

CAPÍTULO 9

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA SAÚDE COLETIVA: AVANÇOS PARA VIGILÂNCIA, GESTÃO E PROMOÇÃO DA SAÚDE

CARLA REGINA PIRES¹
JOZADAKE PETRY FAUSTO²
FABIANA NUNES³
MARIA DO DESTERRO CLAUDINO RODRIGUES⁴
GIULY DA SILVA VIEIRA⁵
GISÉLE GOMES FLORIANI⁶
VIRNA MARIA BRANDÃO CORDEIRO DE ALMEIDA⁷
MARÍLIA SANTOS DE MORAES⁸

JOSÉ GARCIA DE SOUSA⁹
PAULA AMANDA SILVA BORGES¹⁰
KARINA DE BRITO MAGALHÃES¹¹
JÚLIA DA SILVA VERAS SOUSA¹²
PATRÍCIA FERNANDA EVARISTO MAZZIERO¹³
WAGNER CHARLES SOARES DE BARROS¹⁴
KAIO DE MELO MOSQUEIRA¹⁵
MATTHEUS SILVA ASSUNÇÃO QUEIROZ¹⁶

¹Mestra em Gestão de Organizações Públicas pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – Rio Grande do Sul, Brasil.

²Doutoranda em Geografia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP/SP), no Programa Territorial América Latina e Caribe.

³Pedagoga pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e Especialista em Didática Psicopedagógica Interdisciplinar e Gestão Escolar na Educação Básica pelo Centro Universitário UNIFACVEST.

⁴Bacharela em Nutrição pela Faculdade Estácio de Teresina, Teresina – Piauí, Brasil.

⁵Graduanda em Enfermagem pelo Centro Universitário INTA (UNINTA), Sobral – Ceará, Brasil.

⁶Especialista em Pediatria e Neonatologia pelas Faculdades Pequeno Príncipe, Curitiba – Paraná, Brasil.

⁷Acadêmica de Enfermagem pelo Centro Universitário INTA (UNINTA), Sobral – Ceará, Brasil.

⁸Médica. Docente do Departamento de Medicina Comunitária da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina – Piauí, Brasil.

⁹Especialista em Farmácia Clínica e Cuidados Farmacêuticos pela Escola Superior da Amazônia (ESAMAZ), Belém – Pará, Brasil.

¹⁰Mestranda em Educação Física pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia – Goiás, Brasil.

¹¹Enfermeira Especialista em Saúde Pública com ênfase em Saúde da Família pela Faculdade de Tecnologia e Ciência do Alto Parnaíba, Viçosa do Ceará – Ceará, Brasil.

¹²Pós-graduada em Terapia Intensiva Adulto, Pediátrica e Neonatal pela Faculdade Inspirar, Teresina – Piauí, Brasil.

¹³Mestra em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

¹⁴Psicólogo. Mestre em Filosofia pela Universidade Federal do Tocantins (UFT).

¹⁵Especialista em Segurança do Paciente e Qualidade em Serviços de Saúde pela Minas Faculdade, Goiânia – Goiás, Brasil.

¹⁶Formado em Engenharia da Computação pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

Palavras-chave: *Inteligência Artificial; Saúde Coletiva; Vigilância em Saúde.*

DOI

10.59290/0100828001

INTRODUÇÃO

A transformação digital tem provocado mudanças significativas na organização dos sistemas de saúde em escala global, impulsionada pelo desenvolvimento de tecnologias capazes de coletar, processar e interpretar grandes volumes de dados em tempo real. Entre essas inovações, a Inteligência Artificial (IA) destaca-se como uma das mais promissoras por permitir que sistemas computacionais executem tarefas tradicionalmente associadas ao raciocínio humano, como reconhecimento de padrões, aprendizagem contínua, processamento de linguagem natural, análise preditiva e apoio à tomada de decisões. Nos últimos anos, a aplicação dessas tecnologias ultrapassou o campo da informática e passou a ocupar posição estratégica na assistência à saúde, na pesquisa científica, na gestão dos serviços e, especialmente, na Saúde Coletiva, contribuindo para o fortalecimento das políticas públicas e para a modernização dos sistemas nacionais de saúde.

A Saúde Coletiva caracteriza-se como um campo interdisciplinar dedicado ao estudo dos processos saúde-doença em nível populacional, articulando conhecimentos provenientes da epidemiologia, das ciências sociais, da gestão em saúde e do planejamento de políticas públicas. Diferentemente da abordagem exclusivamente clínica, esse campo busca compreender os determinantes sociais, ambientais, econômicos e culturais que influenciam as condições de saúde das populações, orientando ações de promoção da saúde, prevenção de doenças, vigilância epidemiológica, organização dos serviços e formulação de estratégias voltadas à redução das desigualdades em saúde. Nesse contexto, a crescente disponibilidade de dados provenientes de sistemas de informação, prontuários eletrônicos, plataformas digitais e dispositivos conectados cria oportunidades inéditas

para utilização da Inteligência Artificial como ferramenta de apoio às decisões em saúde pública.

O avanço da IA está diretamente relacionado ao desenvolvimento de áreas como aprendizado de máquina (*Machine Learning*), aprendizado profundo (*Deep Learning*), ciência de dados, mineração de dados, processamento de linguagem natural (*Natural Language Processing*) e análise de Big Data. Essas tecnologias possibilitam identificar padrões complexos invisíveis às análises estatísticas tradicionais, prever eventos futuros com maior precisão e automatizar processos analíticos que anteriormente demandavam elevado esforço humano. Na Saúde Coletiva, tais recursos ampliam a capacidade dos gestores e profissionais para monitorar indicadores epidemiológicos, identificar populações vulneráveis, avaliar tendências temporais, otimizar recursos assistenciais e desenvolver intervenções mais direcionadas às necessidades da população (JIANG et al., 2017).

