

**Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública
Curso de Especialização em
Economia e Gestão em Saúde**

**Uso da inteligência artificial aplicada ao processo
decisório na alocação de recursos na saúde pública
do Brasil
- Revisão integrativa da literatura -**

Gláucio Nóbrega de Souza

Trabalho de Conclusão do Curso
apresentado a Faculdade de Saúde
Pública da Universidade de São Paulo
como requisito para a obtenção do título de
especialista em Economia e Gestão em
Saúde

Orientadora: Prof. Dra. Jaqueline Vilela
Bulgareli

**São Paulo
2023**

**Uso da inteligência artificial aplicada ao processo
decisório na alocação de recursos na saúde pública
do Brasil**
- Revisão integrativa da literatura -

Gláucio Nóbrega de Souza

Trabalho de Conclusão do Curso
apresentado a Faculdade de Saúde
Pública da Universidade de São Paulo
como requisito para a obtenção do título de
especialista em Economia e Gestão em
Saúde

Orientadora: Prof. Dra. Jaqueline Vilela
Bulgareli

São Paulo

2023

Aos quase 150 milhões de brasileiros que necessitam e dependem exclusivamente do sistema público para seus cuidados em saúde.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me permitido chegar até aqui.

Aos meus pais, começo de tudo.

À minha família, pelo amor incondicional e pela compreensão pelas ausências do convívio familiar.

Aos meus mestres da especialização pela riqueza de conhecimentos transmitidos.

Aos amigos e colegas do curso, pela oportunidade do aprendizado conjunto e pela convivência salutar.

RESUMO

A Constituição Brasileira (1998) expressa o direito e o acesso universal à saúde, mediante políticas sociais e econômicas pelo Estado. Já a Lei 8.080/1990 institui e regulamenta os princípios e as diretrizes do Sistema Único de Saúde (SUS), financiado pelo orçamento da seguridade social. Entretanto, observa-se um processo crescente de subfinanciamento e desfinanciamento da saúde pública no país, agravado pela desoneração fiscal e por critérios não técnicos na alocação dos recursos, bem como por aspectos clínicos e epidemiológicos da população. Paralelamente, o Big Data, novas tecnologias de informação e a inteligência artificial (IA) têm impactado a humanidade, sobretudo o ecossistema da saúde, em setores como gestão, pesquisa e planejamento, hospitalar, diagnóstico, mas também, a alocação de recursos na saúde pública. Em outra vertente, emerge uma nova cultura organizacional, de processos decisórios orientados a partir dos dados, objetivando-se melhorias na eficácia, na equidade e da eficiência dos sistemas e processos organizacionais. Nesse contexto, foi realizada uma revisão integrativa com o objetivo geral de se identificar o que a literatura nacional relata a respeito do uso da IA no suporte ao processo decisório para alocação de recursos na saúde pública brasileira, com trabalhos publicados até 25/03/2023. Como objetivos específicos, foram definidos: a) Identificação das bases de dados em saúde pública atualmente disponíveis e utilizadas no suporte ao processo decisório; b) Investigação sobre quais as principais ferramentas em IA atualmente utilizadas na saúde pública do Brasil, dentro do processo decisório para alocação de recursos públicos; c) Análise e discussão dos resultados e dos impactos assistenciais, gerenciais e financeiros observados, a partir da utilização das ferramentas de IA atualmente utilizadas no processo decisório para alocação de recursos na saúde pública do Brasil. As bases de dados pesquisadas foram: PUBMED, Embase, Scopus, SciELO, Web of Science e BVS. Somente artigos nos idiomas inglês, português ou espanhol, realizados no Brasil, foram selecionados. Foram excluídos editoriais, cartas ao redator, capítulos de livros, revistas e/ou reportagens não científicas, anais de conclave científicos e arquivos sem acesso livre. Os itens-chave definidos foram: Inteligência Artificial (polo fenômeno), Alocação de Recursos/Processo Decisório (polo contexto) e Saúde Pública (polo população). Foram recuperados 223 artigos, dos quais 05 foram selecionados para revisão. Da análise dos artigos selecionados, observam-se experiências pontuais, como o uso de dados e plataformas tecnológicas próprias e públicas de apoio à gestão, com sistemas de recomendação e processamento de linguagem natural para apoio ao planejamento, às ações e à avaliação da gestão, aplicação de algoritmos a imagens de satélite, mapeamento de tendências espaço-temporais, mineração em base de dados em saúde, análises utilizando redes neurais profundas, previsões com base em dados históricos, auxiliando os gestores na tomada de decisão para realocação de recursos hospitalares e otimização das estratégias de controle de enfermidades. Conclui-se que, no Brasil, a IA já obteve progressos a partir do uso das tecnologias vigentes, com iniciativas e programas voltados para gestão, eficiência e otimização dos recursos, mas não se observam políticas de Estado com a IA voltadas para decisões e alocação de recursos públicos em saúde.

Descritores: IA Inteligência Artificial; Técnicas de Apoio para a Decisão; Alocação de Recursos; Alocação de Recursos em Saúde; Saúde Pública.

RESUMEN

La Constitución brasileña (1998) expresa el derecho y el acceso universal a la salud, a través de políticas sociales y económicas del Estado. La Ley 8080/1990 establece y reglamenta los principios y lineamientos del Sistema Único de Salud (SUS), financiado por el presupuesto de la seguridad social. Sin embargo, existe un proceso creciente de subfinanciamiento y desfinanciamiento de la salud pública en el país, agravado por la desgravación fiscal y por criterios no técnicos en la asignación de recursos, así como por aspectos clínicos y epidemiológicos de la población. Al mismo tiempo, el Big Data, las nuevas tecnologías de la información y la inteligencia artificial (IA) han impactado a la humanidad, especialmente al ecosistema de la salud, en sectores como la gestión, la investigación y la planificación, el hospital, el diagnóstico, pero también la asignación de recursos en salud pública. Por otro lado, surge una nueva cultura organizacional de procesos de toma de decisiones orientados por datos, objetivándose (o evidenciándose) en la mejora de la eficacia, equidad y eficiencia de los sistemas y procesos organizacionales. En este contexto, se realizó una revisión integrativa, con el objetivo general de identificar lo que la literatura nacional informa sobre el uso de la IA en el apoyo al proceso de toma de decisiones para la asignación de recursos en la salud pública brasileña, con trabajos publicados hasta el 25/03/2023. Como objetivos específicos se definieron los siguientes: a) Identificación de las bases de datos de salud pública actualmente disponibles y utilizadas para apoyar el proceso de toma de decisiones; b) Investigación sobre las principales herramientas de IA utilizadas actualmente en salud pública en Brasil, dentro del proceso de toma de decisiones para la asignación de recursos públicos; c) Análisis y discusión de los resultados y de los impactos asistenciales, gerenciales y financieros observados, a partir del uso de herramientas de IA actualmente utilizadas en el proceso de toma de decisiones para la asignación de recursos en salud pública en Brasil. Las bases de datos consultadas fueron: PUBMED, Embase, Scopus, SciELO, Web of Science y BVS. Fueron seleccionados solamente artículos en inglés, portugués o español, realizados en Brasil. Se excluyeron editoriales, cartas al editor, capítulos de libros, revistas y/o informes no científicos, anales de reuniones científicas y archivos sin libre acceso. Los ítems clave definidos fueron: Inteligencia Artificial (polo de fenómenos), Asignación de Recursos/Proceso de Toma de Decisiones (polo de contexto) y Salud Pública (polo de población). Se recuperaron 223 artículos, de los cuales 05 fueron seleccionados para revisión. A partir del análisis de los artículos seleccionados, se observan experiencias específicas, como el uso de datos y plataformas tecnológicas privadas y públicas para apoyar la gestión, con sistemas de recomendación y procesamiento de lenguaje natural para apoyar la planificación, acciones y evaluación de la gestión, aplicación de algoritmos a imágenes satelitales, mapeo de tendencias espacio-temporales, minería en bases de datos de salud, análisis mediante redes neuronales profundas, predicciones basadas en datos históricos, ayuda a los gerentes en la toma de decisiones para reasignación de recursos hospitalarios y optimización de estrategias de control de enfermedades. Se concluye que, en Brasil, la IA ya obtuvo avances a partir del uso de las tecnologías actuales, con iniciativas y programas dirigidos a la gestión, eficiencia y optimización de los recursos, pero no existen políticas de Estado con IA dirigidas a decisiones y asignación de recursos públicos en salud.

Palabras-claves: Inteligência Artificial; Técnicas de Apoyo para la Decisión; Asignación de Recursos; Asignación de Recursos para la Atención de Salud; Salud Pública.

