; 28: e20170204.

17. MONTELLA E, et al. Predictive Analysis of Healthcare-Associated Blood Stream Infections in the Neonatal Intensive Care Unit Using Artificial Intelligence: A Single Center Study. Int J Environ Res Public Health, 2022;19(5): 2498.
18. NEAL D, et al. Design and impact of multipatient dashboards in ICUs. PMC, 2024.
19. NISTAL-NUÑO B. Uma rede neural de previsão de riscos de infecção nosocomial em unidades de cuidado intensivo: um modelo preliminar didático. Einstein journal (São Paulo), 2020;18: eAO5480.
20. OBAMA BM, et al. Digitalised measures for the prevention of central line-associated bloodstream infections: a scoping review. Antimicrob Resist Infect Control, 2025;14(1): 45.
21. Page MJ, et al. BMJ, 2021; 372: n71.
22. PALIWAL R, et al. Bundles for infection prevention in critical care: a systematic review. BMC Infectious Diseases, 2024.
23. RAJKOMAR A, et al. Scalable and accurate deep learning with electronic health records. NPJ Digital Medicine, 2018; 1: 18.
24. RAHIMI AK, et al. Implementing AI in hospitals to achieve a learning health system: systematic review of current enablers and barriers. Journal of Medical Internet Research, 2024; 26: e49655.
25. SANCHES KS, et al. The scenario of scientific publication on palliative care in oncology over the last 5 years: a scoping review. Revista da Escola de Enfermagem da USP, 2018; 52: e03336.
26. SIMIOLI F, et al. Artificial intelligence for training and reporting infection prevention measures in critical wards. Frontiers in Public Health, 2024; 12: 1442188.
27. SUTTON RT, et al. An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success. NPJ Digital Medicine, 2020; 3: 17.
28. SCHUH C, et al. Clinical decision support systems at the Vienna General Hospital using Arden Syntax: Design, implementation, and integration. Artif Intell Med, 2018; 92: 24-33.
29. SHENOY ES, et al. Real-Time, Automated Detection of Ventilator-Associated Events: Avoiding Missed Detections, Misclassifications, and False Detections Due to Human Error. Infect Control Hosp Epidemiol, 2018; 39(7): 826-833.
30. SOUSA L, et al. Metodologia de Revisão Integrativa da Literatura em Enfermagem. Rev Investigação Enfermagem, 2017; 2:17–26.
31. TVARDIK N, et al. Accuracy of using natural language processing methods for identifying healthcare-associated infections. Int J Med Inform., 2018; 117: 96-102.
32. VARKILA MRJ, et al. Early detection of ICU-acquired infections using high-frequency electronic health record data. BMC Med Inform Decis Mak, 2025; 25(1): 273.
33. YEW SQ, et al. Facilitators and Barriers to the Implementation of Digital Health Technologies in Hospital Settings in Lower- and Middle-Income Countries Since the Onset of the COVID-19 Pandemic: Scoping Review. J Med Internet Res., 2025; 27: e63482.
34. ZHANG M, et al. An interactive nomogram to predict healthcare-associated infections in ICU patients: A multicenter study in GuiZhou Province, China. PLoS One, 2019; 14(7): e0219456.
35. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global report on infection prevention and control 2024. Geneva: World Health Organization; 2024. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
36. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Regulatory considerations on artificial intelligence for health. Geneva: World Health Organization, 2023; 61 p. Disponível em: https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/ad62580f-540f-4e36-b957-e7f2946ae1fb/content.