

## Estratégias de inteligência artificial e *Business Intelligence* aplicadas à imunização no contexto da pandemia de COVID-19

*Strategies of artificial intelligence and business intelligence applied to immunization in the context of the COVID-19 pandemic*

Eduardo Lux, Laíla Pereira Gomes da Silva, Wender Ferreira dos Santos, Plínio de Sá Leitão Júnior

Autoria

Metadados

### RESUMO

**Introdução:** As estratégias de inteligência artificial e *Business Intelligence* têm sido empregadas na área da saúde, em especial, na área da imunização, em que há massiva geração de dados e registros em saúde. **Objetivo:** Investigar como a inteligência artificial e o *Business Intelligence* têm sido empregados para o incremento da imunização. **Método:** Revisão integrativa de estudos selecionados por meio de estratégia de busca nas bases de dados, PubMed/MEDLINE, LILACS e SciELO, após enquadramento nos critérios de elegibilidade do protocolo proposto. **Resultados:** Obteve-se um total de 608 registros, dos quais 75 tiveram seus títulos e resumos lidos, sendo 25 incluídos. Desses, foram excluídas 5 duplicatas, totalizando 20 artigos, dos quais 12 apresentaram relação direta ou indireta com o tema de estudo no contexto da pandemia de COVID-19. Os artigos publicados entre 2020 e 2023 foram categorizados de acordo com a temática abordada da seguinte forma: Monitoramento (4 estudos); Desenvolvimento de Vacinas (3 estudos); e Comunicação em Saúde (5 estudos). **Conclusão:** O uso dessas estratégias no contexto da imunização, com o recorte sobre a pandemia de COVID-19, aponta para a democratização de dados no fomento de políticas públicas, gerando maior praticidade de acesso e leitura de dados, a fim de auxiliar a tomada de decisão pela gestão, bem como apoiar a redução do tempo para a produção de vacinas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Imunização. Tecnologia da Informação e Comunicação. Inteligência Artificial. Atenção Primária à Saúde. COVID-19.

### ABSTRACT

**Introduction:** The application of Business Intelligence and Artificial Intelligence has been used in the health sector, especially in the area of immunization, which generates large amounts of data and health records. **Objective:** Investigate how artificial intelligence and business intelligence have been used to increase immunization. **Method:** Integrative review of studies selected through a search strategy in the databases, PubMed/MEDLINE, LILACS, SciELO, after meeting the eligibility criteria of the proposed protocol. **Results:** We obtained a total of 608 records, of which 75 had their titles and summaries read, 25 included. Of these, 5 duplicates were excluded, totaling 20 articles, of which 12 had a direct or indirect relationship with the theme of study in the context of the COVID-19 pandemic. Articles published between 2020 and 2023 were categorized according to the theme addressed as follows: Monitoring (4 studies); Vaccine Development (3 studies); and Health Communication (5 studies). **Conclusion:** The use of these strategies favors the context of immunization with a focus on the COVID-19 pandemic, pointing to the democratization of data to promote public policies, generating ease of access and reading of data to assist decision-making by management, as well as helping to reduce the time for vaccine production.

**KEYWORDS:** Immunization. Information Technology. Artificial Intelligence. Primary Health Care. COVID-19.

## INTRODUÇÃO

A atenção primária em saúde concentra a oferta e a realização de imunização enquanto estratégia para controle de doenças imunopreveníveis, configurando-se como um espaço produtor de informações sobre imunização, que são importantes indicadores de saúde pública<sup>1,2</sup>.

A complexidade dos registros eletrônicos em saúde, apesar dos benefícios, também expõe a necessidade de incentivo financeiro, investimentos em tecnologia e capacitação de recursos humanos, aspectos que repercutem na operacionalização e qualidade dos dados<sup>3</sup>. Além disso, a qualificação desses dados se mostra relevante para a identificação de novas demandas e de quadros epidemiológicos desfavoráveis, assim como para a tomada de decisões<sup>4</sup>.

O uso de sistemas informatizados repercute sobre a prestação de cuidados em saúde à população. Por isso, os sistemas informatizados de imunização (SIIIs) têm papel central no monitoramento e execução estratégica de programas de imunização, permitindo maior transparência nas atividades ligadas à imunização, desde a aquisição até a sua aplicação<sup>5,6</sup>.

Devido ao grande volume constante e crescente de informações relacionadas à imunização produzidas na atenção básica, faz-se necessário suporte tecnológico para auxiliar o processamento de dados e gerenciá-los de maneira ágil. Para isso, os SIIIs são de extrema importância por viabilizarem a verificação de determinados aspectos, como esquemas vacinais e validação de doses aplicadas. No contexto das tecnologias atuais, a incorporação de novos saberes, principalmente da área de tecnologia da informação, é fundamental para a conquista de mais efetividade<sup>1,4</sup>.

Assim, as estratégias de inteligência artificial (IA) e *Business Intelligence* (BI) despontam como ferramentas importantes para a gestão de informações pela atenção básica, considerando o grande volume de informação gerado de forma contínua, o qual não pode ser capaz de ser processado pelos softwares tradicionais<sup>7</sup>.

A implementação de estratégias de tecnologia da informação tende a influenciar na otimização da aplicação de vacinas e na redução do desperdício de doses, bem como mitigar falhas e fraudes em filas<sup>8,9</sup>. Com o apoio da tecnologia e com a estruturação desses dados, é possível identificar padrões e comportamentos, possibilitando ao analista e/ou gestor prever determinados cenários e se antecipar aos fatos<sup>10</sup>.

A pandemia da COVID-19 se demonstrou como um catalisador de inovação, modificando profundamente a forma como os produtos vacinais são concebidos, fabricados, testados e entregues<sup>11</sup>. Por isso, o mapeamento de estratégias e experiências, bem como a sua aplicabilidade com uso de tecnologia no contexto de gestão em saúde, é de grande importância, em especial no âmbito da imunização enquanto medida de saúde coletiva<sup>12</sup>.

Diante do exposto, considerando a complexidade da realização da imunização durante a pandemia, bem como a necessidade de melhorias e atualização na gestão de sistemas informatizados de imunização, o presente estudo visa investigar como estratégias de inteligência artificial e *Business Intelligence* têm sido empregados para o incremento da imunização no contexto da pandemia de COVID-19.

## DESENVOLVIMENTO

### Metodologia

Trata-se de uma revisão de literatura integrativa com abordagem qualitativa de natureza metodológica descritiva, a qual utilizou dados secundários provenientes de artigos completos, incluindo periódicos nacionais e internacionais. A pesquisa foi iniciada mediante a formulação da seguinte pergunta norteadora: como a inteligência artificial e o *business intelligence* têm sido empregados para o incremento da imunização?

Para isso, uma estratégia de busca booleana foi desenvolvida utilizando os elementos do modelo PICO (P: população/paciente; I: intervenção/indicador; C: comparador; O: desfecho/outcome) para busca de estudos relevantes à pesquisa. A expressão de busca utilizada foi desenvolvida por meio dos descritores do *Medical Subject Headings* (MeSH) e Descritores em Ciências da Saúde (DeCS). A estratégia de busca desenvolvida incluiu os seguintes descritores: “inteligência artificial”, “*Business Intelligence*” e “imunização” em português; “*artificial intelligence*”, “*Business Intelligence*” e “*immunization*” em inglês; e “*inteligencia artificial*”, “*inteligencia empresarial*” e “*inmunización*” em espanhol. Foram utilizados os operadores booleanos OR e AND.