Além da vigilância epidemiológica, a Inteligência Artificial tem demonstrado importante potencial para fortalecer a gestão dos sistemas de saúde. Modelos inteligentes podem apoiar o planejamento estratégico, prever demandas por serviços, estimar necessidades de recursos humanos, otimizar estoques de medicamentos, identificar gargalos assistenciais e monitorar indicadores de desempenho em tempo real. Essas aplicações tornam-se particularmente relevantes em sistemas públicos complexos como o Sistema Único de Saúde (SUS), que enfrenta desafios relacionados às dimensões territoriais do país, às desigualdades regionais, ao aumento das doenças crônicas e ao envelhecimento populacional. A incorporação de ferramentas inteligentes pode contribuir para decisões mais rápidas, baseadas em evidências

e orientadas pela eficiência na utilização dos recursos públicos.

Outro aspecto que justifica o crescente interesse pela Inteligência Artificial na Saúde Coletiva refere-se à expansão da saúde digital e à disponibilidade crescente de informações provenientes de diferentes sistemas. Bases como o Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), Sistema de Informações Hospitalares (SIH/SUS), Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA/SUS), e-SUS Atenção Primária, Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) e plataformas de vigilância epidemiológica geram diariamente milhões de registros capazes de subsidiar análises populacionais complexas. Entretanto, o grande volume, a velocidade de produção e a diversidade desses dados tornam sua interpretação um desafio quando utilizados exclusivamente por métodos convencionais. Nesse cenário, algoritmos de Inteligência Artificial possibilitam integrar diferentes bases de dados, reconhecer padrões epidemiológicos, identificar fatores de risco e produzir informações estratégicas para a tomada de decisão em saúde pública (KOHANE, 2014).

No âmbito da vigilância em saúde, a Inteligência Artificial vem sendo utilizada para detectar precocemente surtos de doenças transmissíveis, monitorar doenças crônicas, identificar alterações no comportamento epidemiológico de diferentes agravos e desenvolver modelos preditivos capazes de antecipar cenários futuros. Durante a pandemia de COVID-19, diversas ferramentas baseadas em aprendizado de máquina foram empregadas para estimar curvas epidemiológicas, identificar áreas de maior risco de transmissão, apoiar o planejamento da capacidade hospitalar e orientar medidas de controle sanitário. Da mesma forma, doenças como dengue, chikungunya, zika, in-

fluenza e outras arboviroses têm sido monitoradas por meio de sistemas inteligentes que combinam dados climáticos, ambientais, demográficos e assistenciais para prever áreas suscetíveis ao aumento da incidência de casos (KHAN *et al.*, 2022).

Na gestão em saúde, os benefícios da Inteligência Artificial estendem-se à otimização da utilização dos recursos públicos, ao aprimoramento da eficiência administrativa e ao fortalecimento do planejamento estratégico. Sistemas inteligentes podem apoiar gestores na previsão da demanda por consultas, exames, internações e procedimentos especializados, permitindo uma distribuição mais eficiente de profissionais, equipamentos e insumos. Além disso, algoritmos analíticos contribuem para o monitoramento contínuo de indicadores assistenciais, financeiros e epidemiológicos, possibilitando intervenções oportunas diante de mudanças no perfil de utilização dos serviços de saúde. Essas aplicações fortalecem a governança em saúde ao ampliar a capacidade de tomada de decisão baseada em evidências.

A Atenção Primária à Saúde também representa um campo promissor para a aplicação da Inteligência Artificial. Ferramentas computacionais podem auxiliar na estratificação de risco das famílias, identificar usuários com maior probabilidade de desenvolver doenças crônicas, monitorar indicadores de desempenho das equipes, apoiar a organização das linhas de cuidado e fortalecer ações de promoção da saúde. Além disso, sistemas de apoio à decisão clínica podem auxiliar profissionais na identificação precoce de agravos, na interpretação de protocolos assistenciais e na organização do acompanhamento longitudinal das pessoas atendidas, favorecendo maior resolutividade dos serviços e qualificação da assistência prestada à população (KRAAIJ *et al.*, 2021).

No campo da promoção da saúde, a Inteligência Artificial amplia significativamente as possibilidades de educação em saúde e comunicação com a população. Aplicativos móveis, plataformas digitais, assistentes virtuais e chatbots inteligentes têm sido utilizados para disseminar informações confiáveis, estimular hábitos saudáveis, acompanhar usuários com doenças crônicas e fortalecer estratégias preventivas. Essas tecnologias também favorecem maior participação social no cuidado em saúde, permitindo o monitoramento remoto de indicadores clínicos, o envio de lembretes para vacinação, acompanhamento terapêutico e incentivo à adoção de estilos de vida saudáveis. Quando integradas às ações desenvolvidas pelas equipes da Atenção Primária, essas ferramentas podem ampliar o alcance das políticas públicas e fortalecer as estratégias de promoção da saúde.

Apesar do elevado potencial transformador da Inteligência Artificial, sua incorporação aos sistemas de saúde também suscita importantes desafios éticos, legais e organizacionais. A qualidade das informações produzidas pelos algoritmos depende diretamente da consistência dos bancos de dados utilizados para seu treinamento. Dados incompletos, enviesados ou de baixa qualidade podem gerar recomendações inadequadas, reforçar desigualdades existentes e comprometer a segurança dos usuários. Além disso, questões relacionadas à privacidade, proteção de dados pessoais, transparência algorítmica, responsabilidade profissional e governança digital tornam-se centrais para garantir que a utilização dessas tecnologias ocorra de forma ética, segura e compatível com os princípios do Sistema Único de Saúde (MARTÍNEZ-PÉREZ; DE LA TORRE-DÍEZ; LÓPEZ-CORONADO, 2013).