ABSTRACT

The Brazilian Constitution (1998) expresses the right and universal access to health, through social and economic policies by the State. Law 8080/1990 establishes and regulates the principles and guidelines of the Unified Health System (SUS), financed by the social security budget. However, there is a growing process of underfunding and defunding of public health in the country, aggravated by tax relief and by non-technical criteria in the allocation of resources, as well as by clinical and epidemiological aspects of the population. In parallel, Big Data, new information technologies and artificial intelligence (AI) have impacted humanity, especially the health ecosystem, in sectors such as management, research and planning, hospitals, diagnosis, but also the allocation of resources in public health. In another aspect, a new organizational culture emerges, of data-oriented decision-making processes, with the aim of improving the effectiveness, equity and efficiency of organizational systems and processes. In this context, an integrative review was carried out with the general objective of identifying what the national literature reports about the use of AI in support of the decision-making process for resource allocation in Brazilian public health, with studies published until 03/25/2023. As specific objectives, the following were defined: a) Identification of public health databases currently available and used to support the decision-making process; b) Investigation on the main AI tools currently used in public health in Brazil, within the decision-making process for the allocation of public resources; c) Analysis and discussion of the results and the assistential, managerial and financial impacts, based on the use of AI tools currently used in the decision-making process for the allocation of resources in public health in Brazil. The searched databases were: PUBMED, Embase, Scopus, SciELO, Web of Science and BVS. Only articles in English, Portuguese or Spanish, carried out in Brazil, were selected. Editorials, letters to the editor, book chapters, magazines and/or non-scientific reports, annals of scientific meetings and archives without free access were excluded. The key items defined were: Artificial Intelligence (phenomenon pole), Resource Allocation/Decision-making (context pole) and Public Health (population pole). A total of 223 articles were retrieved, of which 05 were selected for review. From the analysis of selected articles, specific experiences are observed, such as the use of data and public and proprietary technological platforms to support management, with recommendation systems and natural language processing to support planning, actions and management evaluation, application of algorithms to satellite images, mapping of spatio-temporal trends, mining in health databases, analyzes using deep neural networks, predictions based on historical data, assisting managers in decision-making for reallocating hospital resources and optimizing disease control strategies. It is concluded that, in Brazil, AI has already made progress from the use of current technologies, with initiatives and programs focused on management, efficiency and optimization of resources, but there are no State policies with AI focused on decisions and allocation of public resources in health.

Keywords: Artificial Intelligence; Decision Support Techniques; Health Resources Allocation; Efficiency, Organizational; Public Health Administration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma Prisma.....	19
--	-----------

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Sintaxes de pesquisa utilizadas nas bases de dados científicas.....	15
Quadro 2 – Artigos incluídos para análise final.....	20
Quadro 3 – Síntese dos artigos incluídos na seleção final.....	21

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	METODOLOGIA	133
3	RESULTADOS.....	Erro! Indicador não definido.0
4	DISCUSSÃO	Erro! Indicador não definido.
5	CONCLUSÕES	Erro! Indicador não definido.31
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

As novas tecnologias de informação, a internet das coisas (IoT) e, sobretudo, a inteligência artificial, ao lado do *Big Data*, têm impactado firmemente a humanidade nas últimas décadas, através de soluções e de inovações nos processos, em todos as áreas, seja no agronegócio, no sistema financeiro e bancário, na indústria, no marketing, mas, sobretudo, no amplo ecossistema da saúde (1-4).

Marcos relevantes na história da Inteligência Artificial (IA) foram assinalados a partir da década de 50, quando, em artigo científico publicado por Alan Turing, denominado *Computing Machinery and Intelligence*, o autor aborda a construção de máquinas e como testar a sua inteligência, dentro do que ficou conhecido com teste de Turing (5). Ainda na década de 50, é também atribuído a dois autores, John McCarthy e Marvin Minsky, quando organizaram a conferência *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (DSRPAI)*, ocasião em que foi apresentado o *Logic Theorist*, o primeiro programa desenvolvido para simular ações humanas na resolução de problemas, tendo-se utilizado, a partir desse período, o termo Inteligência Artificial (6). Por seu turno, mais recentemente, no ano de 2017, Andrew Ng afirma que a inteligência artificial terá o mesmo impacto sobre a humanidade que teve a eletricidade há 100 anos (7).

A inteligência artificial impacta, indubitavelmente, todas as áreas da sociedade hodierna. Por seu turno, a saúde, por todas as suas peculiaridades e todo o seu potencial, é um dos segmentos mais beneficiados pela IA, a partir de técnicas de *machine learning* (aprendizagem de máquina) e *deep learning* (aprendizagem profunda), e suas diversas aplicações, seja na gestão, na pesquisa, no planejamento, na área hospitalar (com todos os seus processos), nos diagnósticos médicos assistidos por IA, sobretudo na imagiologia, nas análises preditivas com diagnóstico precoce, na redução da morbimortalidade das doenças, na cirurgia robótica, com os auxiliares virtuais de enfermagem, na descoberta de novas drogas, na detecção de fraudes e na segurança de dados médicos, bem como na alocação de recursos na saúde, dentre algumas dezenas de aplicações possíveis da IA na Saúde (1,8,9).

A IA encontra nos dados o seu principal combustível. Por seu turno, e conforme o *Social Good Brasil – SGB*, o volume de dados criado nos últimos anos já é maior do que toda a quantidade produzida na história da humanidade (10). Já segundo a

International Business Machines (IBM), no ano 2012, 90% de todos os dados presentes no mundo, àquela época, teriam sido criados nos últimos dois anos (11).

Os dados são assim considerados nos dias de hoje, segundo artigo publicado pela revista *The Economist*, em 2017 como o novo petróleo (12). A saúde é a geradora de cerca de 35% dos dados atualmente existentes, caracterizando-se, destarte, como efetivamente uma das áreas mais impactadas pelo uso da IA (13,14).

Em outra vertente, e considerando o gigantesco volume de dados gerados e disponibilizados atualmente em todo o mundo, por todos os segmentos, e sobretudo a partir do amplo ecossistema da saúde, têm sido adotada, modernamente, nos mais diversos segmentos da sociedade, a cultura denominada de *data-driven decisions*, ou seja, de processos organizacionais, decisórios, orientados a dados (15).

Nesse entendimento, e dentro do que prevê a Carta Magna Brasileira no seu Artigo 196 "...A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação" (16), o uso inteligente desse universo de dados pode trazer, inquestionavelmente, contribuições para melhoria da eficácia, da equidade e da eficiência dos sistemas e dos processos em saúde, sobretudo no que diz respeito à alocação dos recursos com vistas à melhoria da saúde da população, mormente considerando o subfinanciamento e desfinanciamento a que vem sendo submetida a saúde pública brasileira nas últimas décadas (17).

No Brasil, a IA já tem obtido alguns progressos dentro de um amplo contexto no que concerne ao uso de tecnologias vigentes, a exemplo da definição da Estratégia Brasileira em Inteligência Artificial pelo Governo Federal (18) e, na saúde, iniciativas buscando melhorias na administração da saúde pública brasileira, voltadas para gestão, eficiência e otimização dos recursos, têm sido também aplicadas, a exemplo do Conecte SUS e do Projeto e-SUS AB, ao lado de pesquisas como a TIC Saúde, do Cetic.br, que, já a partir de 2013, "analisa a inserção dessas tecnologias na saúde", conforme relata em sua pesquisa Lemes e Lemos (2020) (19).

Não obstante, observa-se ainda que, no Brasil, um país com dimensões continentais, com desigualdades socioeconômicas profundas e distintos perfis de morbimortalidade das doenças, não há, efetivamente, uma política de Estado bem definida e consolidada de decisões e alocação de recursos públicos a partir dos dados,

ormente em saúde, a despeito de um gigantesco conjunto de bases de informações existente.

Com efeito, assinala-se que, atualmente, a distribuição desses recursos sinaliza fortemente para critérios decisórios não técnicos, políticos (20). Agrava-se esse quadro a partir de um rol de necessidades crescentes da população por acesso à saúde, sobretudo com o período pandêmico e pós-pandêmico, e, em outra vertente, à queda vertiginosa de recursos destinados à saúde, com o subfinanciamento e desfinanciamento vigentes, agravados por mudanças no perfil de morbimortalidade das doenças no Brasil, e pelo envelhecimento da população (21,22).

Nesse contexto, será realizada uma revisão integrativa e uma análise descritiva sobre o que a literatura científica nacional relata sobre o uso da inteligência artificial no suporte ao processo decisório para alocação de recursos na saúde pública brasileira, a partir dos dados atualmente disponíveis e publicados.

2 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, no período compreendido entre 01/03/2023 e 25/03/2023. A pesquisa obedeceu às seguintes etapas em todo o processo:

- a) definição pelo autor e orientador do tema a ser pesquisado, conforme as diretrizes e as linhas de pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e do Curso de Especialização em Economia e Gestão em Saúde;
- b) elaboração de pergunta de pesquisa;
- c) definição dos critérios de inclusão e exclusão dos estudos;
- d) coleta dos dados nas principais bases de dados em saúde disponíveis;
- e) avaliação dos estudos recuperados;
- f) análise e interpretação dos resultados dos estudos selecionados;
- g) apresentação e publicação dos resultados da pesquisa.

