Nota Técnica

# GOVERNANÇA ANTECIPATÓRIA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SETOR DE SAÚDE: O QUE DIZEM OS *POLICY PAPERS* INTERNACIONAIS

Diset

Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura

Nº 135

Marcos Toscano Siebra Brito

Maio de 2024

**Governo Federal**

**Ministério do Planejamento e Orçamento**
**Ministra** Simone Nassar Tebet

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

**Presidenta**
**LUCIANA MENDES SANTOS SERVO**

**Diretor de Desenvolvimento Institucional**
**FERNANDO GAIGER SILVEIRA**

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia**
**LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO**

**Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas**
**CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO**

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais**
**ARISTIDES MONTEIRO NETO**

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura**
**FERNANDA DE NEGRI**

**Diretor de Estudos e Políticas Sociais**
**CARLOS HENRIQUE LEITE CORSEUIL**

**Diretor de Estudos Internacionais**
**FÁBIO VÉRAS SOARES**

**Chefe de Gabinete**
**ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA**

**Coordenadora-Geral de Imprensa e Comunicação Social**
**GISELE AMARAL**

Ouvidoria: http://www.ipea.gov.br/ouvidoria
URL: http://www.ipea.gov.br

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2024

**EQUIPE TÉCNICA**

**Marcos Toscano Siebra Brito**
Diretor de Transformação Digital e Inovação na Secretaria de Desenvolvimento Industrial, Inovação, Comércio e Serviços do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (SDIC/MDIC).

**Como citar**:
BRITO, Marcos Toscano Siebra. **Governança antecipatória da inteligência artificial no setor de saúde**: o que dizem os policy papers internacionais. Rio de Janeiro: Ipea, maio 2024. (Diset: Nota Técnica, 135). DOI: http://dx.doi.org/10.38116/ntdiset135-port

DOI: http://dx.doi.org/10.38116/ntdiset135-port

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesse: https://repositorio.ipea.gov.br/.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte.
Reproduções para fins comerciais são proibidas.

# Sumário

1 INTRODUÇÃO ..... 4

2 CONCEITOS RELEVANTES DE IA E OS PRINCIPAIS IMPACTOS ESPERADOS DA TECNOLOGIA NA ÁREA DE SAÚDE ..... 5

3 GOVERNANÇA TECNOLÓGICA E GOVERNANÇA ANTECIPATÓRIA PARA TECNOLOGIAS EMERGENTES: CONCEITOS E DESAFIOS ..... 8

4 GOVERNANÇA TECNOLÓGICA E GOVERNANÇA ANTECIPATÓRIA DA IA EM SAÚDE ..... 11

5 CONCLUSÃO ..... 13

REFERÊNCIAS ..... 14

## 1 INTRODUÇÃO

O lançamento do ChatGPT no final de 2022, a primeira aplicação de um grande modelo de linguagem (*large language model* – LLM) em um produto voltado ao grande público, gerou um estrondoso debate em torno da inteligência artificial (IA) e da necessidade de sua regulação (Kubota, 2023). Antes desse marco, a tecnologia já era amplamente empregada em diversos campos das ciências da vida, como nas áreas de desenvolvimento de medicamentos, genômica e proteômica (Holzinger *et al*., 2023).

As aplicações potenciais de ferramentas de IA para a área de saúde humana, no entanto, são ainda muito mais amplas e estão sendo exploradas em uma velocidade crescente. As publicações indexadas com a palavra-chave *artificial intelligence* na plataforma PubMed ultrapassaram a barreira de 1 mil registros anuais em 2003, número que mais que triplicou dez anos depois, chegando ao seu pico em 2022 com a marca de 17.544 registros.[1]

Bem antes do impacto midiático ocasionado pelo lançamento do ChatGPT e congêneres,[2] pesquisadores da área de saúde, associações de profissionais do setor, agências regulatórias e organismos multilaterais vêm dedicando sua atenção à questão de como maximizar os impactos positivos e reduzir possíveis riscos das aplicações de IA em saúde. Para exemplificar com o caso dos organismos internacionais, vale citar publicações pioneiras da Organização Mundial de Saúde (OMS) e da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE).