Foi realizado um levantamento da produção científica que aborda o emprego de estratégias da inteligência artificial e *Business Intelligence* no contexto de imunização nas bases eletrônicas Medline via Pubmed, SciELO e LILACS. Como recorte temporal, foram incluídos artigos publicados entre 2013 e 2023. Quanto ao idioma, consideraram-se artigos publicados em língua portuguesa, inglesa e espanhola.

A pesquisa foi realizada entre os meses de setembro e outubro de 2023. As etapas da revisão foram ilustradas no fluxograma da ferramenta PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)<sup>13</sup>, com apresentação do quantitativo de artigos selecionados em cada etapa.

Na etapa de identificação, a estratégia de busca foi executada nas bases selecionadas, sendo considerados elegíveis os artigos originais de metodologia quantitativa, qualitativa ou quali-quantitativa que apresentaram informações referentes ao assunto abordado.

Os critérios de inclusão consideraram estudos sobre a aplicação ou implementação de estratégias de inteligência artificial ou *Business Intelligence* no contexto da imunização na pandemia de COVID-19 em relação ao gerenciamento de medidas, utilização de algoritmos e melhorias para o acesso, leitura de dados e tomada de decisão, produção e distribuição de imunizantes, além de informação e comunicação em saúde sobre imunização.

Como critérios de exclusão, foram elencados: estudos que não apresentavam texto integral; estudos com animais; e estudos que não abordavam a aplicação de inteligência artificial ou *Business Intelligence* e imunização. Além disso, dissertações, metanálises, teses, resumos de congresso, trabalhos de conclusão de curso, prefácios, entrevistas, resumos e cartas ao editor foram excluídos da pesquisa.

Para a etapa de triagem dos estudos encontrados, ocorreu a conferência em tela do computador dos títulos e resumos, realizada por três revisores (EL, LS e WS), de forma independente. Os estudos que se enquadram nos critérios propostos ou que levantaram questionamentos foram separados para a leitura e análise completa do artigo.

Na etapa da elegibilidade, todos os registros incluídos foram lidos integralmente pelos três revisores. Após a leitura integral, em casos de não conformidade com os critérios de inclusão, houve a exclusão do artigo.

Os dados disponíveis no texto foram extraídos dos artigos, levando em consideração autor, ano de publicação, tipo de delineamento, tema do estudo, país de origem, tipo de tecnologia utilizada, estratégia desenvolvida, atores envolvidos e impactos observados.

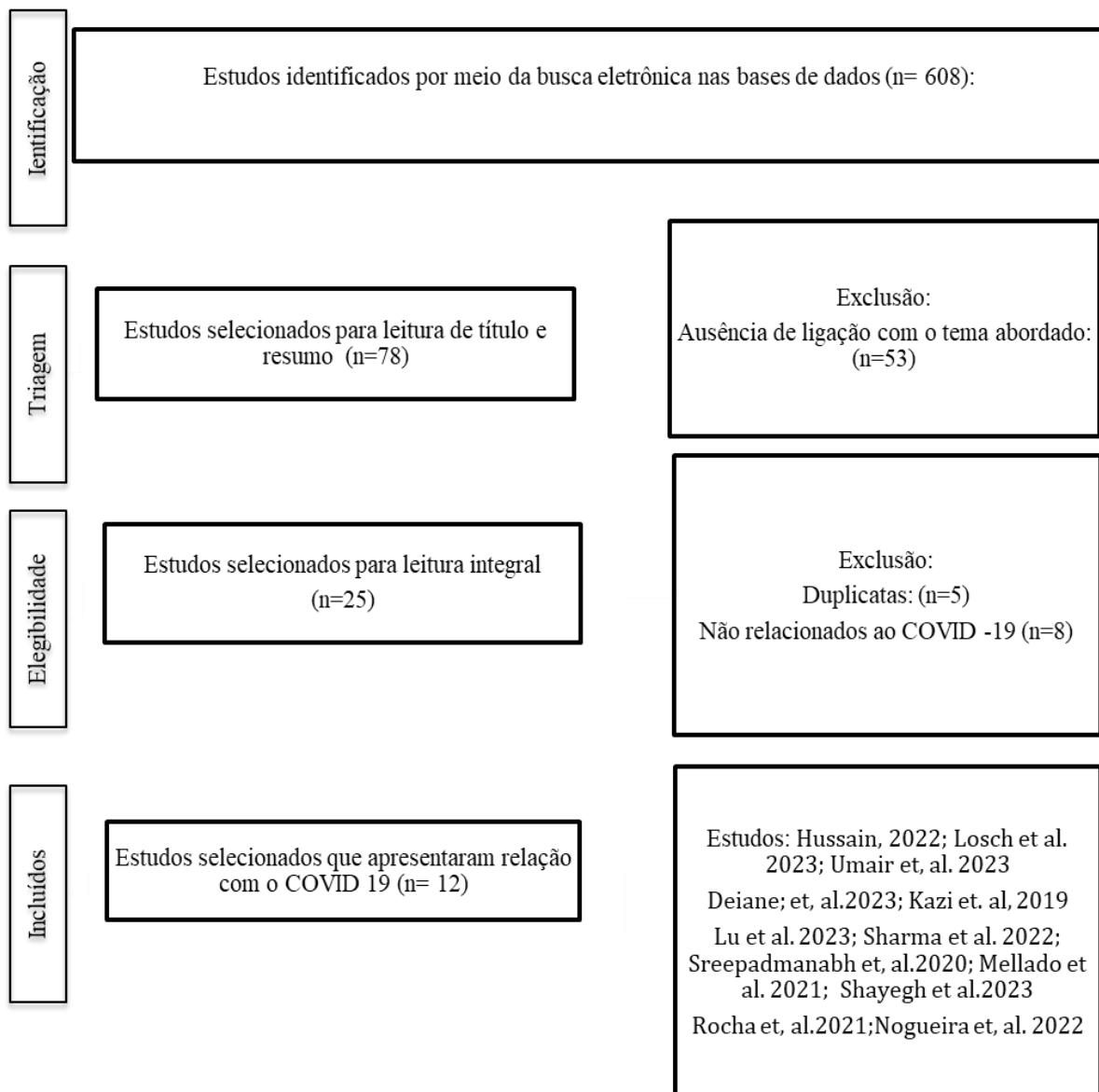
A análise e a interpretação dos dados qualitativos e quantitativos provenientes da revisão integrativa foram realizadas com a organização, classificação e análise final dos dados pesquisados.

Por ser um estudo de caráter documental e, consequentemente, sem o envolvimento direto de seres humanos, esse projeto não apresentou necessidade de encaminhamento para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa, conforme Resolução 196/1996.

## Resultados

A aplicação da expressão de busca nas bases de dados resultou na identificação de 608 artigos. Foram excluídos os achados duplicados, revisões sistemáticas e artigos que não apresentaram manuscrito completo, resultando em 78 artigos selecionados após a leitura do resumo e do título. Desses, 25 artigos estavam de acordo com os critérios de elegibilidade. Foram excluídos 05 artigos duplicados, totalizando 20 artigos para a leitura do texto. Após a leitura integral, 12 artigos foram selecionados por apresentarem relação direta ou indireta com o contexto da COVID-19, conforme fluxograma disposto na Figura 1.