A revisão procurou responder ao seguinte questionamento de pesquisa: “O que a literatura científica apresenta sobre o uso da inteligência artificial no suporte ao processo decisório para alocação de recursos na saúde pública no Brasil?”.

Na etapa dos critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos, foram buscados artigos científicos nas bases de dados PUBMED (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>),

Embase (<https://www.embase.com/>), Scopus (<https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>), SciELO (<https://www.scielo.br/>), Web of Science (<https://clarivate.com/webofsciencegroup/campaigns/web-of-science-base-de-dados-de-citacao-global-independente-mais-confiavel-do-mundo/>) e BVS (<https://bvsalud.org/>). Foram selecionados somente artigos no idioma inglês, português e espanhol, publicados nas bases acima mencionadas, até a data especificada (25/03/2023), e que atendam à pergunta de pesquisa ou que a contextualizem, com trabalhos realizados exclusivamente no Brasil. Como critérios de exclusão para os artigos científicos recuperados, foram eliminados editoriais, cartas aos redatores, capítulos de livros, revistas e/ou reportagens não científicas, anais de conclave científicos e arquivos sem acesso livre.

A partir dos Descritores em Ciências da Saúde (Decs: <http://decs.bvs.br/>) e do Medical Subject Headings (Mesh: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/>), considerou-se como itens chaves definidas para esta revisão: Inteligência Artificial (polo fenômeno), Alocação de Recursos/Processo Decisório (polo contexto) e Saúde Pública (polo população). A partir de cada item chave foram recuperados os seguintes descritores: Inteligência Artificial: “IA Inteligência Artificial”, “Inteligência de Máquina”, “Raciocínio Automático” e “Raciocínio Computacional”; para os itens-chaves Processo Decisório e Alocação de Recursos, foram recuperados os seguintes descritores: “Técnicas de Apoio para a Decisão”, “Análise de Decisão”, “Modelagem de Decisão”, “Modelos de Suporte à Decisão”, “Suporte à Decisão”, “Decisão”, “Alocação de Recursos para a Atenção à Saúde”, “Eficiência na Alocação”, “Eficiência na Alocação de Recursos”, “Alocação de Recursos em Saúde”, “Alocação de Recursos para os Cuidados de Saúde”, “Distribuição de Recursos para Cuidados de Saúde”, “Equidade na Distribuição e Uso dos Recursos”, “Equidade na Alocação de Recursos Alocação de Recursos”, “Eficiência na Alocação”, “Eficiência na Alocação de Recursos” e “Realocação de Recursos”. Já para o item-chave Saúde Pública, foram definidos os seguintes descritores: “Saúde Coletiva”, “Saúde Pública”, “Saúde da Comunidade”, “Saúde Coletiva”, “Saúde Comunitária”. Operadores booleanos “OR” e “AND” foram utilizados dentro de um mesmo item chave e entre os itens chaves, respectivamente. Como Mesh Terms (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/>) foram recuperados os seguintes descritores, nos respectivos itens-chaves: Inteligência Artificial: “artificial intelligence”; Processo Decisório e Alocação de Recursos: “Decision Support

Techniques”, “Resource Allocation”, “Health resources Allocation”, “health resources administration”, “Health resources”, “Pay Equity”, “Efficiency”, “Efficiency, Organizational” e “Health Care Economics and Organizations”. Para Saúde Pública: “Public Health Administration”, “Community Health Services”. Da mesma forma, os operadores booleanos “OR” e “AND” foram igualmente utilizados dentro de um mesmo item chave e entre os itens chaves, respectivamente. Os descritores no idioma português foram utilizados nas seguintes bases de dados: BVS e SciELO. Os descritores em inglês foram utilizados nas seguintes bases de dados: PUBMED, Web of Science, Scopus e EMBASE. Para base de dados PUBMED foi excluída a sintaxe dos descritores de Saúde Pública, pois ao ser incluída não se obteve recuperação de artigos. Na base de dados SciELO, na construção da sintaxe de busca, ao selecionarmos os quatro grupos de sintaxe de pesquisa conforme discriminados abaixo, não foram obtidos retorno de artigos científicos. Nesse sentido, foi optado pela combinação das sintaxes aos pares, conforme também discriminado no Quadro 1, tendo sempre como expressão principal de busca o descritor “inteligência artificial”. Por seu turno, na base de dados Web of Science foi excluída a sintaxe “Community Health Services” OR “Public Health Administration”, uma vez que, ao incluí-la não se obteve recuperação de artigos.

Quadro 1 - Sintaxes de pesquisa utilizadas nas bases de dados científicas.

BASE DE DADOS: PUBMED
<p>SINTAXE COMPLETA</p> <p>("artificial intelligence"[All Fields] AND ("Decision Support Techniques"[All Fields] OR "Resource Allocation"[All Fields] OR "Health resources Allocation"[All Fields] OR "health resources administration"[All Fields] OR "health resources"[All Fields] OR "pay equity"[All Fields]) AND ("efficiency"[All Fields] OR "efficiency organizational"[All Fields] OR "Health Care Economics and Organizations"[All Fields]))</p>
BASE DE DADOS: BVS
<p>SINTAXE COMPLETA</p> <p>("INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL") AND (((Técnicas de Apoio para a Decisão) OR (Análise de Decisão) OR (Modelagem de Decisão) OR (Modelos de Suporte à Decisão) OR (Suporte à Decisão) OR (Alocação de Recursos para a Atenção à Saúde) OR (Eficiência na Alocação) OR (Alocação de Recursos em Saúde) OR (Eficiência na Alocação de Recursos) OR (Alocação de Recursos para os Cuidados de Saúde) OR (Distribuição de Recursos para Cuidados de Saúde) OR (Equidade na Distribuição e Uso dos Recursos) OR (Equidade na Alocação de Recursos) OR (Alocação de Recursos) OR (Eficiência na Alocação) OR (Realocação de Recursos)))) AND</p>

((((Saúde Coletiva) OR (Saúde Pública) OR (Saúde da Comunidade) OR (Saúde Comunitária))))

BASE DE DADOS: EMBASE

SINTAXE COMPLETA

('artificial intelligence'/exp OR 'artificial intelligence') AND ('decision support system'/exp OR 'decision support system' OR 'resource allocation' OR 'health resources allocation' OR 'health resources administration' OR 'health care resources' OR 'pay equity' OR 'organizational efficiency' OR 'health care economics and organizations') AND ('community care' OR 'public health service')

BASE DE DADOS: SciELO

SINTAXE 01

(Inteligência Artificial)

SINTAXE 02

(Técnicas de Apoio para a Decisão) OR (Análise de Decisão) OR (Modelagem de Decisão) OR (Modelos de Suporte à Decisão) OR (Suporte à Decisão)

SINTAXE 03

(Alocação de Recursos para a Atenção à Saúde) OR (Eficiência na Alocação) OR (Alocação de Recursos em Saúde) OR (Eficiência na Alocação de Recursos) OR (Alocação de Recursos para os Cuidados de Saúde) OR (Distribuição de Recursos para Cuidados de Saúde) OR (Equidade na Distribuição e Uso dos Recursos) OR (Equidade na Alocação de Recursos) OR (Alocação de Recursos) OR (Eficiência na Alocação) OR (Realocação de Recursos)

SINTAXE 04

(Saúde Coletiva) OR (Saúde Pública) OR (Saúde da Comunidade)
OR
(Saúde Comunitária)

SINTAXE COMPLETA

("INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL") AND (((Técnicas de Apoio para a Decisão) OR (Análise de Decisão) OR (Modelagem de Decisão) OR (Modelos de Suporte à Decisão) OR (Suporte à Decisão) OR (Alocação de Recursos para a Atenção à Saúde) OR (Eficiência na Alocação) OR (Alocação de Recursos em Saúde) OR (Eficiência na Alocação de Recursos) OR (Alocação de Recursos para os Cuidados de Saúde) OR (Distribuição de Recursos para Cuidados de Saúde) OR (Equidade na Distribuição e Uso dos Recursos) OR (Equidade na Alocação de Recursos) OR (Alocação de Recursos) OR (Eficiência na Alocação) OR (Realocação de Recursos)))) AND (((Saúde Coletiva) OR (Saúde Pública) OR (Saúde da Comunidade) OR (Saúde Comunitária))))

“Na construção da sintaxe de busca, ao serem selecionados os quatro grupos de sintaxe de pesquisa conforme discriminados abaixo, não foi obtido retorno de artigos científicos na base de dados especificada. Foi optado então por combinação das sintaxes aos pares, conforme discriminadas abaixo, tendo-se sempre como expressão principal de busca, o descritor “inteligência artificial”.

COMBINANDO AS SINTAXES

SINTAXE 01 e SINTAXE 02.

((Inteligência Artificial)) AND ((Técnicas de Apoio para a Decisão) OR (Análise de Decisão) OR (Modelagem de Decisão) OR (Modelos de Suporte à Decisão) OR (Suporte à Decisão))

SINTAXE 01 e SINTAXE 03.