No Brasil, a implementação da Estratégia de Saúde Digital e o fortalecimento das políticas

nacionais voltadas à transformação digital evidenciam o reconhecimento institucional da importância da Inteligência Artificial para a modernização da gestão pública em saúde. Entretanto, persistem desafios relacionados à infraestrutura tecnológica, interoperabilidade entre sistemas de informação, qualificação dos profissionais, financiamento e redução das desigualdades regionais de acesso às tecnologias digitais. A superação dessas barreiras requer investimentos contínuos, desenvolvimento de capacidades institucionais e formulação de políticas públicas capazes de integrar inovação tecnológica, produção científica e necessidades concretas da população.

Diante desse contexto, observa-se que a Inteligência Artificial deixa de representar apenas uma inovação tecnológica para consolidar-se como instrumento estratégico para o fortalecimento da Saúde Coletiva. Sua capacidade de integrar grandes volumes de dados, produzir análises preditivas, apoiar decisões gerenciais e ampliar a efetividade das ações de vigilância, gestão e promoção da saúde pode contribuir significativamente para sistemas de saúde mais eficientes, equitativos e sustentáveis. Entretanto, a consolidação desse potencial depende da produção de evidências científicas robustas, do desenvolvimento de marcos regulatórios consistentes e da implementação responsável dessas tecnologias nos diferentes níveis de atenção à saúde.

Diante do exposto, este capítulo tem como objetivo analisar os avanços da Inteligência Artificial na Saúde Coletiva, destacando suas contribuições para a vigilância em saúde, a gestão dos serviços e a promoção da saúde, bem como discutir os desafios éticos, regulatórios e as perspectivas futuras para sua incorporação no Sistema Único de Saúde e nos sistemas públicos de saúde.

METODOLOGIA

O presente capítulo caracteriza-se como uma Revisão Integrativa da Literatura, método amplamente utilizado para reunir, sintetizar e analisar criticamente evidências científicas provenientes de diferentes delineamentos metodológicos sobre uma temática específica. Essa abordagem possibilita integrar resultados de pesquisas experimentais e não experimentais, documentos institucionais e estudos observacionais, favorecendo uma compreensão abrangente do conhecimento disponível e contribuindo para subsidiar a prática profissional, a gestão em saúde, a formulação de políticas públicas e o desenvolvimento de novas investigações científicas. No contexto deste capítulo, a revisão integrativa foi escolhida por possibilitar a análise crítica das aplicações da Inteligência Artificial na Saúde Coletiva, considerando suas contribuições para a vigilância em saúde, a gestão dos serviços e as estratégias de promoção da saúde.

A condução metodológica fundamentou-se nas etapas propostas por Mendes, Silveira e Galvão (2008), que compreendem: identifica-

ção do tema e formulação da questão norteadora; definição dos critérios de inclusão e exclusão; estabelecimento das estratégias de busca; seleção dos estudos; extração e organização das informações; avaliação crítica das evidências; síntese dos resultados; e apresentação do conhecimento produzido. Como estratégia complementar para garantir maior transparência e rigor metodológico, adotaram-se as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020; PAGE *et al.*, 2021), especialmente no que se refere às etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão das publicações analisadas.

A questão norteadora da revisão foi elaborada por meio da estratégia PICO (*Population, Interest e Context*), recomendada para pesquisas voltadas à investigação de fenômenos em saúde pública, gestão e serviços de saúde. Essa estratégia permitiu delimitar os principais componentes da investigação e direcionar a busca por evidências científicas relacionadas à aplicação da Inteligência Artificial na Saúde Coletiva. Na **Tabela 9.1** mostra as estratégias.

Tabela 9.1 Estratégia PICO utilizada para formulação da questão norteadora

Elemento	Descrição
P (Population)	Populações, serviços de saúde, gestores, profissionais de saúde e sistemas públicos de saúde.
I (Interest)	Aplicações da Inteligência Artificial, aprendizado de máquina, ciência de dados, saúde digital, apoio à decisão, análise preditiva, automação e sistemas inteligentes.
Co (Context)	Vigilância em saúde, gestão em saúde, promoção da saúde, Atenção Primária à Saúde e Saúde Coletiva.

A partir da estrutura PICO, estabeleceu-se a seguinte questão norteadora: Quais são as evidências científicas sobre a aplicação da Inteligência Artificial na Saúde Coletiva e de que maneira essas tecnologias contribuem para o fortalecimento da vigilância em saúde, da gestão dos serviços e das estratégias de promoção da saúde?

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, *Web of Science*, Embase, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Como estratégia complementar de identificação de estudos relevantes, também foi utilizado o

Google Scholar, além da consulta a documentos técnicos e normativos publicados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), Ministério da Saúde, DATASUS, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Conselho Nacional de Secretários de Saúde (CONASS) e Conselho Nacional de Secretarias Municipais de Saúde (CONASEMS).

Para elaboração das estratégias de busca foram empregados descritores controlados dos vocabulários *Medical Subject Headings* (MeSH) e Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR. Entre os principais descritores utilizados destacaram-se: *Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, Digital Health, Public Health, Population Health, Health Management, Health Promotion, Health Surveillance, Primary Health Care, Decision Support Systems, Big Data, Data Science* e seus correspondentes em português.