**Figura 1 – Fluxograma do PRISMA com a discriminação da busca, seleção e inclusão dos artigos para a revisão integrativa**



Fonte: elaborado pelos autores (2023)

Após análise, os estudos foram categorizados em três grupos em função dos temas abordados, vinculados ao monitoramento, comunicação em saúde e desenvolvimento de vacinas. A descrição se encontra a seguir:

**Grupo I. Monitoramento:** artigos que utilizaram estratégia de AI e/ou BI para incrementar, desenvolver, monitorar, acompanhar ou organizar dados ligados à imunização.

**Grupo II. Comunicação em saúde:** artigos que abordaram estratégias de AI e/ou BI para estudar, acompanhar ou identificar o efeito da comunicação em saúde no que tange ao compartilhamento de informações em mídias digitais e redes sociais,

conhecimento sobre imunização e efeitos adversos e equívocos sobre o processo de vacinação.

**Grupo III. Desenvolvimento de vacinas:** artigos que apresentaram estratégias de AI e ou BI com o propósito de potencializar ou reduzir tempo de elaboração de vacinas, assim como outros fatores, relacionados à produção de imunizantes em função da pandemia de COVID-19.

Assim, com o agrupamento por temática, o Grupo I concentrou 3 artigos que envolvem inteligência artificial, sendo dois realizados no Brasil; a comunicação em saúde (Grupo II) abordou 5 artigos, desenvolvidos em países do continente europeu e asiático; e a temática relacionada ao desenvolvimento de vacinas (Grupo III) contemplou 4 artigos, produzidos na Índia e na China, todos publicados no período de 2020 a 2023, conforme Quadro 1.

**Quadro 1 – Artigos baseados no uso de estratégias de AI e BI no contexto da imunização**

(continua)

Autores (ano)	Título	Revista	País	Grupo
Mellado <i>et al.</i> <sup>11</sup> (2021)	Leveraging artificial intelligence and Big Data to optimize COVID-19 clinical public health and vaccination roll-out strategies in Africa	International Journal of Environmental Research and Public Health	África do Sul	Monitoramento
Shayegh <i>et al.</i> <sup>14</sup> (2023)	Prioritizing COVID-19 vaccine allocation in resource poor settings: towards an artificial intelligence-enabled and geospatial-assisted decision support framework	PLoS One	Itália	Monitoramento
Rocha <i>et al.</i> <sup>15</sup> (2021)	Plano nacional de vacinação contra a COVID-19: uso de inteligência artificial espacial para superação de desafios	Ciência & Saúde Coletiva	Brasil	Monitoramento
Nogueira <i>et al.</i> <sup>16</sup> (2022)	O uso da inteligência artificial como ferramenta de apoio à gestão das ações em saúde na Secretaria de Estado da Saúde de Goiás	Revista Científica da Escola Estadual Saúde Pública de Goiás Cândido Santiago	Brasil	Monitoramento

(Conclusão)

Autores (ano)	Título	Revista	País	Grupo
Hussain et al. <sup>17</sup> (2022)	Artificial intelligence-enabled social media analysis for pharmacovigilance of COVID-19 vaccinations in the United Kingdom: observational study	JMIR Public Health and Surveillance	Reino Unido	Comunicação em saúde
Lösch et al. <sup>18</sup> (2023)	Capturing emerging experiential knowledge for vaccination guidelines through natural language processing: proof-of-concept study	Journal of Medical Internet Research	Holanda	Comunicação em saúde
Umair, Masciari e Ullah <sup>19</sup> (2023)	Vaccine sentiment analysis using BERT + NBSVM and geo-spatial approaches.	The Journal of Supercomputing	Itália	Comunicação em saúde
Deiana et al. <sup>20</sup> (2023)	Artificial intelligence and public health: evaluating ChatGPT responses to vaccination myths and misconceptions	Vaccines	Itália	Comunicação em saúde
Kazi et al. <sup>21</sup> (2020)	An artificial intelligence-based, personalized smartphone app to improve childhood immunization coverage and timelines among children in Pakistan: protocol for a randomized controlled trial	JMIR Research Protocols	Paquistão	Comunicação em saúde
Lu et al. <sup>22</sup> (2023)	Reinforcement learning relieves the vaccination dilemma	Chaos	China	Desenvolvimento de Vacinas
Sharma et al. <sup>23</sup> (2022)	Artificial intelligence-based data-driven strategy to accelerate research, development, and clinical trials of COVID vaccine	BioMed Research International	Índia	Desenvolvimento de Vacinas
Sreepadmanabh et al. <sup>24</sup> (2020)	COVID-19: advances in diagnostic tools, treatment strategies, and vaccine development	Journal of Biosciences	Índia	Desenvolvimento de vacinas

Fonte: elaborado pelos autores (2023)

Adentrando na categoria de monitoramento (Grupo I), identificaram-se estudos publicados desde 2021 que reportam o uso de estratégias de AI e BI para processamento de linguagem natural<sup>11,14,16</sup>, *machine learning* (ML) e rede neural profunda (RNP)<sup>11</sup>, bem como aplicação de AI atrelada à utilização de recursos espaciais<sup>15</sup> e *big data*<sup>11</sup>.

O artigo de Mellado *et al.*<sup>11</sup>, produzido por pesquisadores de universidades do Canadá e África do Sul e desenvolvida com base em dados de nove países africanos, demonstrou que técnicas e colaborações de *machine learning*, *big data* e inteligência artificial podem ser fundamentais para uma análise precisa, considerando nuances de múltiplas fontes de dados para apoiar a tomada de decisões no âmbito da saúde pública, bem como estratégias de vacinação e a sua implementação.

A fim de identificar e priorizar os grupos-alvo com maior grau de benefício pela vacinação, foi realizado um estudo piloto com a aplicação de algoritmos e modelos de RNP. Os pesquisadores utilizaram dados como idade, comorbidades, etnia, tipo de cuidado prestado e desfecho. O modelo de RNP indicou que, ao vacinar cerca de 20% da população adulta, a probabilidade da doença grave por COVID-19 poderia ser reduzida em valores superiores à 80%<sup>12</sup>.

Assim como Mellado e colaboradores, Shayegh *et al.*<sup>14</sup> também abordaram os impactos na imunização das populações, tendo como referência as disparidades entre países de baixa e média renda. Originado na Itália, o estudo teve como foco a aplicação de estratégias de IA em um país africano: o Quênia. Nesse caso, foi proposto um novo quadro para a atribuição de vacinas contra a COVID-19 com base em três componentes – vulnerabilidade, vacinação e valores (3Vs) –, por meio de uma estrutura para coleta e integração de dados, avaliação de risco e priorização de doses de vacina.

A viabilidade do índice de vulnerabilidade multidimensional foi testada com dados em saúde do Quênia, pela combinação de microdados. A análise dos achados permitiu identificar áreas mais vulneráveis e mais inacessíveis em detrimento da concentração de serviços de saúde. Os autores indicaram que essas ferramentas podem ser integradas em sistemas já existentes, com vistas à tomada de decisões em nível nacional ou local em países em desenvolvimento com acesso limitado a dados de alta qualidade<sup>14</sup>.

Ambientando a discussão sobre o uso de ferramentas de AI voltada para informações geoespaciais no Brasil, o estudo de Rocha *et al.*<sup>15</sup> traz como foco as unidades básicas de saúde do país, a fim de definir mais precisamente a população alvo da vacinação no contexto da COVID-19. Os pesquisadores realizaram um estudo ecológico, tendo como unidade de análise as unidades de saúde cadastradas no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES), visando a agregar informações sobre a população, a situação epidemiológica do COVID-19, o acesso à internet nas salas de vacina e, assim, identificar as regiões prioritárias.