((Inteligência Artificial)) AND ((Alocação de Recursos para a Atenção à Saúde) OR (Eficiência na Alocação) OR (Alocação de Recursos em Saúde) OR (Eficiência na Alocação de Recursos) OR (Alocação de Recursos para os Cuidados de Saúde) OR (Distribuição de Recursos para Cuidados de Saúde) OR (Equidade na Distribuição e Uso dos Recursos) OR (Equidade na Alocação de Recursos) OR (Alocação de Recursos) OR (Eficiência na Alocação) OR (Realocação de Recursos))

SINTAXE 01 e SINTAXE 04.

((Inteligência Artificial)) AND ((Saúde Coletiva) OR (Saúde Pública) OR (Saúde da Comunidade) OR (Saúde Comunitária))

SINTAXE 01, 02, 03 e 04.

("INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL") AND (((Técnicas de Apoio para a Decisão) OR (Análise de Decisão) OR (Modelagem de Decisão) OR (Modelos de Suporte à Decisão) OR (Suporte à Decisão) OR (Alocação de Recursos para a Atenção à Saúde) OR (Eficiência na Alocação) OR (Alocação de Recursos em Saúde) OR (Eficiência na Alocação de Recursos) OR (Alocação de Recursos para os Cuidados de Saúde) OR (Distribuição de Recursos para Cuidados de Saúde) OR (Equidade na Distribuição e Uso dos Recursos) OR (Equidade na Alocação de Recursos) OR (Alocação de Recursos) OR (Eficiência na Alocação) OR (Realocação de Recursos)))) AND (((Saúde Coletiva) OR (Saúde Pública) OR (Saúde da Comunidade) OR (Saúde Comunitária)))
(n=0)

BASE DE DADOS: SCOPUS

SINTAXE COMPLETA

"artificial intelligence"
AND
"Decision Support Techniques" OR "Resource Allocation" OR "Health resources Allocation" OR "health resources administration" OR "health resources" OR "pay equity" OR "efficiency" OR "Efficiency, Organizational" OR "Health Care Economics and Organizations"
AND
"Community Health Services" OR "Public Health Administration"

BASE DE DADOS: WEB OF SCIENCE

SINTAXE COMPLETA

"artificial intelligence"
AND
"Decision Support Techniques" OR "Resource Allocation" OR "Health resources Allocation" OR "health resources administration" OR "health resources" OR "pay equity" OR "efficiency" OR "Efficiency, Organizational" OR "Health Care Economics and Organizations"

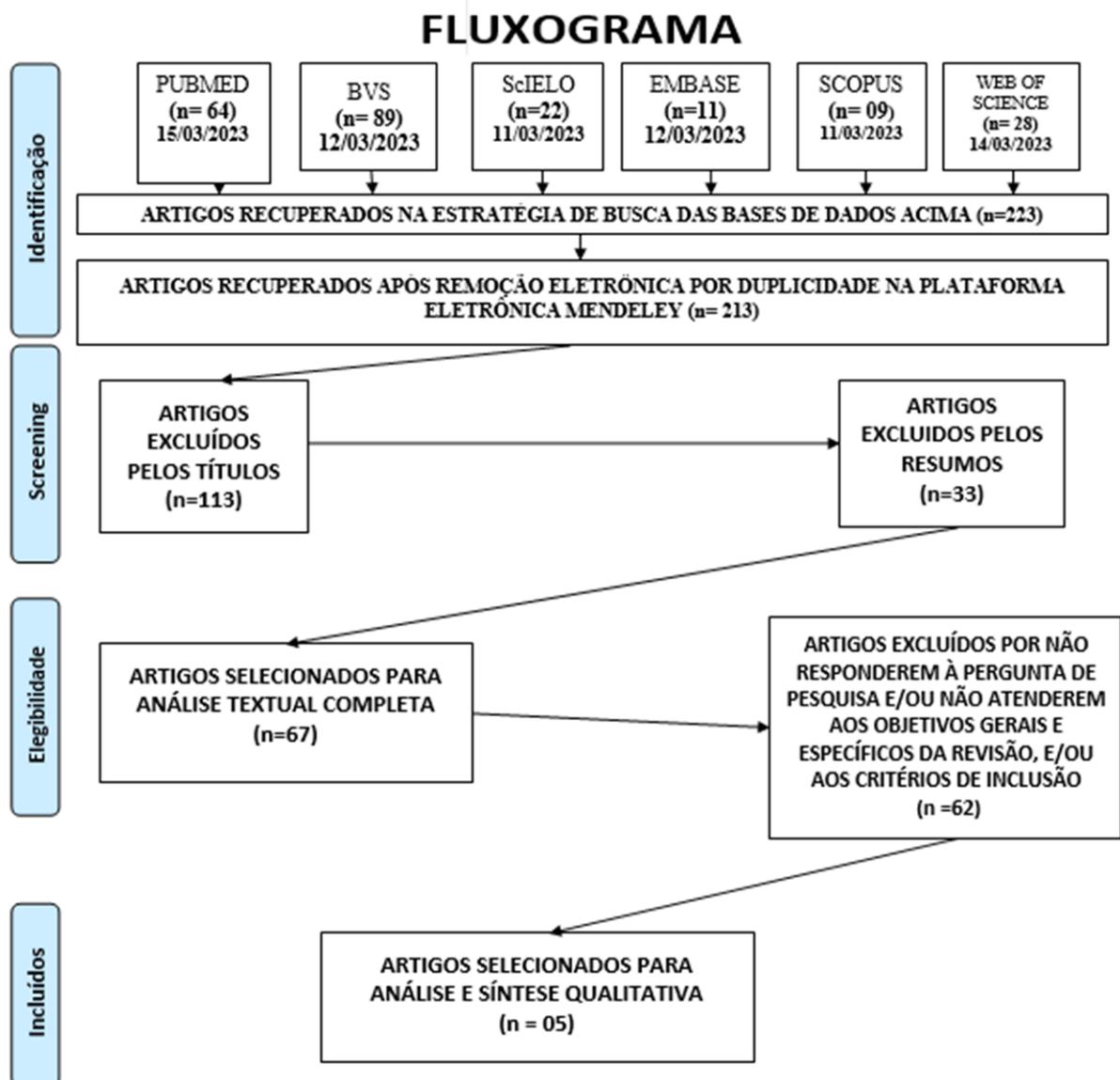
Foi excluída a SINTAXE abaixo, pois ao incluí-la não havia recuperação de artigos:

“Community Health Services” OR “Public Health Administration”

Fonte: Autores (2023).

Após o término da construção da sintaxe final, foi adotado o processo de seleção dos artigos recuperados, conforme o fluxograma Prisma abaixo demonstrado:

Figura 01 - Fluxograma PRISMA.



Fonte: Autores (2023).

Os dados da pesquisa foram disponibilizados em repositório de dados abertos, podendo ser acessados através do link:

<<https://drive.google.com/drive/folders/1rPUep68KWeKCYSv96DJe7ID4L4jEKzpG?usp=sharing>>. Para garantir a qualidade do presente artigo, foi utilizado o procedimento técnico de metodologia de pesquisa - indicativos de qualidade para artigos de Revisão Integrativa, como ferramenta de apoio na elaboração do artigo (23).

3 RESULTADOS

Após atender aos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 05 artigos para integrarem a revisão, elencados abaixo, por autor(es), ano, título e periódico publicado (Quadro 2),

Quadro 2 - Artigos incluídos para análise final.

Autor(es)	Ano	Título	Periódico
Souza Jr. GN de, Braga M de B, Rodrigues LLS, Fernandes R da S, Ramos RTJ, Carneiro AR, et al.	2021	Boletim COVID-PA: relatos sobre projeções baseadas em inteligência artificial no enfrentamento da pandemia de COVID-19 no estado do Pará	Epidemiol. Serv. Saúde 30 (4) • 2021
Malucelli A, Stein Junior A von, Bastos L, Carvalho D, Cubas MR, Paraíso EC.	2010	Classificação de microáreas de risco com uso de mineração de dados	Rev Saúde Pública 2010;44(2):292-300
Vianna RCXF, Moro CMC de B, Moysés SJ, Carvalho D, Nievola JC.	2010	Mineração de dados e características da mortalidade infantil.	Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 26(3):535-542.
Nogueira AR, Tibiriça CAG, Moura PMRL, Marques WS.	2022	O uso da inteligência artificial como ferramenta de apoio à gestão das ações em saúde na secretaria de estado da saúde de Goiás	RevCient Esc Estadual Saúde Pública Goiás "Cândido Santiago". 2022;8(e80004):1-15

Rocha TAH, Boitrigo GM, Mônica RB, Almeida DG de, Silva NC da, Silva DM, et al.	2021	Plano nacional de vacinação contra a COVID-19: uso de inteligência artificial espacial para superação de desafios	Ciênc saúde coletiva [Internet]. 2021 May;26(Ciênc. saúde coletiva, 2021 26(5)):1885–98.
--	------	---	---

Fonte: Autores (2023).