A OMS elaborou um guia a fim de orientar os múltiplos *stakeholders* no desenvolvimento e adoção da IA na área de saúde ainda em junho de 2021. O documento intitulado *Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health: WHO guidance* (WHO, 2021) traz um recorte das possíveis aplicações de IA nas grandes áreas do setor de saúde e recomendações práticas relacionadas à sua ética e à sua governança. Mais recentemente, a OMS e a União Internacional de Telecomunicações (UIT) estabeleceram o Grupo Focal em IA para Saúde (FG-AI4H) como uma resposta ao rápido desenvolvimento de LLMs comerciais e à ansiedade social gerada pelo avanço das aplicações de IA. O desafio regulatório foi um dos diversos temas abordados no FG-AI4H, e os trabalhos do grupo levaram à publicação do documento *Regulatory Considerations on Artificial Intelligence for Health* em outubro de 2023 (WHO, 2023). O mesmo tema já havia sido abordado de forma menos exaustiva em documentos técnicos quase idênticos da OCDE, como uma nota técnica para subsidiar o trabalho da Força-Tarefa Digital do G20 (OECD, 2020) e o desenvolvimento dessa mesma publicação em um relatório técnico intitulado *Laying the Foundations for Artificial Intelligence in Health* (Hashiguchi, Slawomirski e Oderkirk, 2021).

Para além das formulações específicas sobre governança para o desenvolvimento e uso da IA em saúde, o tema geral da governança tecnológica tem se modificado sobremaneira nas duas últimas décadas com o surgimento e a consolidação do conceito de governança antecipatória e dos instrumentos a ela relacionados. Informado por estudos e discussões sobre a governança de tecnologias emergentes específicas – como a nanotecnologia, a neurociência e a própria IA –, esse campo mais amplo de debates acadêmicos e institucionais trata do tema de uma forma mais horizontal e se vale do aprendizado intersetorial contínuo. Os avanços na área vêm sendo consolidados pela OCDE nas edições de sua publicação periódica *Science, Technology and Innovation Outlook*.

O objetivo deste texto é traçar um panorama acerca da governança tecnológica antecipatória da IA no setor de saúde por meio de consulta a documentos técnicos de organismos internacionais e a um pequeno número de publicações acadêmicas neles referenciadas. Para tanto, está organizado em três

1. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=%22Artificial%20Intelligence%22%5BMAJR%5D&sort=date&sort_order=desc&timeline=expanded. Acesso em: 4 jan. 2024. Busca realizada em toda a base de jornais indexados da plataforma, sem o uso de filtros ou combinação com outras palavras-chave.

2. O ChatGPT, produto comercial da OpenAI, já conta com concorrentes como o Gemini da Google.

seções, além desta introdução e da conclusão. Primeiramente, apresentam-se as definições de IA e de suas subcategorias que serão utilizadas ao longo do trabalho, bem como as suas principais aplicações na área de saúde, de acordo com as grandes áreas delimitadas pela OMS. Em seguida, conceitua-se governança tecnológica e explora-se o modelo de governança antecipatória de tecnologias emergentes conforme delineado pela OCDE e explorado pela literatura acadêmica selecionada. Logo depois é analisado como a governança, em especial a antecipatória, da IA em saúde é abordada na literatura especializada e nas publicações oficiais da OMS e da OCDE. Por fim, uma breve conclusão faz uma consolidação dos tópicos abordados ao longo do texto.

## 2 CONCEITOS RELEVANTES DE IA E OS PRINCIPAIS IMPACTOS ESPERADOS DA TECNOLOGIA NA ÁREA DE SAÚDE

A OMS adota em seu guia a definição de IA estabelecida na Recomendação do Conselho da OCDE sobre Inteligência Artificial (OECD/LEGAL/0449), documento normativo de 2019 e atualizado em suas definições básicas sobre IA em novembro de 2023. O texto atual da recomendação traz a seguinte definição:[3]

> um sistema de IA é um sistema baseado em máquina que, para objetivos explícitos ou implícitos, infere, a partir das informações que recebe, como gerar resultados como previsões, conteúdos, recomendações ou decisões que podem influenciar ambientes físicos ou virtuais. Diferentes sistemas de IA variam nos seus níveis de autonomia e adaptabilidade após a implantação (tradução nossa).[4]

Essa definição é ampla o bastante para contemplar toda e qualquer espécie de sistema computacional que gere tomadas de decisão com algum grau de autonomia a partir de um conjunto inicial de dados. Com o avanço do jargão técnico na mídia não especializada, vale distinguir do conceito geral de IA alguns dos seus subgêneros mais notórios.