O cruzamento dos dados realizado nesse estudo expôs realidades regionais diferentes e permitiu que os gestores identificassem pontos críticos para o gerenciamento do plano de vacinação. Os autores apontaram regiões onde o registro eletrônico da vacinação demandava atenção, pois os dados apresentavam fragilidades em relação ao acesso à internet nas salas de vacina. Os autores também sugeriram o desenvolvimento de estratégias de vacinação volante em localizações remotas do público da vacinação, distantes das unidades de saúde<sup>15</sup>.

Por fim, abordando BI, o artigo de Nogueira et al.<sup>16</sup> apresentou a FLINK, uma plataforma inteligente utilizada para democratização de dados e indicadores de saúde pela Secretaria de Estado da Saúde de Goiás. A plataforma foi desenvolvida e estruturada com técnicas de inteligência artificial, como sistemas de recomendação e processamento de linguagem natural e o uso da plataforma como ferramenta de apoio aos gestores de saúde no planejamento, avaliação e gestão.

Nesse estudo, um campo de interação disponível é o mapeamento de distribuição geográfica, que possibilita explorar a interface por meio de cortes no cenário estadual, por região de saúde, microrregião e município, permitindo a realização de comparação e indicadores por meio de mapas<sup>16</sup>.

Na categoria de comunicação em saúde (Grupo II), o estudo de Deiana et al.<sup>20</sup> se baseou nos grandes modelos de linguagem, com enfoque no *ChatGPT*, para determinar a assertividade, clareza e complexidade das respostas geradas para perguntas caracterizadas como mitos e equívocos em relação aos processos de vacinação e imunização. Tal procedimento visou a avaliar se essa ferramenta seria capaz de fornecer informações relevantes e corretas em relação à adesão vacinal, indicando a possibilidade da inteligência artificial em auxiliar o fomento da literatura na área da saúde e a redução da hesitação em vacinar.

As respostas avaliadas forneceram informações abrangentes sobre os mitos e equívocos que permeiam a vacinação, sendo representados de maneira comprehensível. No entanto, os avaliadores identificaram algumas imprecisões relacionadas à via de transmissão das doenças, circunstâncias de erradicação, efeitos colaterais e outros aspectos capazes de limitar a transparência das respostas e induzir os usuários a erros de interpretação e visão quanto à imunização<sup>20</sup>.

O estudo de Kazi et al.<sup>21</sup> abordou o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis, com recursos e capacidade para mensagens de texto, voz, imagens e vídeo, relacionado a conteúdos nos domínios de mensagem educacional, lembretes, aspectos religiosos e efeitos adversos. A proposta foi avaliar a aceitabilidade e usabilidade de uma intervenção comportamental personalizada, visando a incrementar as visitas de crianças entre 10 e 14 semanas de vida às unidades de saúde básica e, consequentemente, a cobertura vacinal.

Assim, a inteligência artificial foi empregada de duas formas. Primeiramente, ela foi

aplicada aos dados de base, que norteiam as mensagens de texto automatizadas e a intervenção de chamadas de voz, além do seu uso na árvore de decisão, visando a adequar o sistema para prever a probabilidade de uma família em falhar nas visitas às unidades de saúde. Como resultado, as mensagens de texto foram bem aceitas pelos responsáveis das crianças, havendo um impacto positivo evidenciado na redução significativa das ausências nas datas de retorno por conta dos lembretes frequentes<sup>21</sup>.

Umair, Masciari e Ullah<sup>19</sup> empregaram a técnica de análise por meio da identificação dos sentimentos das pessoas por meio de dados de texto, a fim de obter *insights* com base no *feedback* dos indivíduos. Assim, os autores propuseram o emprego de métodos de IA para classificar tweets sobre vacinação, em especial, contra a COVID-19, com base em seus valores de polaridade, incluindo palavras negativas, positivas e neutras sobre essa temática. Para isso, foi utilizada uma combinação entre as ferramentas BERT (*Bidirectional Encoder Representations for Transformers*) e NBSVM (um híbrido de *Naive Bayes* e *Support Vector Machine*).

Os autores destacaram que a análise de sentimento demonstrou uma baixa disposição para o processo de vacinação. A análise geoespacial dos comentários foi fundamental para indicar as possíveis barreiras, como o acesso às vacinas, incluindo a falta de transporte, longos períodos de espera e dificuldade em agendar consultas<sup>19</sup>.

Hussain *et al.*<sup>17</sup> conduziram um estudo no Reino Unido objetivando avaliar a frequência e a natureza das menções correlatas aos efeitos adversos desenvolvidos após o processo de vacinação presentes nas redes sociais, fornecendo informações a respeito do sentimento do público quanto às vacinas, em especial, contra a COVID-19. Empregou-se um modelo de análise híbrido por meio das ferramentas VADER (*Valence Aware Dictionary for Sentiment Reasoning*) e *TextBlob* pela extração de postagens provindas de duas redes sociais (*Twitter* e *Facebook*).

Dessa forma, o sentimento do público foi categorizado como consistentemente positivo em relação às vacinas, evidenciando o sucesso do processo de imunização no Reino Unido e o reflexo dos anúncios governamentais e políticos. Assim, os autores evidenciaram o potencial das ferramentas de inteligência artificial em analisar os dados provindos de redes sociais, a fim de complementar as fontes de conhecimento convencionais empregadas na farmacovigilância<sup>17</sup>.

Lösch *et al.*<sup>18</sup> também utilizaram dados textuais extraídos das mídias sociais (*Facebook*), assim como de bancos de dados internos do Instituto Nacional de Saúde Pública e Meio Ambiente da Holanda, a fim de coletar conhecimento baseado na experiência dos indivíduos e considerações de valor para tornar as diretrizes de vacinação mais inclusivas e representativas, com desenvolvimento de técnicas de filtragem de processamento de linguagem natural (PNL).

Assim, os autores observaram que as postagens dos usuários apresentaram diversos tipos de dúvidas e preocupações expressas, principalmente, na forma de comentários, enquanto os dados provindos dos bancos de dados internos demonstraram a busca por aconselhamento

sobre questões práticas vinculadas à organização da vacinação. A análise de canais de dados plurais se mostrou essencial à inclusão de uma ampla gama de conhecimentos e considerações de valor baseados na experiência de cidadãos e profissionais<sup>18</sup>.

Na categoria de desenvolvimento de vacinas (Grupo III), o trabalho de Sreepadmanabh *et al.*<sup>24</sup> consistiu em uma revisão de pesquisadores indianos, que reuniu as principais informações sobre as ferramentas para o diagnóstico, tratamento e desenvolvimento de vacinas. Destacou-se o uso de IA e *machine learning* como ferramentas para o trabalho de grandes volumes de informação, aplicadas ao aceleramento de desenvolvimento de vacinas, bem como a sua utilização para a monitorização de surtos, avaliação de impactos de programas de contenção e avaliação de riscos com intervenção humana mínima.