No processo de análise dos dados dos artigos selecionados (n=05), o quadro síntese foi elaborado atentando para pergunta de pesquisa e para os objetivos geral e específicos, respectivamente descritos, e que incluem: autor (ano de publicação), base de dados em saúde utilizada no estudo, ferramentas de inteligência artificial aplicadas no estudo e impactos gerenciais, e/ou assistenciais e/ou financeiros na saúde após a utilização da inteligência artificial.

Quadro 3 - Síntese dos artigos incluídos na seleção final.

Autor/ano	Bases de dados	Ferramentas de Inteligência Artificial	Impactos na saúde após a utilização da Inteligência Artificial
Souza Jr. GN de, Braga M de B, Rodrigues LLS, Fernandes R da S, Ramos RTJ, Carneiro AR, et al. (2021).	Dados históricos do sistema da Secretaria de Estado de Saúde Pública	Redes Neurais Artificiais.	- Aplicabilidade para a tomada de decisão de gestores públicos; - Auxílio na realocação de recursos hospitalares; - Otimização das estratégias de controle da COVID-19.
Malucelli A, Stein Junior A von, Bastos L, Carvalho D, Cubas MR, Paraíso EC. (2010)	Questionário próprio junto à população participante do estudo	Mineração de dados	- Ferramenta gerencial e assistencial com potencial para otimização das ações e da alocação de recursos e assistência à população.
Vianna RCXF, Moro CMC de B, Moysés SJ, Carvalho D, Nievola JC. (2010)	Bases de dados do Governo	- Mineração de dados - (Software de mineração de dados – WEKA).	- Melhor assistência e eficácia dos instrumentos de análise utilizados pelos comitês de prevenção da mortalidade infantil do estado
Nogueira AR, Tibiriça CAG, Moura PMRL, Marques WS. (2022)	Base de dados da Secretaria de Saúde do Estado	- Plataforma FLICK - Processamento de Linguagem Natural	- Processo Decisório Gerencial (assertividade) - Elaboração de políticas públicas fundamentadas

			- Aumento na eficiência na distribuição dos recursos de saúde do estado
Rocha TAH, Boitrigo GM, Mônica RB, Almeida DG de, Silva NC da, Silva DM, et al. (2021).	<ul style="list-style-type: none"> - DATASUS - CNES - Openstreet Map - World Pop - Estações de rádio base de serviço móvel pessoal - SIVEN - GRIPE - IBGE. 	<ul style="list-style-type: none"> -Algoritmos de Inteligência Artificial. -soluções de SIG com Inteligência Artificial 	<ul style="list-style-type: none"> - Fomento à elaboração de microplanos de campanha de saúde; - Aumento da relação custo-efetividade e da eficácia do microplanejamento de campanhas de vacinação; - Fortalecimento da equidade e da universalidade das campanhas de saúde; -Melhoria no planejamento das ações de combate à COVID-19

Siglas: (WEKA Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA); FLINK: Plataforma de Tecnologia e Informação do Governo de Goiás; DATASUS: Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde; CNES – Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde; Openstreet Map: Mapa Aberto de Ruas; World Pop: Conjuntos de dados demográficos espaciais de acesso aberto; SIVEN – GRIPE Sistema de Informação da Vigilância Epidemiológica da Gripe; IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia Estatística; SIG: Sistema Integrado de Gestão).

Fonte : Autores (2023)

5. DISCUSSÃO

A saúde pública brasileira encontra-se alicerçada em um forte arcabouço constitucional, conforme se observa na Carta Magna de 1988, a denominada Constituição Cidadã (16).

Por seu turno, o Sistema Único de Saúde – o SUS, encontra sua fundamentação legal a partir de três importantes documentos: a própria Constituição Federal de 1988, na qual a saúde, a previdência e a assistência social estruturam a seguridade social (16); a lei 8.080 de 1990, a denominada Lei Orgânica da Saúde, que dispõe sobre a organização, a regulação das ações e dos serviços de saúde no país (24), e a Lei 8.142, de 1990, que define a participação popular no SUS e dispõe sobre as transferências intergovernamentais de recursos financeiros na esfera da saúde (25). Dentre os princípios doutrinários do SUS assinalam-se as suas diretrizes de universalidade, integralidade e equidade.

Entretanto, o direito à saúde universal, ainda que firmemente garantido pela Constituição Brasileira, esbarra, atualmente, em dois importantes desafios, que ameaçam o cumprimento dos propósitos e diretrizes do SUS, quais sejam: o

subfinanciamento e o desfinanciamento crônicos, progressivos, a que vem sendo submetida a saúde pública no Brasil (agravados, a partir de 2016, pelo conjunto de regras fiscais e do teto de gastos definidos pela Emenda Constitucional n.º 95, quando congelou por 20 anos os gastos sociais no Brasil) (17), e, na outra face, o processo de alocação de recursos públicos em saúde, a partir do nível federal, que se apresenta, progressivamente, prejudicado por critérios não técnicos, políticos, dentro do seu processo decisório (20), contrariamente ao que se observa, hodiernamente, no mundo corporativo, com a cultura de decisões com bases em dados (*data driven decisions*) (15).

O amplo ecossistema da saúde tem, efetivamente, também participado dessa crescente transformação do processo decisório, considerando-se ser uma das maiores fontes geradoras de dados globalmente (cerca de 1/3 dos dados) (13,14). Estima-se que, até 2025, a taxa de crescimento anual de dados em saúde atingirá a marca de 36% dos dados produzidos, em um universo projetado, em números absolutos, até o ano de 2025, de um crescimento de dados de cerca de 180 zettabytes (em 2020 acredita-se que atingiu a marca de 64,2 zettabytes) (26).

Não obstante, em outra vertente, afirmam Chiavento e cols (2021 p. 83), no Guia Brasileiro de Análise de Dados: armadilhas & soluções, de forma notória e esclarecedora, que “a disponibilidade e análise de dados de qualidade em saúde é fundamental para o desenvolvimento, implementação e avaliação de intervenções clínicas e o estabelecimento de políticas públicas” (27).

Com efeito, a partir do conceito de *Big Data*, a análise desses dados, segundo a literatura, só tem sido possível graças aos avanços e ao suporte das tecnologias de informação e aos progressos inquestionáveis da Inteligência Artificial, que se têm apresentado como uma estratégia fundamental para organizações e para os governos, mormente na saúde pública (28).

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta os resultados e as análises da revisão integrativa da literatura no Brasil, com trabalhos científicos que atentem à pergunta de pesquisa, qual seja: “explorar a literatura científica atual sobre a aplicação da inteligência artificial no suporte ao processo decisório para alocação de recursos na saúde pública do Brasil”.

As revisões integrativas caracterizam-se por carrearem em sua metodologia, tanto benefícios como limitações científicas. Mendes KDS e cols (2008) assinalam o

potencial da revisão integrativa como um dos métodos de pesquisa capazes de incorporar as evidências na prática clínica, além de poder “reunir e sintetizar resultados de pesquisas sobre um delimitado tema ou questão, de maneira sistemática e ordenada, contribuindo para o aprofundamento do conhecimento do tema investigado” (29).

Já Whittemore e Knafl (2005) expressam que: “O método de revisão integrativa é a única abordagem que permite a combinação de diversas metodologias (por exemplo, pesquisa experimental e não experimental)”. No entanto, prosseguem os autores, “ainda apresenta fragilidades na metodologia de coleta e extração de dados, assim como no formato das análises na síntese e na conclusão (30).

Em outra análise, Souza MT e cols (2010), afirmam que a revisão integrativa é capaz de reunir diversos estudos com múltiplas metodologias, no entanto, a falta de rigor nas análises e a não consideração dos vieses deverão ser neutralizados a partir do rigor metodológico da revisão, em todas as suas fases (31).

Na presente revisão, da análise dos estudos selecionados, observa-se, já à princípio, um número extremamente limitado de artigos publicados e disponíveis na literatura científica nacional sobre o uso da inteligência artificial, voltados para o processo decisório na alocação de recursos públicos em saúde, a despeito do robusto conjunto de dados em saúde existente e disponível, dentro de um pujante sistema universal de saúde – o SUS e o seu gigantesco banco de dados – o DATASUS (32).

Todos os trabalhos científicos disponíveis e recuperados a partir dos critérios de buscas discriminados na metodologia da presente revisão, caracterizam-se como estudos primários e que expressam, integralmente, experiências pontuais relatadas pelos respectivos autores em alguns estados do Brasil.

Nesta sessão da revisão, os dados e as informações extraídos dos estudos selecionados, serão discutidos dialogando-se sempre com os objetivos desta revisão, distribuídos, didaticamente em três subgrupos, conforme elencados abaixo:

- a) Quais as bases de dados atualmente disponíveis e utilizadas no suporte ao processo decisório nos estudos recuperados?
- b) Quais as ferramentas de inteligência artificial empregadas nesses estudos?
- c) Quais os impactos e os resultados assistenciais, gerenciais e/ou financeiros observados, a partir da aplicação das ferramentas de inteligência artificial nos trabalhos analisados?