*Machine learning* (ML) é uma subárea da IA em que se treinam computadores para desempenhar tarefas sem estabelecer instruções explícitas, caso em que a capacidade de aprendizagem do sistema está baseada na sua habilidade de reconhecer padrões em grandes massas de dados e a partir deles criar parâmetros para ação e tomada de decisão. *Deep learning* (DL), por sua vez, é uma subárea de ML em que se empregam redes neurais[5] de múltiplas camadas para análise de um conjunto massivo de dados (Holzinger *et al*., 2023). Os tão comentados LLMs, como o ChatGPT, são algoritmos de DL treinados com uma quantidade massiva de dados para funcionar como preditores de texto, respondendo a perguntas complexas por meio da probabilidade de interconexão de palavras em uma frase (Byun e Stuhlmüller, 2023).[6] Por fim, uma Artificial General Intelligence (AGI) seria um modelo de IA capaz de realizar diversos tipos de tarefa com *performance* igual ou superior à de seres humanos.[7]

3. Disponível em: https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/oecd-legal-0449. O Brasil, apesar de não ser membro da OCDE, é signatário dessa recomendação.

4. "*An AI system is a machine-based system that, for explicit or implicit objectives, infers, from the input it receives, how to generate outputs such as predictions, content, recommendations, or decisions that can influence physical or virtual environments. Different AI systems vary in their levels of autonomy and adaptiveness after deployment*".

5. Redes neurais são modelos que simulam o comportamento do cérebro humano ao funcionar por meio de camadas de nós especializados que se comunicam entre si para gerar de forma mais eficiente um *output*.

6. Como aplicações variadas em todas as subáreas de IA podem ser empregadas com sucesso – e grandes impactos – no setor de saúde, utilizaremos apenas o termo guarda-chuva daqui em diante.

7. Uma compreensão mais detalhada do que seria uma AGI e de seus possíveis impactos encontra-se disponível em: https://openai.com/blog/planning-for-agi-and-beyond.

## QUADRO 1
**Conceituação de categorias e subcategorias de IA e exemplos de aplicações**

| Tecnologia | Conceito | Exemplos |
|---|---|---|
| IA | Toda e qualquer espécie de sistema computacional que gere tomadas de decisão com algum grau de autonomia a partir de um conjunto inicial de dados. | Sistemas de IA estão embutidos em mecanismos de busca, sistemas de recomendação de plataformas de *streaming*, em redes sociais etc. |
| ML | Sistemas com capacidade de reconhecer padrões em grandes massas de dados e a partir deles criar parâmetros para ação e tomada de decisão. | IBM Watson, computador com aplicações de IA que demonstrou capacidades similares às humanas em jogos de pergunta e resposta como o Jeopardy. |
| DL | Sistemas de ML que simulam o comportamento do cérebro humano ao funcionar por meio de camadas de nós especializados que se comunicam entre si (redes neurais). | Alpha Go, famosa aplicação de IA da DeepMind que venceu o melhor jogador humano em partidas do jogo chinês Go. |
| LLM | Sistemas de DL alimentados com uma quantidade massiva de dados para funcionar como preditores de texto, respondendo a perguntas complexas por meio da probabilidade de interconexão de palavras em uma frase. | ChatGPT, Gemini, Bard, Grok e tantos outros modelos de IA generativa competem para se estabelecer como ferramentas de IA no mercado. |
| AGI | Modelo de IA capaz de realizar diversos tipos de tarefa com *performance* igual ou superior à de seres humanos. | Estágio tecnológico da IA ainda não alcançado. |

Elaboração do autor.

Estima-se que os impactos da utilização de IA no setor de saúde serão intensos, por conta de sua crescente digitalização, natural complexidade, dependência do uso de dados e da própria natureza complexa da relação entre doenças e populações (OCDE, 2020). Há uma considerável variação no tempo da realização desse potencial entre as grandes áreas da saúde. Em alguns casos, como na clínica médica, há a expectativa de que a tecnologia irá "remodelar a medicina", porém, mesmo diante do sucesso da IA em muitos estudos clínicos retrospectivos, ainda há poucas aplicações disponíveis para a área (Rajpurkar *et al*., 2022). Já no setor de desenvolvimento de novos medicamentos e tratamentos, a IA já estaria em uso nos vários estágios do processo de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) pelas grandes companhias farmacêuticas (Qureshi *et al*., 2023).