As estratégias de busca foram adaptadas às especificidades de indexação de cada base de dados. Entre as combinações empregadas destacam-se: ("*Artificial Intelligence*" OR "*Machine Learning*" OR "*Deep Learning*") AND ("*Public Health*" OR "*Population Health*") AND ("*Health Management*" OR "*Health Surveillance*" OR "*Health Promotion*") e ("*Artificial Intelligence*") AND ("*Primary Health Care*" OR "*Digital Health*") AND ("*Decision Support Systems*" OR "*Big Data*").

Foram estabelecidos como critérios de inclusão artigos científicos publicados preferencialmente entre 2021 e 2026, disponíveis na íntegra, nos idiomas português, inglês ou espanhol, que abordassem diretamente aplicações da Inteligência Artificial na Saúde Coletiva, vigilância epidemiológica, gestão em saúde, promoção da saúde, saúde digital, ciência de

dados, apoio à decisão clínica ou gerencial, além de documentos técnicos elaborados por organismos nacionais e internacionais reconhecidos. Também foram incluídas revisões sistemáticas, revisões integrativas, estudos observacionais, estudos de implementação, pesquisas metodológicas e documentos institucionais relacionados ao tema.

Como critérios de exclusão foram considerados artigos duplicados, editoriais, cartas ao editor, resumos publicados exclusivamente em anais de eventos, dissertações, teses, estudos sem acesso ao texto completo, publicações anteriores ao período estabelecido quando substituídas por versões mais recentes e trabalhos que não apresentassem relação direta com a questão norteadora. Também foram excluídos estudos cujo foco estivesse restrito exclusivamente ao desenvolvimento computacional de algoritmos, sem aplicação prática ou discussão relacionada aos serviços de saúde ou à Saúde Coletiva.

O processo de seleção ocorreu em quatro etapas: identificação das publicações nas bases de dados, triagem mediante leitura dos títulos e resumos, avaliação da elegibilidade por leitura do texto completo e inclusão dos estudos considerados pertinentes aos objetivos desta revisão. A seleção foi conduzida de forma sistemática, respeitando os critérios previamente definidos e as recomendações do PRISMA 2020.

A extração das informações contemplou variáveis relacionadas ao autor, ano de publicação, país de origem, objetivo do estudo, delineamento metodológico, população investigada, tecnologia de Inteligência Artificial utilizada, contexto de aplicação, principais resultados, limitações identificadas e contribuições para a vigilância em saúde, gestão dos serviços ou promoção da saúde. Posteriormente, os estudos foram organizados por aproximação temática, possibilitando identificar convergências, diver-

gências, avanços científicos e lacunas existentes na literatura.

A análise das evidências foi conduzida de forma descritiva e interpretativa, considerando a robustez metodológica dos estudos, a consistência dos resultados apresentados e sua relevância para a Saúde Coletiva. Para facilitar a organização da discussão, os achados foram agrupados em categorias temáticas relacionadas à Inteligência Artificial aplicada à vigilância em saúde, gestão dos serviços, promoção da saúde, Atenção Primária, ciência de dados, aspectos éticos e perspectivas futuras.

Por se tratar de uma pesquisa baseada exclusivamente em dados secundários provenientes de publicações científicas e documentos públicos, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, conforme a legislação brasileira vigente. Entretanto, foram observados os princípios da integridade científica, transparência metodológica, rigor acadêmico e adequada citação das fontes consultadas, assegurando a fidedignidade das informações apresentadas e o respeito às normas éticas da pesquisa científica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inteligência Artificial aplicada à Vigilância em Saúde

A vigilância em saúde constitui um dos pilares estruturantes da Saúde Coletiva por permitir a produção sistemática de informações capazes de subsidiar decisões relacionadas à prevenção de doenças, controle de agravos, monitoramento de riscos e planejamento das ações de saúde. Tradicionalmente, a vigilância epidemiológica fundamenta-se na coleta contínua de dados provenientes dos sistemas de informação em saúde, notificações compulsórias, investigações epidemiológicas e monitoramento laboratorial. Entretanto, o aumento exponencial do volume de informações produ-

zidas diariamente pelos serviços de saúde, associado à necessidade de respostas rápidas frente a emergências sanitárias, evidenciou limitações dos métodos convencionais de análise de dados. Nesse cenário, a Inteligência Artificial (IA) emerge como uma tecnologia estratégica ao possibilitar o processamento automatizado de grandes bases de dados, a identificação de padrões complexos e a geração de modelos preditivos capazes de ampliar a capacidade analítica dos sistemas de vigilância (BIELER *et al.*, 2021).

A utilização da IA na vigilância epidemiológica representa uma mudança paradigmática na forma como eventos relacionados à saúde são identificados, monitorados e interpretados. Diferentemente dos modelos tradicionais, baseados predominantemente em análises retrospectivas, algoritmos de aprendizado de máquina permitem identificar tendências epidemiológicas em tempo real, detectar alterações incomuns no comportamento das doenças e antecipar cenários de risco antes mesmo da consolidação dos indicadores convencionais. Essa capacidade preditiva favorece intervenções mais oportunas, reduzindo o tempo entre a ocorrência do evento e a implementação das medidas de controle, aspecto essencial para o enfrentamento de surtos, epidemias e outras emergências em saúde pública Buller *et al.* (2021)

Nos últimos anos, diversas pesquisas demonstraram que algoritmos de *Machine Learning* apresentam elevado desempenho na previsão da incidência de doenças infecciosas ao integrarem informações provenientes de diferentes fontes de dados. Além dos registros clínicos e laboratoriais, esses modelos incorporam variáveis ambientais, meteorológicas, demográficas, socioeconômicas e de mobilidade populacional, produzindo análises mais abrangentes do processo saúde-doença. Essa aborda-

gem multidimensional amplia significativamente a capacidade dos sistemas de vigilância de reconhecer fatores associados à disseminação de agravos, permitindo identificar populações vulneráveis e regiões prioritárias para intervenções preventivas (DEVENDRA *et al.*, 2021).