Da análise das bases de dados e pesquisa utilizados pelos autores, nos trabalhos selecionados para essa revisão, observa-se que as informações foram extraídas de diversas plataformas em saúde, sendo em dois trabalhos obtidos da própria secretaria estadual de saúde do estado, e um terceiro da secretaria municipal de saúde e de dados coletados pelos agentes comunitários de saúde. Nos demais trabalhos, as informações foram coletadas a partir dos dados disponíveis no DATASUS, mas também, observa-se que informações adicionais foram também colhidas a partir de algumas fontes, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o *WordPop* (conjuntos de dados demográficos espaciais de acesso aberto), o *OpenStreetMap* (mapa aberto de ruas), bem como de dados coletados a partir de estações de rádio base de serviço móvel pessoal.

A diversidade dos bancos de dados utilizados nos trabalhos identificados na presente revisão, expressa um dos maiores desafios do sistema de saúde pública no Brasil, que diz respeito ao grande conjunto de sistemas de bases de dados em saúde existente, associado a um imenso volume de informações, não consolidados, agravados pelo desafio no que diz respeito à qualidade desses dados inseridos nos sistemas, dificultando, destarte, o processo de consulta e de decisões unificados com base em dados na gestão pública (33,34).

No Brasil, a principal base de dados em saúde pública atualmente disponível é a encontrada no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - SUS (DATASUS), criado em 1991. Conforme extrai-se do próprio site da plataforma do DATASUS, os seus objetivos são: “coletar, processar e disseminar informações sobre a saúde do Brasil, com vistas à gestão estratégica da saúde pública no país”. Os dados são inseridos no sistema pelos profissionais que trabalham em todas as instâncias do SUS, a partir dos resultados de uma série de indicadores, como por exemplo, dados assistenciais, indicadores de morbimortalidade, de exames complementares de diagnóstico, de nascidos vivos e de óbito, em todas as regiões e localidades do país. Entretanto, algumas particularidades ainda presentes como a inexistência de interoperabilidade, da integração e da consistência de dados inseridos nas múltiplas bases existentes, podem fragilizar o sistema de dados em saúde no Brasil (32).

Nesse sentido, para fazer frente a esse desafio, iniciativas têm sido empreendidas recentemente, como a medida adotada pelo Ministério da Saúde, ao

buscar centralizar as informações de saúde na Rede Nacional de Dados em Saúde - RNDS (35).

A RNDS constitui-se na “plataforma nacional de interoperabilidade (troca de dados) em saúde, instituída pela Portaria GM/MS nº 1.434, de 28 de maio de 2020”. Segundo os objetivos da RNDS, “até 2028, a RNDS estará estabelecida e reconhecida como a plataforma digital de inovação, informação e serviços de saúde para todo o Brasil, em benefício de usuários, cidadãos, pacientes, comunidades, gestores, profissionais e organizações de saúde”. Trata-se de iniciativa do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), da Secretaria Executiva do Ministério da Saúde (SE/MS) e apresenta como base as seguintes diretrizes: a Política Nacional de Informática e Informações em Saúde, a Estratégia da e-Saúde, o Plano de Ação, Monitoramento e Avaliação de Saúde Digital para o Brasil e a Estratégia de Saúde Digital para o Brasil 2020-2028 (ESD28) (35).

Observa-se, portanto, que o número reduzido dos trabalhos científicos que foram recuperados na presente revisão, a despeito de gigantesco volume de dados em saúde existentes, sinalizam fortemente para inexistência de uma política de Estado bem definida e voltada para o uso da inteligência artificial no processo decisório para alocação de recursos na saúde pública, traduzindo a fragilidade das diretrizes de assertividade das decisões em saúde, e enfraquecendo a consolidação dos princípios e diretrizes do SUS (34).

Por sua vez, o Tribunal de Contas da União – TCU, afirma que “a existência de grande quantidade de sistemas, a diversidade de bases de dados e o grande volume de informações disponíveis sobre as ações e serviços de saúde no Brasil, associada a problemas de qualidade desses dados, dificultam a identificação de informações para fins de classificação de objetos de auditoria e/ou avaliação das possíveis distorções na execução de políticas públicas de saúde, dentre outros objetos propícios para ações de fiscalização” (34).

No que diz respeito às ferramentas de IA utilizadas e ao impacto dessa tecnologia também na saúde, assinala-se fato relevante divulgado em janeiro de 2023, no qual, o *Food and Drug Administration* (FDA) - órgão governamental dos Estados Unidos da América do Norte, homologou mais de 500 algoritmos utilizáveis na assistência médica (36).

No Brasil, já se assinalam discussões importantes sobre a Inteligência Artificial, a exemplo da Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital) do

Governo Federal, desde março de 2018, quando foi aprovada através do Decreto nº 9.319/2018 e pela Portaria Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) nº 1.556/2018, nos quais a Inteligência Artificial foi considerada como área prioritária considerando seus possíveis impactos no país(37).

Adicionalmente, a partir de 2020, através da Portaria nº 1.122/2020, o MCTIC estabeleceu como prioridade a Inteligência Artificial, no que se refere a projetos de pesquisa, de desenvolvimento de tecnologias e inovações, para o período 2020 a 2023, através da elaboração da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial – EBIA (37).

Dentre as recomendações da EBIA, com a ideia do Governo Digital, destacam-se a inovação na gestão pública, a modernização dos processos administrativos, bem como a automação de processos rotineiros para aumentar a eficiência e suporte aos processos de tomada de decisão, bem como a transparência e ética nos serviços públicos (37).

Entretanto, a despeito desses avanços legais no Brasil, enormes desafios ainda são observados em relação ao processo de inovação e de investimentos em estrutura tecnológica e de ambientes de negócios, que se refletem também desfavoravelmente no segmento da saúde. Segundo o Índice Global de Inovação de 2022, o Brasil ocupa a posição de número 54 dentre 132 países avaliados (38). Por sua vez, segundo dados do Banco Mundial, apresentados também pela EBIA, o Brasil encontra-se classificado em 138º lugar quanto à facilidade de se iniciar um negócio, e em 124º lugar no que se refere à facilidade de se realizar um negócio. O Brasil investe cerca de 1,27% do seu PIB em Pesquisa e desenvolvimento, enquanto a média de investimento dos países-membros da OCDE é de 2,39% (39, 40).

Paralelamente ao cenário acima, além da EBIA, estratégias da aplicação da inteligência artificial evoluem também no cenário do legislativo brasileiro (41), a exemplo do projeto de lei 21/20 da Câmara dos Deputados, que cria o marco legal do uso de Inteligência Artificial pelo poder público, empresas, entidades e pessoas físicas. O texto estabelece princípios, direitos, deveres e instrumentos de governança para a IA no país (42,43). Em outra vertente, no Senado Federal, também tramita o Projeto de Lei 872/21, que tem o objetivo de disciplinar o uso da IA no Brasil (44).

Digno de registro também a criação da Secretaria de Informação e Saúde Digital - SEIDIGI, a partir do Decreto 11.358, de 1º de janeiro de 2023, responsável

por formular políticas públicas orientadoras para a gestão da saúde digital, que segundo consta no próprio site “a secretaria tem a competência de apoiar as Secretarias do Ministério da Saúde, gestores, trabalhadores e usuários no planejamento, uso e incorporação de produtos e serviços de informação e tecnologia da informação e comunicação – TIC (telessaúde, infraestrutura de TIC, desenvolvimento de software, interoperabilidade, integração e proteção de dados e disseminação de informações) (45).

Da análise dos trabalhos selecionados para esta revisão extraem-se, de forma sintetizada e elencadas anteriormente no Quadro 3, algumas ferramentas de inteligência artificial utilizadas pelos autores em seus trabalhos.

Nogueira A e cols (2022) utilizaram técnicas de inteligência artificial, como sistemas de recomendação e processamento de linguagem natural em suas análises. Aos usuários, os autores mencionam que “a ferramenta também disponibilizou a possibilidade da realização de pesquisas de indicadores por meio de buscas textuais por palavras-chave que possuíam representação semântica semelhante, por meio de processamento de linguagem natural”. Ressaltam ainda os autores sobre o rigoroso processo produtivo dos indicadores disponibilizados na plataforma em todas, as suas etapas da metodologia (46).

Já Souza Jr GND e cols (2021) realizaram projeções baseadas em inteligência artificial no enfrentamento da pandemia pelo SARS-CoV-2 no estado do Pará, utilizando, em suas análises, redes neurais artificiais para a geração de boletins da COVID-19, apresentando projeções do número de óbitos e de casos confirmados, acumulados e diários, e a demanda de leitos de UTI. Segundo os autores, “nas ciências exatas, o uso de RNAs é comum na análise de fenômenos que necessitam de um processo de identificação de padrões” (47).