Para gerar uma melhor compreensão dos potenciais impactos e dos desafios de governança, o guia da OMS identificou quatro grandes áreas de aplicação da IA no setor de saúde: i) assistência à saúde; ii) pesquisa em saúde e desenvolvimento de medicamentos; iii) gestão e planejamento em sistemas de saúde; e iv) saúde pública e vigilância sanitária (WHO, 2021). A seguir, cada um desses segmentos será definido e se apontarão algumas aplicações de IA consideradas mais promissoras.

*Assistência à saúde* é o conjunto de serviços diretamente voltados à promoção e preservação da saúde humana em todas as suas dimensões. Englobam-se os esforços de prevenção, diagnóstico e tratamento realizados por uma ampla gama de profissionais da saúde e em diferentes níveis de complexidade (atenção primária, média e alta complexidade). Aqui, a OMS aponta duas grandes frentes de uso da tecnologia. A primeira é a criação de ferramentas de diagnósticos, sobretudo por meio de análises de imagens (radiológicas ou não), mas também por meio de sequenciamento genético e até mesmo por captação de som.[8] A segunda é o tratamento clínico de pacientes, que poderia ser completamente remodelado por meio de aplicações de IA e da personalização do atendimento. Nesse cenário, pacientes teriam mais acesso à informação, a centralidade do ambiente hospitalar perderia lugar para os cuidados domiciliares – ou mesmo para fora do sistema formal de saúde – e decisões de alocação e priorização seriam tomadas por algoritmos treinados (WHO, 2021). Ainda nessa grande área, o trabalho da OCDE sobre a temática aponta ainda o avanço em cirurgias com uso de instrumentos robóticos baseados em IA (Hashiguchi, Slawomirski e Oderkirk, 2021).

8. A Food and Drug Administration (FDA), agência de vigilância sanitária do governo federal dos Estados Unidos, já aprovou mais de 697 *softwares* ou aparelhos com aplicações de IA, sendo que 87% deles na área de radiologia. Disponível em: https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-and-machine-learning-aiml-enabled-medical-devices. Acesso em: 9 jan. 2024.

A área de *pesquisa em saúde e desenvolvimento de medicamentos* é a mais madura em termos de ferramentas de IA em efetiva utilização. No caso do desenvolvimento de novos medicamentos e tratamentos, a OMS revela que a velocidade de análise de dados, a capacidade de simulação tridimensional de proteínas e patógenos e a possibilidade de recriar digitalmente condições dos organismos humanos já estão acelerando drasticamente o processo de PD&I e de testes clínicos de novas drogas e tratamentos (WHO, 2021). Considerando outros campos de pesquisa em saúde, a instituição relata o avanço das aplicações de IA em saúde digital e em genômica humana. O relatório técnico da OCDE sobre o tema (Hashiguchi, Slawomirski e Oderkirk, 2021) trata também do progresso na chamada medicina de precisão como um dos desdobramentos cruciais da incorporação da IA na pesquisa em saúde humana.[9]

Entre as quatro grandes áreas identificadas, o guia da OMS dedicou menos espaço e entusiasmo à *gestão e planejamento em sistemas de saúde*, mas o relatório técnico da OCDE dá destaque ao tema e afirma no título da subseção correspondente que a "utilização da IA para fins administrativos poderá ter o impacto mais imediato" (Hashiguchi, Slawomirski e Oderkirk, 2021, p. 14). De acordo com o documento, a gestão de um grande sistema de saúde é complexa e depende de uma série de sistemas informatizados (que deveriam ser) integrados de marcação de consultas e exames, apuração de custos, gestão de recursos humanos, pagamento, gestão de estoque etc. Aplicações de IA para gestão e planejamento em saúde poderiam impactar a realização de todas essas tarefas com enormes ganhos de eficiência.