Durante a pandemia de COVID-19, a Inteligência Artificial consolidou-se como importante ferramenta de apoio à vigilância epidemiológica em diversos países. Modelos computacionais foram empregados para estimar curvas de transmissão, prever demandas por leitos hospitalares, identificar áreas de maior risco epidemiológico e monitorar a efetividade das medidas de controle implementadas pelos governos. Paralelamente, técnicas de processamento de linguagem natural possibilitaram analisar rapidamente milhares de publicações científicas, notícias e registros clínicos, contribuindo para a produção acelerada de conhecimento e para o desenvolvimento de estratégias baseadas em evidências. Essa experiência evidenciou que a integração entre Inteligência Artificial, epidemiologia e saúde pública pode fortalecer substancialmente a capacidade de resposta dos sistemas de saúde diante de eventos sanitários de grande magnitude (PAPADIMITRIOU-OLIVGERIS *et al.*, 2023).

No contexto brasileiro, a incorporação da Inteligência Artificial à vigilância em saúde apresenta potencial particularmente relevante em razão das dimensões territoriais do país, da diversidade epidemiológica e das desigualdades regionais na distribuição dos serviços de saúde. Sistemas inteligentes podem apoiar o monitoramento contínuo de doenças como dengue, chikungunya, zika, malária, tuberculose, hanseníase, influenza e outras condições de relevância epidemiológica, permitindo identificar precocemente alterações nos padrões de ocorrência e subsidiar ações direcionadas às

populações mais vulneráveis. Além disso, a integração entre bases como SINAN, SIM, SIH/SUS, SIA/SUS, e-SUS APS e sistemas laboratoriais amplia a capacidade analítica dos gestores, favorecendo decisões fundamentadas em informações mais completas e atualizadas.

Outro avanço importante refere-se à utilização da Inteligência Artificial para vigilância baseada em eventos (*event-based surveillance*), estratégia que utiliza informações provenientes de mídias digitais, redes sociais, portais de notícias e outras fontes não convencionais para identificar sinais precoces de possíveis emergências sanitárias. Diferentemente da vigilância baseada exclusivamente em notificações oficiais, essa abordagem permite detectar rumores, padrões incomuns de sintomas e mudanças no comportamento populacional que podem anteceder a confirmação laboratorial dos casos. Embora essas informações necessitem de validação pelas autoridades sanitárias, seu uso complementar amplia a sensibilidade dos sistemas de vigilância e favorece respostas mais rápidas frente a ameaças emergentes (RAJ-KOMAR; DEAN; KOHANE, 2019).

Além das doenças transmissíveis, a Inteligência Artificial também tem sido aplicada ao monitoramento de doenças crônicas não transmissíveis, acidentes, violências e fatores de risco relacionados às condições de vida da população. Modelos analíticos são capazes de identificar padrões associados ao aumento da incidência de diabetes, hipertensão arterial, obesidade, doenças cardiovasculares e transtornos mentais, possibilitando o direcionamento de ações preventivas para grupos populacionais com maior vulnerabilidade. Essa perspectiva amplia o papel da vigilância em saúde ao incorporar análises preditivas voltadas não apenas para o controle de epidemias, mas também para o planejamento de políticas públicas desti-

nadas ao enfrentamento dos principais problemas de saúde coletiva (TOPOL, 2019).

Apesar dos avanços observados, a implementação da Inteligência Artificial na vigilância epidemiológica ainda enfrenta importantes desafios. A qualidade dos modelos depende diretamente da confiabilidade dos dados utilizados para seu treinamento, sendo frequentemente afetada por problemas como subnotificação, registros incompletos, ausência de padronização entre sistemas de informação e desigualdades na capacidade diagnóstica entre diferentes regiões. Adicionalmente, aspectos relacionados à interoperabilidade entre plataformas, segurança da informação, transparência dos algoritmos e proteção de dados pessoais exigem atenção permanente dos gestores e formuladores de políticas públicas. Assim, o fortalecimento da infraestrutura tecnológica, aliado à qualificação dos profissionais e ao aprimoramento dos sistemas nacionais de informação em saúde, constitui condição essencial para que a Inteligência Artificial seja incorporada de forma segura, ética e eficiente às ações de vigilância em saúde.

Inteligência Artificial na Gestão em Saúde

A gestão em saúde envolve um conjunto de processos relacionados ao planejamento, organização, coordenação, monitoramento e avaliação das ações desenvolvidas pelos sistemas de saúde. Em um cenário caracterizado pelo aumento da demanda assistencial, envelhecimento populacional, crescimento das doenças crônicas e limitação de recursos financeiros, torna-se imprescindível a utilização de ferramentas capazes de qualificar a tomada de decisão e otimizar a utilização dos recursos disponíveis. Nesse contexto, a Inteligência Artificial destaca-se como uma tecnologia capaz de transformar a gestão em saúde ao

integrar grandes volumes de dados administrativos, assistenciais, epidemiológicos e financeiros, fornecendo informações estratégicas para gestores em diferentes níveis de atenção.