Por sua vez, Malucelli A. e cols (2010) classificaram microáreas de risco a partir da mineração de dados, e aplicaram o processo de "Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados" (*Knowledge Discovery in Databases, KDD*), após as fases de pré-processamento limpeza, seleção e transformação dos dados. Na etapa de mineração de dados foi utilizada a ferramenta *Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA)*. Consideraram os autores a utilização do algoritmo J48, apresentando o resultado na forma de árvore de decisão (48).

Vianna RCXF e cols (2010), por sua vez, utilizaram em suas análises dos dados escolhidos, também o processo de KDD, nas bases públicas de dados em

saúde. Para sua realização, optaram os autores pelo uso do algoritmo J48 do *WEKA*, com informações sobre padrões na forma de um classificador representado como árvore de decisão (49).

Já Rocha TAH e cols (2021) aplicaram algoritmos de inteligência artificial a imagens de satélite no seu trabalho. Em paralelo, as condições de acesso à internet móvel e o mapeamento de tendências espaço-temporais de casos graves de COVID-19 foram utilizados para caracterizar cada município do país. Consideraram os autores que o uso de metodologias baseadas em inteligência artificial espacial poderia contribuir para melhoria do planejamento das ações de resposta à COVID-19. Os autores, no intuito de avaliar de que forma a elaboração de microplanos de vacinação para a COVID-19 poderia se beneficiar de soluções de inteligência artificial (IA), estruturaram o projeto em fases analíticas bem definidas (50).

Já ao se analisar os impactos em saúde a partir da utilização das ferramentas de inteligência artificial, Schwalbe N e Wahl B (2021) afirma que os benefícios das intervenções orientadas pelo uso da inteligência artificial podem ser agrupadas em quatro grandes categorias em termos de saúde global: a) diagnóstico, b) avaliação de risco de morbidade ou mortalidade do paciente, c) previsão e vigilância de surtos de doenças e d) política e planejamento de saúde (51).

Paralelamente, observa-se também que, considerando-se a relevância dos dados nas mais diferentes áreas da sociedade moderna, a cultura de *data-driven decisions* (decisões orientadas a dados) já é o foco para a tomada de decisão em muitos segmentos (15).

Em outra análise, também no segmento de saúde, presente no relatório “*Top Big Data Analytics use cases*”, destacam-se quatro áreas relacionadas a tomada de decisões com base em dados, e que podem oferecer melhores experiências ao usuário: (1) Pesquisa genômica; (2) Experiência e resultados do paciente; (3) Fraudes na assistência em saúde; e (4) Análise de faturamento de saúde (52).

Já de acordo com o estudo da Organização Mundial de Saúde, no seu relatório “*The implications of artificial intelligence and machine learning in health financing for achieving universal health coverage – Findings from a rapid literature review*”, no qual se observam os efeitos da IA no financiamento da saúde, observa-se o impacto positivo da velocidade e da precisão de análise de dados em comparação com métodos estatísticos tradicionais, além da possibilidade de ser mais facilmente

aplicado a grandes volumes de dados”. Embora os pesquisadores tenham reforçado as limitações do estudo, a conclusão foi de que o uso da Inteligência Artificial e das técnicas de *Machine Learning* podem, efetivamente, ajudar nos objetivos de melhoria da “cobertura universal de saúde”. Já quando se refere a alocação de recursos, os autores reforçam que a IA, através de técnicas de *Machine Learning*, podem “tornar a alocação de recursos mais eficiente e equitativa, além de possibilitar o aprimoramento do ajuste de risco e o gerenciamento da população, com o intuito de atender às necessidades de grupos específicos”. Alertam, no entanto, para o risco de também causarem o efeito oposto, qual seja a “exclusão de grupos mais necessitados” (53).

Nos trabalhos recuperados da presente revisão, assinalam os autores, de forma genérica (entretanto sem apresentar indicadores comparativos), impactos na esfera administrativa, financeira, gerencial e de eficiência dos processos, após o uso da inteligência artificial dentro dos seus respectivos processos mencionados.

Nogueira A e cols (2022) destacam e relatam aspectos como *Data Driven Decisions*, eficiência no processo decisório, governança das ações em saúde, acesso à população, impactos nos processos de produtividade, resolutividade e eficiência dos gestores de saúde (46).

Por seu turno, Souza Jr GND e cols (2021), no Pará, relatam impactos na gestão, administrativos, epidemiológicos, estratégicos, bem como na gestão assistencial hospitalar(47).

Malucelli A e cols (2010) mencionam resultados sobre as ações gerenciais, epidemiológicas e assistenciais da gestão pública, bem como efeitos no planejamento de ações e gestão de recursos públicos (48).

Já Vianna RCXF e cols (2010), no Paraná, registram melhorias das ações gerenciais, epidemiológicas e assistenciais, bem como na gestão pública e no planejamento de ações (49).

Rocha TAH e cols igualmente relatam impactos e resultados positivos nas ações gerenciais, epidemiológicas e assistenciais, gestão pública e planejamento de ações públicas, bem como gestão de recursos públicos e *Data Driven Decisions*, (50).

6 CONCLUSÕES

Da análise dos artigos recuperados na presente revisão, e, paralelamente, ao se dialogar com os objetivos geral e específicos da pesquisa, assinalam-se que as

iniciativas em relação ao uso da inteligência artificial no suporte ao processo decisório para alocação de recursos em saúde no Brasil, a partir da utilização das bases de dados relatadas e do emprego de algumas ferramentas de inteligência artificial mencionadas pelos autores, e a despeito do robusto acervo de dados em saúde existente no Brasil, resumem-se a experiências pontuais, restritas, de determinadas localidades no país, com impactos gerais nas esferas administrativa, financeira e epidemiológica, sinalizando, nitidamente, para um cenário nacional do uso da IA ainda extremamente embrionário no poder público.

Por seu turno, o arcabouço legal voltado para o uso da inteligência artificial no país também se apresenta, igualmente, incipiente, em fase de discussão, embora se vislumbre uma percepção, pelo poder público, da necessidade de implementação das técnicas de inteligência artificial no Brasil.

Inquestionavelmente, a inteligência artificial apresenta-se com um enorme potencial para o Brasil, sobretudo ao se considerar as suas dimensões continentais, os diversos perfis de morbimortalidade da população, o envelhecimento da população e o crescente número de doenças crônicas não transmissíveis, dentro de um cenário progressivo de subfinanciamento e desfinanciamento da saúde pública, aliados ao grave e crescente critério não-técnico, político, de decisão para alocação dos recursos na saúde pública.

A consolidação de dados em saúde pelo governo federal e o estabelecimento em definitivo das diretrizes legais relacionadas ao uso da inteligência artificial analisando e interpretando o volume gigantesco das informações em saúde no Brasil, subsidiando o processo decisório, apresentam-se como necessidades prementes e estratégicas para o país, sobretudo para fazer face aos enormes desafios da saúde no século XXI.

Por fim, considerando-se que o volume de pesquisas e a introdução de novas tecnologias e de ferramentas de inteligência artificial atualmente produzidas crescem e são disponibilizadas no mercado, em todos os segmentos, dentro de ritmo exponencial, novas revisões e pesquisas científicas são necessárias, em curto espaço de tempo, voltadas para a análise dos impactos da inteligência artificial no processo decisório relacionado à alocação de recursos na saúde pública do Brasil.

REFERÊNCIAS

1. Rojas-Gualdrón DF. Artificial Intelligence in Health Care: The Hope, the Hype, the Promise, the Peril. National Academy of Medicine. Una reseña. CES Med. 2022;36(1):76-8.
2. Shinde S.G., Malani P.S., Review Paper on Internet on Things (IoT) and its Applications, International Research Journal of Humanities and Interdisciplinary Studies (www.irjhis.com), ISSN : 2582-8568, Special Issue, February 2023 International Conference Organized by V. P. Institute of Management Studies & Research, Sangli (Maharashtra, India), Page No : 95-104,
3. Acciarini C, Cappa F, Boccardelli P, Oriani R. How can organizations leverage big data to innovate their business models? A systematic literature review. Technovation. 2023;123:102713.
4. Ikegwu AC, Nweke HF, Anikwe CV, Alo UR, Okonkwo OR. Big data analytics for data-driven industry: a review of data sources, tools, challenges, solutions, and research directions. Clust Comput. 2022;25:3343-87.
5. Turing AM. Computing Machinery and Intelligence. Mind. 1950; 59(236): 433-60.
6. Anyoha R. The History of Artificial Intelligence. Science in the News. 28 ago 2017. Blog, Special edition on artificial intelligence.
7. Lynch S. Andrew Ng: Why AI Is the New Electricity. Stanford Graduate School of Business 11 mar 2017 Disponível em: <https://www.gsb.stanford.edu/insights/andrew-ng-why-ai-new-electricity>
8. Ali O, Abdelbaki W, Shrestha A, Elbasi E, Alryalat MA, Dwivedi YK. A systematic literature review of artificial intelligence in the healthcare sector: Benefits, challenges, methodologies, and functionalities. Journal of Innovation & Knowledge. 2023;8(1):100333.
9. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S, Wang Y, Dong Q, Shen H, Wang Y. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. Stroke Vasc Neurol. 2017;2(4):230-43.
10. Social Good Brasil. O que você precisa entender sobre dados para se tornar uma organização data driven. Social Good Brasil; 15 maio 2019. Disponível em: <https://socialgoodbrasil.org.br/blog/entenda-tudo-sobre-dados-para-se-tornar-uma-organizacao-data-driven>.
11. Perry JS. What is big data? More than volume, velocity and variety. IBM Developer Blog. 22 maio 2017. Disponível em:

<https://developer.ibm.com/blogs/what-is-big-data-more-than-volume-velocity-and-variety/>.