*Saúde pública e vigilância sanitária*, a quarta e última grande área identificada pelo guia da OMS foi subdividida, por sua vez, em quatro subáreas: i) promoção da saúde, em que se poderia automatizar e individualizar a análise de comportamento de risco e a comunicação com os cidadãos por meio de *chatbots*; ii) prevenção de doenças, em que a IA poderia ser utilizada para analisar continuamente condições ambientais favoráveis ao adoecimento da população, como a presença de contaminantes na água e poluentes no ar, por exemplo; iii) vigilância e resposta inicial a surtos, com análise massiva de dados de instituições de saúde pública, de aplicativos de saúde digital e de redes sociais para detectar o surgimento de uma emergência sanitária e desenhar a resposta mais eficiente para sua contenção inicial; e iv) resposta a epidemias e pandemias, por meio do desenvolvimento rápido de modelos de rastreamento de vetores, métodos de pré-diagnóstico, ferramentas de análise de comportamento populacional e sobretudo de vacinas e tratamentos inovadores.

## QUADRO 2

**Grandes áreas e subáreas do setor de saúde e exemplos de impactos da IA, segundo a OMS e a OCDE**

| Grande área | Subáreas | Exemplos |
|---|---|---|
| Assistência à saúde | Conjunto de serviços diretamente voltados à promoção e preservação da saúde humana, em geral prestados por clínicas médicas, centros de diagnóstico, hospitais etc. | A FDA americana já aprovou centenas de aplicações de IA para realização de diagnósticos automatizados. |
| Pesquisa em saúde e desenvolvimento de medicamentos | Processo de PD&I e de testes clínicos de novas drogas, vacinas e tratamentos. | As grandes empresas do setor farmacêutico e as *startups* que desenvolvem terapias disruptivas usam intensivamente ferramentas de IA no processo de PD&I de novos medicamentos e tratamentos. |
| Gestão e planejamento em sistemas de saúde | Operacionalização de grandes sistemas públicos e privados de saúde, de equipamentos complexos como hospitais, de recursos humanos em saúde etc. | Grandes sistemas de saúde, como o NHS do Reino Unido, estão firmando parceria com desenvolvedores privados para a criação de aplicações múltiplas de IA alimentadas a partir de suas bases de dados. |

(Continua)

9. A medicina de precisão é no fundo uma soma da evolução em saúde digital – em que se tem um conjunto massivo de dados digitais de saúde de indivíduos – com avanços da genômica em nível individual, o que poderia levar a tratamento sob medida para cada paciente. Para uma visão mais aprofundada sobre o tema, ver De Negri e Uziel (2020).

(Continuação)

| Grande área | Subáreas | Exemplos |
|---|---|---|
| Saúde pública e vigilância sanitária | Promoção da saúde, prevenção de doenças, monitoramento e resposta a surtos de doenças, detecção e resposta a epidemias e pandemias. | Ferramentas de vigilância epidemiológica baseadas em IA têm sido empregadas por sistemas de saúde desde antes da pandemia global de covid-19, fazendo uso de monitoramento de redes sociais, cruzamento de dados de estabelecimentos de saúde, análise de imagens satelitais etc. para prever novos focos de arboviroses, por exemplo. |

Elaboração do autor.
Obs.: NHS – National Health System.

As promessas da IA para a saúde, como se pode ver, são ousadas e se espalham pelos mais diversos campos do setor.

## 3 GOVERNANÇA TECNOLÓGICA E GOVERNANÇA ANTECIPATÓRIA PARA TECNOLOGIAS EMERGENTES: CONCEITOS E DESAFIOS

O desenvolvimento e a adoção de novas aplicações de IA nas áreas listadas na seção anterior irão impactar decisivamente a gestão dos sistemas de saúde, a carteira de serviços prestados pelos agentes privados, a organização da força de trabalho especializada, a relação entre pacientes e profissionais da saúde e muitos outros aspectos fundamentais da estrutura atual do setor de saúde. Esse processo gera desafios de governança em múltiplas dimensões, como a trabalhista, a da gestão pública dos serviços de saúde, a concorrencial, a dos direitos do consumidor, entre outras. É essencial ressaltar que a governança tecnológica, por mais fundamental que seja quando se trata dos impactos de uma tecnologia emergente e disruptiva como a IA, é mais um dos múltiplos desafios que estão postos.