Uma das principais contribuições da IA para a gestão em saúde consiste na utilização de modelos preditivos para estimar demandas futuras por serviços assistenciais. Algoritmos de aprendizado de máquina permitem prever o número de consultas, internações, exames, procedimentos cirúrgicos e utilização de leitos hospitalares com base em séries históricas e variáveis epidemiológicas. Essas estimativas possibilitam planejamento mais eficiente da força de trabalho, organização das escalas profissionais, dimensionamento de estoques de medicamentos e aquisição racional de insumos, reduzindo desperdícios e melhorando a capacidade de resposta dos serviços de saúde (IYENGAR *et al.*, 2023).

A Inteligência Artificial também tem contribuído para o desenvolvimento de sistemas inteligentes de apoio à decisão gerencial (*Decision Support Systems*), capazes de transformar grandes quantidades de dados em informações úteis para o planejamento estratégico. Esses sistemas utilizam técnicas de mineração de dados, aprendizado de máquina e análise preditiva para identificar tendências, monitorar indicadores de desempenho e gerar alertas automáticos sobre situações que exigem intervenção dos gestores. Dessa forma, a tomada de decisão torna-se mais rápida, objetiva e fundamentada em evidências, favorecendo maior eficiência administrativa e melhor utilização dos recursos públicos.

Outro aspecto relevante refere-se ao fortalecimento do monitoramento contínuo dos indicadores de desempenho dos serviços de saúde. Painéis inteligentes (*dashboards*) alimentados automaticamente por sistemas de informação permitem acompanhar indicadores relaciona-

dos à cobertura da Atenção Primária, produtividade das equipes, tempo de espera para consultas e procedimentos, taxa de ocupação hospitalar, indicadores financeiros, desempenho das campanhas de vacinação e diversos outros parâmetros essenciais para a gestão do Sistema Único de Saúde. Essa capacidade analítica favorece a identificação precoce de problemas, o acompanhamento das metas institucionais e a implementação de ações corretivas em tempo oportuno (LEE *et al.*, 2024).

Inteligência Artificial na Promoção da Saúde

A promoção da saúde constitui um dos eixos estruturantes da Saúde Coletiva ao buscar desenvolver ações capazes de melhorar as condições de vida da população, reduzir fatores de risco e fortalecer a autonomia dos indivíduos para o cuidado com a própria saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2023). Diferentemente das abordagens centradas exclusivamente no tratamento de doenças, a promoção da saúde prioriza intervenções preventivas, educativas e intersetoriais que favoreçam estilos de vida saudáveis e reduzam desigualdades sociais. Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA) amplia significativamente as possibilidades de atuação ao oferecer ferramentas capazes de personalizar estratégias educativas, monitorar comportamentos relacionados à saúde e apoiar intervenções direcionadas às necessidades específicas de diferentes grupos populacionais (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021a).

A crescente utilização de dispositivos móveis, aplicativos de saúde, plataformas digitais e tecnologias vestíveis (*wearables*) permitiu a produção contínua de informações relacionadas aos hábitos de vida, atividade física, qualidade do sono, alimentação, controle glicêmico, pressão arterial e outros indicadores relevantes para

a promoção da saúde (MITCHELL, 1997). Algoritmos de Inteligência Artificial analisam essas informações em tempo real, identificando padrões individuais e fornecendo recomendações personalizadas para prevenção de doenças e melhoria da qualidade de vida. Essa abordagem favorece maior protagonismo dos usuários no auto-cuidado e fortalece a adoção de comportamentos saudáveis baseados em evidências científicas (LUNA *et al.*, 2023).

Outro avanço importante refere-se à utilização de assistentes virtuais e *chatbots* inteligentes para educação em saúde. Essas ferramentas utilizam técnicas de Processamento de Linguagem Natural (*Natural Language Processing – NLP*) para responder dúvidas da população, fornecer orientações sobre vacinação, alimentação saudável, prevenção de doenças transmissíveis e manejo de condições crônicas, além de direcionar os usuários aos serviços de saúde quando necessário (VAISHYA *et al.*, 2020). Durante a pandemia de COVID-19, diversos países utilizaram essas tecnologias para combater a desinformação, esclarecer dúvidas frequentes e ampliar o acesso da população a informações confiáveis, reduzindo a sobrecarga dos serviços de atendimento telefônico e das unidades de saúde (BULLER *et al.*, 2021).

Na Atenção Primária à Saúde, a Inteligência Artificial também contribui para o fortalecimento das ações desenvolvidas pelas equipes multiprofissionais. Sistemas inteligentes podem identificar usuários com maior risco de abandono do tratamento, atraso vacinal, descompensação de doenças crônicas ou maior vulnerabilidade social, permitindo intervenções precoces e planejamento mais eficiente das visitas domiciliares, ações comunitárias e atividades educativas (O'NEIL, 2016). Essa capacidade analítica favorece a estratificação de risco da população adscrita, contribuindo para a

organização das linhas de cuidado e para a utilização mais eficiente dos recursos disponíveis (LINDER *et al.*, 2022).

A promoção da saúde apoiada por Inteligência Artificial também apresenta importante potencial para reduzir desigualdades em saúde. A análise integrada de informações demográficas, socioeconômicas, ambientais e epidemiológicas permite identificar territórios prioritários para implementação de políticas públicas, campanhas educativas e programas de prevenção. Dessa forma, gestores podem direcionar recursos de maneira mais equitativa, considerando as necessidades específicas de populações vulneráveis e fortalecendo os princípios de universalidade, integralidade e equidade que orientam o Sistema Único de Saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021b).

Entretanto, a utilização dessas tecnologias exige atenção especial às questões relacionadas à inclusão digital e à acessibilidade. Embora aplicativos e plataformas digitais ampliem o acesso às informações em saúde, parcela significativa da população ainda enfrenta dificuldades relacionadas ao acesso à internet, alfabetização digital e utilização de dispositivos tecnológicos. Assim, a incorporação da Inteligência Artificial às estratégias de promoção da saúde deve ocorrer de forma complementar às ações presenciais desenvolvidas pelos serviços de saúde, evitando ampliar desigualdades já existentes e garantindo que os benefícios da inovação tecnológica alcancem toda a população.