Sharma *et al.*<sup>23</sup> publicaram um relato de experiência que apresentava o papel da IA e de *machine learning* como ferramentas para acelerar o desenvolvimento de vacinas com a tecnologia da vacinologia reserva (RV), para redução do tempo de detecção de antígenos de 5 a 15 anos para 1 a 2 anos. O estudo de Lu *et al.*<sup>22</sup>, desenvolvido por pesquisadores chineses, avaliou a redução da propagação da epidemia mediante a vacinação. Para isso, foi utilizado o modelo de *Bush-Mosteller* (BM), uma metodologia de aprendizagem por reforço que demonstrou a possibilidade de prever vários cenários e, assim, a tomada da melhor decisão de estratégia de vacinação.

## DISCUSSÃO

Em termos de monitoramento de informações e dados, deve-se considerar que a boa utilização dos dados em saúde se apresenta como uma alternativa para superar as ineficiências da assistência à saúde prestada à população<sup>25</sup>, de forma que dados mais precisos, disponíveis durante a fase de planejamento, permitem uma programação mais eficiente dos recursos necessários para a realização do microplanejamento de campanhas<sup>15</sup>.

Há a proposição do uso da IA para mitigar os efeitos dessas disparidades no contexto da imunização. Esse fato se torna ainda mais relevante ao observar que a pandemia de COVID-19 gerou, e ainda provoca, enormes custos sanitários, sociais e econômicos, amplificando as desigualdades e disparidades existentes, além de criar novas<sup>11</sup>.

Os artigos abordados apontam a importância de compreender as vulnerabilidades sociais, visto que a falta de acesso à vacinação durante a pandemia da COVID-19 reflete iniquidades na saúde. Além disso, há uma demanda elevada quanto à utilização desses dados para orientar as decisões da gestão pública da saúde, dado que a pandemia de COVID-19 coincide com uma economia em rápida digitalização e melhorias nos sistemas de vigilância da saúde pública, criando fontes de dados ricas para alimentar aplicações de *big data* e de IA<sup>11</sup>.

A abordagem em nosso país não é diferente, uma vez que somente mediante a correta identificação do público-alvo é possível estimar os recursos necessários e os custos associados à condução das campanhas em saúde<sup>15</sup>. Diante disso, a atenção primária tem destaque, uma vez que as práticas de imunização são importantes atividades da atenção básica ofertada pela Estratégia de Saúde da Família<sup>4</sup>.

Além disso, verifica-se a influência de fatores que contribuem, de forma significativa, para a baixa cobertura vacinal, incluindo o medo de exposição ao vírus nas unidades de saúde, a escassez de profissionais e equipamentos de proteção e o desvio de recursos da saúde para o enfrentamento da pandemia<sup>26,27</sup>. Com isso, o declínio na cobertura vacinal e a recusa em vacinar durante a pandemia podem impactar negativamente a disseminação de uma vacina, propiciando a manutenção do agente viral e dos seus impactos na saúde pública.

As baixas coberturas vacinais também têm relação com a desigualdade geográfica referente à distribuição dos imunobiológicos<sup>28</sup>, aspecto que se intensifica no Brasil, o qual apresenta proporções continentais de território. Por isso, dados espaciais e temporais de alta resolução são uma oportunidade única para desenvolver estratégias transparentes e fiáveis apoiadas pela IA, que podem interoperar com plataformas de dados de saúde existentes e integrar diversas opiniões de especialistas<sup>15</sup>.

Dentre os desafios para a estruturação de campanhas de saúde efetivas, a definição e localização da população-alvo surgem como pontos a serem discutidos<sup>15</sup>. Para além da priorização de grupos e definição de planos, o monitoramento desses dados é fundamental. Por isso, estratégias que permitam a leitura facilitada das informações produzidas no contexto de imunização são de extrema importância.

No caso do Brasil, sistemas como o e-SUS Hospitalar e o e-SUS Atenção Básica vêm viabilizando coleta, atualização e ampliação de dados em saúde de forma eficiente. Paralelamente, o Programa Conecte SUS e a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) vêm promovendo a integração e a interoperabilidade entre os diversos sistemas de informação, contribuindo para uma gestão mais qualificada dos dados clínicos e estímulo à inovação nos serviços de saúde<sup>29</sup>.

No contexto de pandemia, o enfrentamento da emergência de saúde pública frente à COVID-19 foi iniciado com a elaboração o Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação contra a Covid-19, em 2020, que visava ao desenvolvimento de soluções para o planejamento e operacionalização da vacinação contra a doença<sup>30</sup>. Nesse período, a RNDS teve grande importância, pois passou a receber os registros das vacinas de COVID-19 em 2021, conforme Portaria GM/MS nº 69/2021<sup>31</sup>. No ano seguinte, registros de vacinas de rotina foram integrados. Já em 2023, ocorreu a entrada de dados com mais agilidade no tempo médio de realização do registro do vacinado no Sistema de Informações do Programa Nacional de Imunizações (SI-

PNI)<sup>32</sup>.

Observa-se que o mapeamento dos exemplos já registrados na literatura vigente é interessante para replicar para desenvolvimento ou implementação de estratégias de IA e BI para a elaboração de indicadores por outras instituições ou instâncias de gestão. No âmbito da inovação, a RNDS pode figurar como uma fonte massiva de conjuntos de dados para treinamento de algoritmos de IA e desenvolvimento de ferramentas com dados da população brasileira. Isso denota uma contribuição significativa para a criação de ferramentas de IA que funcionem adequadamente para as necessidades específicas do país<sup>32</sup>.

Em termos de comunicação, a inteligência artificial pode ser empregada com dois principais vieses. O primeiro deles corresponde à captação de dados disponíveis em redes sociais, usuários ou profissionais, com abordagem em múltiplos direcionamentos, desde a percepção de sentimentos frente ao processo de vacinação, efeitos colaterais até equívocos vinculados ao processo de imunização geral. O segundo viés estaria relacionado ao desenvolvimento de ferramentas de mídia, visando a facilitar o acesso a informações cruciais sobre a imunização, tendo características personalizadas para potencializar a conscientização dos usuários sobre a importância desses procedimentos, assim como lembretes de datas e disponibilidade, a fim de aumentar a busca por vacinas nas unidades de saúde básica<sup>17,18,19</sup>.

As ferramentas de inteligência artificial desempenham um papel fundamental na extração e refinamento das informações disponíveis no meio digital, sendo realizado de forma ágil e eficiência, possibilitando a redução do tempo em selecionar os dados, possibilitando aos profissionais se dedicarem a análises mais aprofundadas dessas informações<sup>17,19,33</sup>.

Cabe considerar também que os níveis de sentimento frente à imunização no contexto da pandemia de COVID-19 também foram classificados de forma adequada pela inteligência artificial<sup>17,18,19</sup>. Esse processo é extremamente importante para analisar a opinião e as reações dos usuários de saúde, cursando com campanhas de vacinação bem-sucedidas e o aprimoramento de movimentos políticos, tanto na manutenção das estratégias atuais caso os sentimentos sejam positivos, quanto na adoção de novas estratégias a fim de ajustar as condutas em caso de sentimentos negativos<sup>34,35</sup>.

A inteligência artificial aplicada à saúde tanto pode representar benefício potencial para a sociedade quanto riscos para a saúde e, por fim, para os direitos humanos fundamentais<sup>36</sup>. Os achados apontam que as ferramentas de inteligência artificial demonstraram ser úteis no processo de desenvolvimento e divulgação de informações verídicas e simplificadas aos usuários, provindas diretamente das ferramentas digitais<sup>20</sup>. Essas informações demandam utilização cuidadosa e criteriosa, a fim de evitar usos prejudiciais, como ignorar conselhos médicos e questões éticas<sup>37,38</sup>.