12. The Economist. The world's most valuable resource is no longer oil, but data. 6 maio 2017 [citado 26 mar 2023]. Disponível em: <https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data>.
13. Coughlin S, Roberts D, O'Neill K, Brooks P. Looking to tomorrow's healthcare today: a participatory health perspective. *Intern Med J*. 2018;48(1):92-6.
14. Reinsel D, Gantz J, Rydning J. The Digitization of the World: From Edge to Core. IDC White Paper, nov 2018.
15. Chatterjee S, Chaudhuri R, Vrontis D. Does data-driven culture impact innovation and performance of a firm? An empirical examination. *Ann Oper Res*. 3 jan 2021.
16. Brasil. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.
17. Mendes A, Carnut L. Capital, Estado, Crise e a Saúde Pública brasileira. *SER Soc*. 2020;22(46):9-32.
18. Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovações. Portaria MCTI nº 4.617, de 6 de abril de 2021, alterada pela Portaria MCTI nº 4.979, de 13 de julho de 2021. Institui a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial - EBIA. *Diário Oficial da União* 15 jul 2021; Seção 1, p. 16.
19. Lemes MM, Lemos ANLE. O uso da inteligência artificial na saúde pela Administração Pública brasileira. *Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário*. 2020;9(3):166-82.
20. Carvalho GP. Desigualdades regionais e o papel dos recursos federais no SUS: fatores políticos condicionam a alocação de recursos?. *Cien Saude Colet*. 2021;26(suppl 2):3409-21.
21. Agência IBGE. Cabral U, Szpiz H. População cresce mas número de pessoas com menos de 30 anos cai 5,4% de 2012 a 2021. *Editoria: Estatísticas Sociais*, 22/07/2022.

22. Martins TCF, Silva JHCM, Máximo GC, Guimarães RM. Transição da morbimortalidade no Brasil: um desafio aos 30 anos de SUS. *Ciênc Saúde Colet.* 2021;26(10):4483-96.
23. Reis JG, Martins MFM, Lopes MHBM. Procedimento técnico de metodologia de pesquisa - Indicativos de qualidade para artigos de Revisão Integrativa. Rio de Janeiro, 2015. Arca Repositório Institucional da Fiocruz.
24. Brasil. Casa Civil. Lei nº 8080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8080.htm
25. Brasil. Casa Civil. Lei nº 8.142 de 28 de dezembro de 1990. Dispõe sobre a participação da comunidade na gestão do Sistema Único de Saúde (SUS) e sobre as transferências intergovernamentais de recursos financeiros na área da saúde e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8142.htm
26. Statista. Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2020, with forecasts from 2021 to 2025. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>.
27. Shikida C, Monasterio L, Fernando P. Guia brasileiro de análise de dados: armadilhas & soluções (2021). Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/6039/1/Guia%20BR%20de%20An%C3%A1lise%20de%20Dados.pdf>.
28. Bajwa J, Munir U, Nori A, Williams B. Artificial intelligence in healthcare: transforming the practice of medicine. *Future Healthc J.* 2021;8(2):e188-e194.
29. Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto Contexto - Enferm.* 2008;17(4):758–64.
30. Whitemore R, Knafk K. The integrative review: updated methodology. *J Adv Nurs.* 2005;52(5):546-53.
31. Souza MT, Silva MD, Carvalho R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein, São Paulo.* 2010;8(1 (Pt 1)):102-6.
32. Brasil. Ministério da Saúde. DATASUS. Disponível em: www.datasus.saude.gov.br.
33. Passos J. Falta de integração e distribuição das bases de dados fragiliza sistemas de informação em saúde no país. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, 12/04/2022..

34. Barbosa MN. Possibilidades e limitações de uso das bases de dados do DATASUS no controle externo de políticas públicas de saúde no Brasil. Brasília: Instituto Serzedelo Corrêa - Escola Superior do Tribunal de Contas da União, TCU, 2019.
35. Brasil. Ministério da Saúde. Rede Nacional de Dados em Saúde - RNDS. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi/rnds>
36. U.S. Food and Drug Administration FDA. Artificial intelligence and machine learning (AI/ML) - enable medical devices. 5 out 2022. Disponível em: <https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-and-machine-learning-aiml-enabled-medical-devices>
37. Brasil. Estratégia brasileira para a transformação digital. E-Digital Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/comunicados-mcti/estrategia-digital-brasileira/estrategiadigital.pdf>
38. Índice Global de Inovação 2022. Resumo executivo. Disponível em: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo-pub-2000-2022-exec-pt-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf>.
39. The World Bank. Ease of Doing Business rankings, World Bank, 2020. Disponível em: <https://www.doingbusiness.org/en/rankings>.
40. OECD. Gross domestic spending on R&D. Disponível em: <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-rd.htm>
41. Brasil, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. EBIA: o que é a estratégia brasileira de inteligência artificial? Betha Blog. 2021. Disponível em: <https://www.betha.com.br/blog/inteligencia-artificial-brasil/>
42. Brasil. Portal da Câmara dos Deputados. Projeto cria marco legal para uso de inteligência artificial no Brasil. 04/03/2020. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/641927-projeto-cria-marco-legal-para-uso-de-inteligencia-artificial-no-brasil/>
43. Brasil. Portal da Câmara dos Deputados. PL 21/2020. O Projeto de Lei 21/20 cria o marco legal do desenvolvimento e uso da Inteligência Artificial (IA) pelo poder público, por empresas, entidades diversas e pessoas físicas. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2236340>
44. Brasil. Senado Federal. Projeto de Lei nº 872. de 2021. Propõe sobre o uso da Inteligência Artificial. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=8940096&ts=1627994709939&disposition=inline>

45. Brasil. Ministério da Saúde. SEIDIGI. A Secretaria de Informação e Saúde Digital criada por meio do Decreto 11.358 de 1 de janeiro de 2023, é responsável por formular políticas públicas orientadoras para a gestão da saúde digital, Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi>
46. Nogueira AR, Tibiriça CAG, Moura PMRL, Marques WS. Uso da inteligência artificial como ferramenta de apoio à gestão das ações em saúde na Secretaria Estadual de Saúde de Goiás. Rev Cient Esc Estadual Saúde Pública Goiás “Cândido Santiago”. 2022;8(e80004):1-15.
47. Souza GN Jr, Braga MB, Rodrigues LLS, Fernandes RDS, Ramos RTJ, Carneiro AR, Brito SR, Dolácio CJF, Tavares IDS Jr, Noronha FN, Pinheiro RR, Diniz HAC, Botelho MDN, Vallinoto ACR, Rocha JECD. COVID-PA Bulletin: reports on artificial intelligence-based forecasting in coping with COVID-19 pandemic in the state of Pará, Brazil. Epidemiol Serv Saude. 2021 Oct 29;30(4):e2021098.
48. Malucelli A, von Stein Junior A, Bastos L, Carvalho D, Cubas MR, Paraíso EC. Classificação de microáreas de risco com uso de mineração de dados. Rev Saúde Pública. 2010;44(2):292-300.
49. Vianna RC, Moro CM, Moysés SJ, Carvalho D, Nievola JC. Mineração de dados e características da mortalidade infantil [Data mining and characteristics of infant mortality]. Cad Saude Publica. 2010;26(3):535-42.
50. Rocha TAH, Boitrago GM, Mônica RB, Almeida DG, Silva NCD, Silva DM, Terabe SH, Staton C, Facchini LA, Vissoci JRN. National COVID-19 vaccination plan: using artificial spatial intelligence to overcome challenges in Brazil. Cien Saude Colet. 2021;26(5):1885-98.
51. Schwalbe N, Wahl B. Artificial intelligence and the future of global health. Lancet. 2020;395(10236):1579–86.
52. Oracle. Top big data analytics use cases. Disponível em: <https://www.oracle.com/a/ocom/docs/top-22-use-cases-for-big-data.pdf>
53. World Health Organization. The implications of artificial intelligence and machine learning in health financing for achieving universal health coverage: findings from a rapid literature review. World Health Organization, 5 Jan 2023. 31 p. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240064010>