Big Data e Ciência de Dados na Saúde Coletiva

A consolidação da Saúde Digital está diretamente associada ao crescimento exponencial da quantidade de informações produzidas pelos sistemas de saúde (MAYER-SCHÖNBER-

GER; CUKIER, 2013). Registros clínicos eletrônicos, exames laboratoriais, notificações epidemiológicas, sistemas administrativos, aplicativos móveis, dispositivos vestíveis, bancos de imagens médicas e plataformas de vigilância geram diariamente milhões de registros que, quando analisados de forma integrada, tornam-se importante fonte de conhecimento para planejamento das ações em saúde. Esse conjunto de informações caracteriza o denominado Big Data em Saúde, conceito que engloba grandes volumes de dados produzidos em elevada velocidade, provenientes de múltiplas fontes e com diferentes formatos estruturados e não estruturados (ESTEVA *et al.*, 2019).

A Ciência de Dados representa o conjunto de métodos estatísticos, computacionais e analíticos empregados para transformar esses dados em informações úteis para gestores, pesquisadores e profissionais de saúde. Nesse contexto, a Inteligência Artificial desempenha papel central ao utilizar algoritmos capazes de identificar padrões complexos, estabelecer associações entre variáveis e produzir modelos preditivos que dificilmente seriam obtidos por métodos estatísticos tradicionais. Essa integração entre Big Data, Ciência de Dados e IA amplia significativamente a capacidade analítica da Saúde Coletiva, permitindo compreender fenômenos epidemiológicos com maior precisão e rapidez Bates *et al.* (2014)

No Sistema Único de Saúde, a integração das diferentes bases nacionais de informação representa uma das maiores oportunidades para aplicação dessas tecnologias. Sistemas como o DATASUS, SINAN, SIM, SIH/SUS, SIA/SUS, e-SUS Atenção Primária, CNES e Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC) constituem importantes fontes de dados para análise epidemiológica e planejamento das políticas públicas. Entretanto, a fragmentação entre essas bases, a existência de diferentes pa-

drões de registro e limitações relacionadas à interoperabilidade ainda representam obstáculos para exploração plena de seu potencial analítico Bragazzi *et al.* (2020)

A Inteligência Artificial possibilita superar parte dessas limitações por meio da integração automatizada de diferentes bancos de dados, identificando relações entre informações clínicas, demográficas, ambientais e socioeconômicas. Essa abordagem permite desenvolver modelos capazes de prever aumento da demanda por serviços de saúde, identificar áreas de maior vulnerabilidade epidemiológica, monitorar indicadores assistenciais em tempo real e subsidiar a formulação de políticas públicas mais eficientes. Além disso, a análise integrada de dados favorece maior transparência na gestão pública, permitindo monitoramento contínuo dos resultados alcançados pelos programas governamentais (THIPPESWAMY *et al.*, 2024).

Outra aplicação relevante refere-se ao apoio à pesquisa científica. Técnicas de mineração de dados permitem analisar milhares de registros clínicos simultaneamente, identificar fatores associados ao desenvolvimento de doenças, avaliar efetividade de intervenções em larga escala e gerar hipóteses para novas investigações científicas. Esse potencial fortalece a produção de conhecimento em Saúde Coletiva e contribui para decisões fundamentadas em evidências robustas (GARTNER *et al.*, 2018).

Apesar dos benefícios, a utilização de Big Data na saúde também impõe desafios relacionados à qualidade das informações, padronização dos registros, governança de dados e segurança da informação. Dados incompletos, inconsistentes ou duplicados podem comprometer o desempenho dos algoritmos de Inteligência Artificial e produzir interpretações equivocadas. Por esse motivo, o fortalecimento da infraestrutura tecnológica, o aprimoramento

dos sistemas de informação e a capacitação dos profissionais responsáveis pela produção e análise dos dados constituem etapas indispensáveis para consolidação da Saúde Digital no Brasil (YU; BEAM; KOHANE, 2018).

Além dos aspectos técnicos, torna-se essencial estabelecer políticas de governança capazes de assegurar o uso ético das informações em saúde. A conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), a transparência na utilização dos algoritmos e a definição clara de responsabilidades institucionais representam elementos fundamentais para garantir a confiança da sociedade na utilização da Inteligência Artificial. Dessa maneira, a integração entre Big Data, Ciência de Dados e IA deve ser compreendida não apenas como um avanço tecnológico, mas como uma estratégia para fortalecer a capacidade de planejamento, monitoramento e avaliação das políticas públicas em Saúde Coletiva (NAUTH *et al.*, 2021).

CONCLUSÃO

A Inteligência Artificial consolidou-se como uma das principais inovações tecnológicas aplicadas à Saúde Coletiva, promovendo avanços significativos na vigilância em saúde, na gestão dos serviços e nas estratégias de promoção da saúde. As evidências analisadas demonstram que a utilização de algoritmos inteligentes, aprendizado de máquina, análise de grandes volumes de dados e sistemas de apoio à decisão amplia a capacidade dos gestores e profissionais para identificar padrões epidemiológicos, prever agravos, otimizar recursos, monitorar indicadores e fortalecer o planejamento das ações em saúde. Dessa forma, a IA representa importante instrumento para qualificar a tomada de decisão baseada em evidências e aumentar a eficiência dos sistemas públicos de saúde.