Novos estudos ainda precisam ser desenvolvidos a fim de refinar os critérios de

comunicação e minimizar condutas equivocadas por parte dos cidadãos. Para além desse processo de captação e interpretação de dados, a inteligência artificial demonstra ser uma tendência nos próximos anos ao desenvolvimento de aplicativos para incrementar a conscientização da população sobre os aspectos vinculados à imunização<sup>39</sup>.

Com base nisso, a IA possibilita uma melhor distribuição de recursos, pois consegue interligar de forma eficiente a percepção da população perante as suas necessidades e anseios, possibilitando uma melhora da gestão pública. Assim, a inteligência artificial se mostra uma ferramenta extremamente relevante no monitoramento da percepção da população, bem como na busca por novas estratégias para alcançar os usuários de saúde, visando a uma melhor conscientização e potencialização da cobertura vacinal.

No campo do desenvolvimento de vacinas e imunizantes, a IA tem sido aplicada para além do diagnóstico e tratamento em um panorama em que a pandemia trouxe uma grande demanda para produção de vacinas em tempo recorde a fim de salvar vidas<sup>23,24</sup>. Destaca-se a IA como ferramenta importante para o enfrentamento da epidemia global, bem como a sua utilização para a monitorização de surtos, avaliação de impactos de programas de contenção e avaliação de riscos com intervenção humana mínima<sup>24</sup>. As potencialidades da IA podem ser utilizadas como soluções em menor tempo e de forma mais assertiva.

Em um contexto de controle da pandemia pela vacinação e já com experiência consolidada no manejo COVID-19, a tecnologia tem sido amplamente utilizada no desenvolvimento e descoberta de medicamentos e vacinas contra a COVID-19. Os modelos que utilizam IA e ML demonstraram velocidade e otimização na descoberta de novas vacinas<sup>22</sup>.

De uma forma geral, os desafios enfrentados durante a pandemia da COVID-19 proporcionaram a reestruturação dos modelos de vigilância em saúde pública, destacando o potencial da inteligência artificial na identificação de padrões e tendências que possibilitaram respostas mais ágeis. Para isso, foi necessário o fortalecimento da infraestrutura nacional de processamento de dados, incluindo investimentos em equipamentos, conectividade, sistemas organizados e equipes devidamente capacitadas, culminando na disseminação de informações oportunas e de acesso facilitado aos dados epidemiológicos para gestores, profissionais de saúde, pesquisadores, imprensa e sociedade como um todo<sup>40</sup>. No entanto, é importante ressaltar que esse processo é contínuo e deve ser aperfeiçoado de forma progressiva e constante.

Esse estudo apresenta limitações. Os artigos analisados se restringem ao emprego de IA e BI na imunização no contexto do COVID-19. A pandemia de COVID-19 originada do vírus SARS-COV-19 se configurou como uma emergência em saúde pública. Assim, os métodos de manejo clínico, produção de vacinas e medicamentos ocorreram de forma concomitante<sup>41</sup>. Além disso, os efeitos da pandemia ainda não se encerraram, aspecto que pode trazer novos panoramas e criar demandas de saúde pública.

O trabalho em questão tem como ponto positivo a reunião de estudos em diferentes países em três campos diversos, ainda que analisados no panorama da pandemia. Os resultados observados podem servir de referência para o desenvolvimento e implementação de novas estratégias tecnológicas para fortalecer a política de imunização no Brasil.

## CONCLUSÃO

Com base nos estudos analisados, foi possível concluir que tanto a inteligência artificial quanto o *business intelligence* são ferramentas com elevada capacidade de incrementar a imunização em seu ciclo, incluindo a criação de vacinas e a distribuição e manejo de registros em diferentes realidades, baseando-se nas particularidades de cada região. Diante do contexto desafiador imposto pela pandemia de COVID-19, esses recursos permitiram aos gestores identificarem lacunas na cobertura vacinal, estimarem recursos com maior precisão e planejarem campanhas mais efetivas.

Além disso, a aplicação desses recursos no monitoramento de sentimentos e na comunicação com a população se destaca como uma ferramenta inovadora na compreensão das percepções sociais sobre as temáticas correlatas a vacinação. A inteligência artificial, ao captar informações de redes sociais e produzir conteúdos personalizados, favorece o enfrentamento de hesitações vacinais e amplia o engajamento da população, demonstrando-se relevante para a construção de campanhas mais sensíveis às realidades locais e ao combate à desinformação, especialmente em contextos de alta polarização.

Dessa forma, esse cenário reforça a importância da interoperabilidade entre sistemas e do uso qualificado das informações como forma de mitigar desigualdades, otimizar a alocação de recursos e potencializar o alcance das ações em saúde pública. Nesse sentido, a pandemia teve papel provocador para a incorporação dessas tecnologias no âmbito de desenvolvimento de desenvolvimento de imunizantes, comunicação e monitoramento, reafirmando o seu impacto na gestão de crises sanitárias e no avanço da pesquisa biomédica translacional.

Por fim, apesar dos avanços observados, é necessário reconhecer as limitações do uso desses recursos no campo da saúde, especialmente relacionadas à qualidade dos dados, às questões éticas e à necessidade da contínua avaliação dessas ferramentas. O presente estudo aborda evidências internacionais e multidisciplinares, mas destaca que os resultados ainda estão restritos ao contexto da pandemia de COVID-19. Dessa forma, reforça-se a importância de novos estudos, visando à avaliação da sustentabilidade e da aplicabilidade dessas tecnologias em cenários pós-pandêmicos, considerando as particularidades socioeconômicas e regionais, que influenciam diretamente a efetividade das políticas de imunização.

## REFERÊNCIAS

- 1 Zinelli AGV, Marcelino DM, Souza E, Gôes FC, Silva RF, Melo FAO *et al.* Imunização na atenção básica: ações do enfermeiro. *Id on Line Rev Mult Psic* [internet]. 2019 [acesso em 2023 out. 14]; 13(47): 499-507. DOI: <https://doi.org/10.14295/ideonline.v13i47.2104>
- 2 Domingues CM, Fantinato FFST, Duarte D, Garcia LP. Vacina Brasil e estratégias de formação e desenvolvimento em imunizações. *Epidemiol Serv Saúde* [internet]. 2019 [acesso em 2023 out. 16]; 28(2): 20-28. DOI: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742019000200024>
- 3 Sato APS. Programa Nacional de Imunização: sistema informatizado como opção a novos desafios. *Rev Saúde Pública* [internet]. 2015 [acesso em 2023 out. 01]; 49(39): 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2015049005925>
- 4 Silva ABS, Araújo ACM, Santos MCS, Andrade MS, Mendonça RM. Indicadores de cobertura vacinal para classificação de risco de doenças imunopreveníveis. *Rev Bras Promoç Saúde* [internet]. 2019 [acesso em 2023 out. 14]; 32(9285): 1-11. DOI: <https://doi.org/10.5020/18061230.2019.9285>
- 5 Luhm KR, Waldman EA. Sistemas informatizados de registro de imunização: uma revisão com enfoque na saúde infantil. *Epidemiol Serv Saúde* [internet]. 2009 [acesso em 2023 out. 22]; 18(1): 65-78. DOI: <http://doi.org/10.5123/S1679-49742009000100007>
- 6 Oliveira AT, Andrade GP, Santos PRA, Pereira MCA. Prontuário eletrônico educacional em apoio ao ensino dos registros em saúde na atenção primária. *Rev Eletr Comput Apl* [internet]. 2020 [acesso em 2023 nov. 02]; 1(2): 1-31. Disponível em: <https://periodicos.unifacef.com.br/index.php/reca/article/view/2048>
- 7 Soares EVM, Lacerda GWNC, Faria GMS, Teixeira GJ, Oliveira LCV, Inácio RM *et al.* A utilização do BI como ferramenta de gestão para administradores. *Rev Proj Exten* [internet]. 2022 [acesso em 2023 nov. 02]; 2(1): 15-24. Disponível em: <https://periodicos.fapam.edu.br/index.php/RPE/article/view/550/293>
- 8 Costa Filho RV. LARIISA: soluções digitais inteligentes para apoio à tomada de decisão na gestão da Estratégia de Saúde da Família. *Cien Saúde Colet* [internet]. 2021 [acesso em 2023 out. 14]; 26(5): 1701–1712. DOI <https://doi.org/10.1590/1413-81232021265.03382021>
- 9 Ribeiro AOR, Brandalise N, Sabbadini FS, Costa KA. Aplicação de gêmeos digitais na administração financeira pública: um modelo para controle interno na gestão do Programa de Vacinação Brasileiro. *Rev Valore* [internet]. 2022 [acesso em 2023 nov. 02]; 7(e7009): 1-14. DOI: <https://doi.org/10.22408/revat702022892e-7009>
- 10 Pereira DAM; Santos M, Costa DO. Análise da distribuição de vacinas contra o COVID-19 no Cariri Paraibano a partir do desenvolvimento de um dashboard em power BI. *J Arch Health* [internet]. 2021 [acesso em 2023 nov. 02]; 2(3): 430-441. DOI: <https://doi.org/10.46919/archv5n3espec-002>
- 11 Mellado B, Wu J, Kong JD, Bragazzi NL, Asgary A, Kawonga M *et al.* Leveraging artificial intelligence and big data to optimize COVID-19 clinical public health and vaccination roll-out strategies in Africa. *Int J Environ Res Public Health* [internet]. 2021 [acesso em 2023 out. 14]; 18(15): 78-90. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18157890>
- 12 Alonso AD, Kok SK, Bressan A, O'Shea M, Sakellarios N, Koresis A *et al.* COVID-19, aftermath, impacts, and hospitality firms: an international perspective. *Int J Hosp Manag* [internet]. 2020 [acesso em 2023 out. 22]; 91(21): 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102654>
- 13 Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred reporting items

- for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLOS Medicine* [internet]. 2009 [acesso em 2023 out. 14]; 6(7): 1-6.  
 DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- 14 Shayegh S, Andreu-Perez J, Akoth C, Bosch-Capblanch X, Dasgupta S, Falchetta G et al. Prioritizing COVID-19 vaccine allocation in resource poor settings: Towards an Artificial Intelligence-enabled and Geospatial-assisted decision support framework. *PLoS ONE* [internet]. 2023 [acesso em 2023 out. 23]; 18(8): 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275037>
- 15 Rocha TAH, Boitrago GM, Mônica RB, Almeida DG, Silva NC, Silva DM et al. Plano nacional de vacinação contra a COVID-19: uso de inteligência artificial espacial para superação de desafios. *Cienc Saúde Colet* [internet]. 2021 [acesso em 2023 out. 02]; 26(5): 1885–1898. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232021265.02312021>
- 16 Nogueira AR, Tibiraça CAG, Moura PMRL, Marques WS. O uso da inteligência artificial como ferramenta de apoio à gestão das ações em saúde na Secretaria de Estado de Goiás. *Rev Cient Esc Estadual Saúde Pública Goiás "Cândido Santiago"* [internet]. 2022 [acesso em 2023 set. 29]; 8(1): 1-15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22491/2447-3405.2022.V8.80004>
- 17 Hussain Z, Sheikh Z, Tahir A, Dashtipour K, Gogate M, Sheikh A et al. Artificial intelligence-enabled social media analysis for pharmacovigilance of COVID-19 vaccinations in the United Kingdom: observational study. *JMIR Public Health Surveill* [internet]. 2022 [acesso em 2023 set. 29]; 8(5): 1-12. DOI: <https://doi.org/10.2196/32543>
- 18 Lösch L, Zuiderent-Jerak T, Kunneman F, Syurina E, Bongers M, Stein ML et al. Capturing emerging experiential knowledge for vaccination guidelines through natural language processing: proof-of-concept study. *J Med Internet Res* [internet]. 2023 [acesso em 2023 out. 14]; 25(44461): 1-13. DOI: <https://doi.org/10.2196/44461>
- 19 Umair A, Masciari E, Ullah MH. Vaccine sentiment analysis using BERT + NBSVM and geo-spatial approaches. *J Supercomput* [internet]. 2023 [acesso em 2023 out. 10]; 4(8): 1-31. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11227-023-05319-8>
- 20 Deiana G, Dettori M, Arghittu A, Azara A, Gabutti G, Castiglia P. Artificial intelligence and public health: evaluating ChatGPT responses to vaccination myths and misconceptions. *Vaccines* [internet]. 2023 [acesso em 2023 out. 14]; 11(7): 1-19. DOI: <https://doi.org/10.3390/vaccines11071217>
- 21 Kazi AM, Qazi SA, Khawaja S, Ahsan N, Ahmed RM, Sameen F et al. An artificial intelligence-based, personalized smartphone app to improve childhood immunization coverage and timelines among children in Pakistan: protocol for a randomized controlled trial. *JMIR Res Protoc* [internet]. 2020 [acesso em 2023 out. 14]; 9(12): 1-9. DOI: <https://doi.org/10.2196/22996>
- 22 Lu Y, Wang Y, Liu Y, Chen J, Shi L, Park J. Reinforcement learning relieves the vaccination dilemma. *Chaos* [internet]. 2023 [acesso em 2023 out. 12]; 33(7): 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0153951>
- 23 Sharma A, Virmani T, Pathak V, Sharma A, Pathak K, Kumar G et al. Artificial intelligence-based data-driven strategy to accelerate research, development and clinical trials of COVID vaccine. *Biomed Res Int* [internet]. 2022 [acesso em 2023 set. 22]; 2(1): 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7205241>
- 24 Sreepadmanab M, Sahu AK, Chande A. COVID-19: advances in diagnostic tools, treatment strategies, and vaccine development. *J Biosci* [internet]. 2020 [acesso em 2023 out. 23]; 45(1): 141-148. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12038-020-00114-6>
- 25 Gerhardt TE, Pinto JM, Riquinho DL, Roese A, Santos DL, Lima MCR. Utilização de serviços de saúde de atenção básica em municípios da metade sul do Rio Grande do Sul:

- análise baseada em sistemas de informação. Cienc Saúde Colet [internet]. 2011 [acesso em 2023 nov. 23]; 16(1): 1221–1232. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000700054>
- 26 Saxena S, Skirrow H, Bedford H. Routine vaccination during covid-19 pandemic response. BMJ [internet]. 2020 [acesso em 2025 jul. 14], 369(1): 1-2. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.m2392>
- 27 Chandir S, Siddiqi DA, Setayesh H, Khan AJ. Impact of COVID-19 lockdown on routine immunisation in Karachi, Pakistan. Lancet Glob. Health [internet]. 2020 [acesso em 2025 jul. 16], 8(9): 1118–1120. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30290-4](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30290-4)
- 28 Mosser JF. et al. Mapping diphtheria-pertussis-tetanus vaccine coverage in Africa, 2000–2016: a spatial and temporal modelling study. The Lancet. 2019 [acesso em 2023 nov. 23]; 393(10183): 1843-1855. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30226-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30226-0)
- 29 Rachid R, Fornazin M, Castro L, Gonçalves LH, Penteado BE. Saúde digital e a plataformação do Estado brasileiro. Ciênc saúde coletiva [Internet]. 2023 [acesso em 2025 jul. 14], 28(7): 2143–2153. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232023287.14302022>
- 30 Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação contra a Covid-19 [Internet]. Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2022 [acesso em 2025 jul. 30].
- 31 Brasil. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 69, de 14 de janeiro de 2021. Institui a obrigatoriedade de registro de aplicação de vacinas contra a Covid-19 nos sistemas de informação do Ministério da Saúde [internet]. Diário Oficial da União 18 jan 2021 [acesso em 2025 jul.30]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-69-de-14-de-janeiro-de-2021-299306102>
- 32 Falcão MZ, Rachid R, Fornazin M. AI innovation in healthcare and state platforms under a rights-based perspective: the case of Brazilian RNDS. Data & Policy [internet]. 2024 [acesso em 2025 jul. 30]; 6(70): 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1017/dap.2024.70>
- 33 Costa Júnior JF, Lima UF, Leme MD, Moraes LS, Costa JB, Barros DM et al. A inteligência artificial como ferramenta de apoio no ensino superior. Rebena [internet]. 2023 [acesso em 2023 nov. 26]; 6(1): 246–269. Disponível em: <https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/111>
- 34 Praveen SV, Ittamalla R, Deepak G. Analyzing the attitude of Indian citizens towards COVID-19 vaccine - a text analytics study. Diabetes Metab Syndr [internet]. 2021 [acesso em 2023 nov. 23]; 15(2): 595-599. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.02.031>
- 35 Kourlaba G, Kourkouni E, Maistreli S, Tsopela CG, Molocha NM, Triantafyllou C et al. Willingness of Greek general population to get a COVID-19 vaccine. Glob Health Res Policy [internet]. 2021 [acesso em 2023 nov. 02]; 6(1): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41256-021-00188-1>
- 36 Haddad AE, Lima NT. Saúde digital no Sistema Único de Saúde (SUS). Interface (Botucatu) [internet]. 2024 [acesso em 2025 jul. 30]; 28(230597): 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1590/interface.230597>
- 37 Dave T, Athaluri AS, Singh S. ChatGPT in medicine: an overview of its applications, advantages, limitations, future prospects, and ethical considerations. Front Artif Intell [internet]. 2023 [acesso em 2023 nov. 02]; 6(1): 1-5. DOI: <https://doi.org/10.3389/frai.2023.1169595>
- 38 Sallam M, Salim NA, Al-Tammemi AB, Barakat M, Fayyad D, Hallit S et al. ChatGPT output regarding compulsory vaccination and COVID-19 vaccine conspiracy: a descriptive study at the outset of a paradigm shift in online search for information. Cureus [internet]. 2023 [acesso em 2023 nov. 14]; 15(2): 1-16. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.35029>

- 39 Kazi AM, Ahsan N, Khan A, Jamal S, Kalimuddin H, Ghulamhussain N et al. Personalized text messages and automated calls for improving vaccine coverage among children in Pakistan: protocol for a community-based cluster randomized clinical trial. *JMIR Res Protoc* [internet]. 2019 [acesso em 2023 nov. 22]; 8(5): 1-15. DOI: <https://doi.org/10.2196/12851>
- 40 Henriques CMP, Moura NFO, Souza PB. Desafios e lições da pandemia de COVID-19 para a Vigilância em Saúde no Brasil: reflexões sobre tecnologias, modelos e organização do sistema. *Rev Bras Epidemiol* [internet]. 2024 [acesso em 2025 jul. 22]; 27(1): 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-549720240049.2>
- 41 Ramos MC, Gomes DF, Mello NF, Silva EN, Barreto JOM, Shimizu HE. Big data e inteligência artificial para pesquisa translacional na Covid-19: revisão rápida. *Saúde debate* [internet]. 2022 [acesso em 2023 nov. 02] 46(135): 1202-1214. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-1104202213518>

Autoria			
Nome	Afiliação institucional	ORCID 	CV Lattes 
Eduardo Lux	Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)	<a href="https://orcid.org/0000-0002-0039-6573">https://orcid.org/0000-0002-0039-6573</a>	<a href="http://lattes.cnpq.br/0261505305787254">http://lattes.cnpq.br/0261505305787254</a>
Laíla Pereira Gomes da Silva	Fundação Centro Integrado de Apoio à Pessoa com Deficiência (FUNAD)	<a href="https://orcid.org/0000-0001-6202-8226">https://orcid.org/0000-0001-6202-8226</a>	<a href="http://lattes.cnpq.br/9882362433043856">http://lattes.cnpq.br/9882362433043856</a>
Wender Ferreira dos Santos	Fundação Zerbini - Instituto do Coração (InCor)	<a href="https://orcid.org/0000-0003-2279-7594">https://orcid.org/0000-0003-2279-7594</a>	<a href="http://lattes.cnpq.br/6780479393777027">http://lattes.cnpq.br/6780479393777027</a>
Plínio de Sá Leitão Júnior	Universidade Federal de Goiás (UFG)	<a href="https://orcid.org/0000-0002-9082-5393">https://orcid.org/0000-0002-9082-5393</a>	<a href="http://lattes.cnpq.br/4480334653242457">http://lattes.cnpq.br/4480334653242457</a>
<b>Autora correspondente</b>	Eduardo Lux  medvet.elux@gmail.com		

Metadados		
Submissão: 17 de agosto de 2024	Aprovação: 7 de setembro de 2025	Publicação: 18 de novembro de 2025
Como citar	Lux E, Silva LPG, Santos, Leitão Júnior PS. Estratégias de inteligência artificial e Business Intelligence aplicadas à imunização no contexto da pandemia de COVID-19. <i>Rev.APS</i> [Internet]. 2025; 28 (único): e282545641. DOI: <a href="https://doi.org/10.34019/1809-8363.2025.v28.45641">https://doi.org/10.34019/1809-8363.2025.v28.45641</a>	
Cessão de Primeira Publicação à Revista de APS	Os autores mantêm todos os direitos autorais sobre a publicação, sem restrições, e concedem à Revista de APS o direito de primeira publicação, com o trabalho licenciado sob a Licença Creative Commons Attribution (CC-BY), que permite o compartilhamento irrestrito do trabalho, com reconhecimento da autoria e crédito pela citação de publicação inicial nesta revista, referenciando inclusive seu DOI e/ou a página do artigo.	
Conflito de interesses	Sem conflitos de interesses.	
Financiamento	Sem financiamento.	
Contribuições dos autores	Concepção e planejamento do estudo: EL, LPGS, WFS, PSLJ. Busca e revisão de artigos científicos: EL, LPGS, WFS. Elaboração do manuscrito: EL, LPGS, WFS, PSLJ. Revisão do conteúdo: EL, LPGS. Os autores aprovaram a versão final e concordaram com prestar contas sobre todos os aspectos do trabalho.	

[Início](#)