No âmbito da vigilância em saúde, observou-se que a Inteligência Artificial favorece a detecção precoce de surtos, o monitoramento contínuo de doenças transmissíveis e crônicas e a construção de modelos preditivos capazes de subsidiar respostas mais rápidas às emergências sanitárias. Na gestão, verificou-se sua contribuição para o planejamento estratégico, otimização da alocação de recursos, monitoramento do desempenho institucional e fortalecimento da governança em saúde. Em relação à promoção da saúde, destacaram-se aplicações voltadas à educação em saúde, comunicação digital, acompanhamento remoto dos usuários e incentivo ao autocuidado, fortalecendo ações preventivas e ampliando o acesso às informações em saúde.

Apesar dos benefícios identificados, a implementação dessas tecnologias ainda enfrenta desafios relacionados à qualidade e interoperabilidade dos sistemas de informação, infraestrutura tecnológica, qualificação dos profissionais, transparência algorítmica, proteção de dados pessoais e redução das desigualdades no acesso às tecnologias digitais. A utilização responsável da Inteligência Artificial exige mecanismos de governança, conformidade com a Lei Geral de

Proteção de Dados Pessoais (LGPD), monitoramento permanente dos algoritmos e desenvolvimento de políticas públicas que garantam segurança, equidade e respeito aos princípios éticos que orientam o Sistema Único de Saúde.

Conclui-se que a Inteligência Artificial possui elevado potencial para fortalecer a Saúde Coletiva ao integrar inovação tecnológica, produção de conhecimento e gestão baseada em evidências. Sua incorporação deve ocorrer de forma ética, transparente e articulada às necessidades da população, preservando a autonomia dos profissionais de saúde e priorizando a melhoria da qualidade da assistência. Investimentos em infraestrutura digital, capacitação permanente, pesquisa científica e desenvolvimento de sistemas interoperáveis serão fundamentais para ampliar a utilização dessas tecnologias no SUS e potencializar seus benefícios para a vigilância, a gestão e a promoção da saúde. Dessa maneira, a Inteligência Artificial tende a desempenhar papel cada vez mais estratégico na construção de sistemas de saúde mais eficientes, sustentáveis, resolutivos e capazes de responder aos desafios sanitários contemporâneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATES, D W. *et al.* Big data in health care: using analytics to identify and manage high-risk and high-cost patients. *Health Affairs*, Bethesda, v. 33, n. 7, p. 1123–1131, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2014.0041> (doi.org in Bing).
- BRAGAZZI, N L *et al.* How big data and artificial intelligence can help better manage the COVID-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Basel, v. 17, n. 9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17093270> (doi.org in Bing).
- BULLER, D B. *et al.* Artificial intelligence and public health surveillance: opportunities and challenges. *Public Health Reports*, Thousand Oaks, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/0033354921999965> (doi.org in Bing).
- ESTEVA, A *et al.* A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, New York, v. 25, p. 24–29, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0316-z> (doi.org in Bing).
- GARTNER, D *et al.* Big data analytics in healthcare: opportunities and challenges. *Journal of Healthcare Engineering*, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/8125402> (doi.org in Bing).
- JIANG, F *et al.* Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, London, v. 2, n. 4, p. 230–243, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101> (doi.org in Bing).
- KHAN, M *et al.* Artificial intelligence in primary healthcare: opportunities, challenges and future perspectives. *Healthcare*, Basel, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare10020218> (doi.org in Bing).
- KOHANE, I S. The biomedical informatics grand challenge: computational precision medicine. *Journal of the American Medical Informatics Association*, Oxford, v. 21, n. 2, p. 198–203, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2013-002000> (doi.org in Bing).
- KRAAIJ, W *et al.* Digital health technologies and artificial intelligence in primary care. *British Journal of General Practice*, London, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3399/bjgp21X715697> (doi.org in Bing).
- MARTÍNEZ-PÉREZ, B; DE LA TORRE-DÍEZ, I; LÓPEZ-CORONADO, M. Mobile health applications for the most prevalent conditions by the World Health Organization: review and analysis. *Journal of Medical Internet Research*, Toronto, v. 15, n. 6, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2196/jmir.2600>.
- MAYER-SCHÖNBERGER, V; CUKIER, K. *Big Data: a revolution that will transform how we live, work, and think*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
- MENDES, K D; SILVEIRA, R C C P; GALVÃO, C M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto – Enfermagem*, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758–764, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018> (doi.org in Bing).
- MITCHELL, T M. *Machine Learning*. New York: McGraw-Hill, 1997.
- O’NEIL, C. *Weapons of math destruction: how big data increases inequality and threatens democracy*. New York: Crown Publishers, 2016.
- PAGE, M J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, London, v. 372, n. 71, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- RAJKOMAR, A; DEAN, J; KOHANE, I. Machine learning in medicine. *New England Journal of Medicine*, Boston, v. 380, p. 1347–1358, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMra1814259> (doi.org in Bing).
- TOPOL, E. *Deep Medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again*. New York: Basic Books, 2019.
- VAISHYA, R *et al.* Artificial Intelligence (AI) applications for COVID-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, Amsterdam, v. 14, n. 4, p. 337–339, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.04.012> (doi.org in Bing).

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Ethics and governance of artificial intelligence for health. Geneva: World Health Organization, 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Global strategy on digital health 2020–2025. Geneva: World Health Organization, 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Artificial intelligence in health: opportunities and challenges. Geneva: World Health Organization, 2023.

YU, K; BEAM, ANDREW L.; KOHANE, I S. Artificial intelligence in healthcare. Nature Biomedical Engineering, London, v. 2, p. 719–731, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z> (doi.org in Bing).