A definição mais atual adotada pela OCDE para governança tecnológica consta no portal da instituição dedicada ao tema[10] e foi baseada no capítulo 10 do *Science, Technology and Innovation Outlook* de 2018 (Winickoff e Pfotenhauer, 2018).

> Governança tecnológica pode ser definida como o processo de exercício da autoridade política, econômica e administrativa no desenvolvimento, difusão e operação da tecnologia nas sociedades. Pode consistir em normas (por exemplo, regulamentos, padrões e costumes), mas também pode ser operacionalizada através de arquiteturas físicas e virtuais que gerenciam riscos e benefícios. A governança tecnológica diz respeito às atividades formais do governo, mas também às atividades das empresas, organizações da sociedade civil e comunidades de prática. No seu sentido mais amplo, representa a soma das muitas maneiras pelas quais os indivíduos e as organizações moldam a tecnologia e como, inversamente, a tecnologia molda a ordem social (tradução nossa).[11]

10. Disponível em: https://www.oecd.org/sti/science-technology-innovation-outlook/technology-governance/. Acesso em: 16 jan. 2024.

11. "*Technology governance can be defined as the process of exercising political, economic and administrative authority in the development, diffusion and operation of technology in societies. It can consist of norms (e.g. regulations, standards and customs), but can also be operationalised through physical and virtual architectures that manage risks and benefits. Technology governance pertains to formal government activities, but also to the activities of firms, civil society organisations and communities of practice. In its broadest sense, it represents the sum of the many ways in which individuals and organisations shape technology and how, conversely, technology shapes social order*".

Os métodos e instrumentos de governança tecnológica são classificados pela literatura especializada em duas grandes linhas de abordagem: regulação *ex post* e governança antecipatória. A abordagem *ex post*, mais tradicional, é baseada em uma avaliação de risco tecnológico e testagem de produtos já desenvolvidos (Winickoff e Pfotenhauer, 2018). Essa análise pode ser realizada por agências governamentais e constituir um requisito para a entrada de um produto no mercado, como no caso de novos medicamentos ou de sementes transgênicas; também pode ser conduzida por agentes certificadores privados, como no caso dos equipamentos de telecomunicações; ou ainda ser realizada pelos próprios desenvolvedores do produto e ter caráter voluntário, como em muitos modelos de autorregulação.

Um modelo de governança integralmente baseado em mecanismos *ex post*, porém, enfrenta o chamado dilema de Collingridge (Winickoff e Pfotenhauer, 2018; OECD, 2023), segundo o qual i) é fácil e barato controlar uma tecnologia em seus estágios iniciais, mas ainda não se pode saber quais serão seus desdobramentos e impactos reais, portanto, corre-se o risco de sufocar trajetórias tecnológicas virtuosas e não conter as que são efetivamente danosas; e ii) quando uma tecnologia chega a um estágio elevado de maturidade, controlá-la pode-se revelar algo extraordinariamente difícil e custoso, uma vez que já foram realizados investimentos significativos e há expectativas políticas e econômicas acerca de sua adoção.

A solução apontada na literatura especializada é adotar uma abordagem que traga a governança para dentro do processo de inovação, de modo a direcioná-lo continuamente em todas as suas etapas. A ideia de uma governança antecipatória e integrada ao esforço inovativo surgiu há duas décadas no âmbito de discussões sobre nanotecnologia lideradas por pesquisadores como David Guston, Daniel Sarewitz e Daniel Barben, e logo foi adotada pela OCDE como modelo de política pública para governança tecnológica e do processo de inovação em geral (Tõnurist e Hanson, 2020). A governança antecipatória permitiria o alinhamento das atividades de PD&I de tecnologias emergentes com os desafios societais definidos pela coletividade (Winickoff e Pfotenhauer, 2018; OECD, 2023).

Os capítulos dedicados ao tema no *Science, Technology and Innovation Outlook* da OCDE de 2018 e 2023 trazem exemplos de instrumentos de governança antecipatória que podem ser adotados para tornar o processo de inovação mais inclusivo e direcionado: i) formação de agenda participativa em processos de inovação orientados por missões; ii) adoção de métodos de cocriação e inovação aberta; iii) critérios de *design* ético e padronização para tecnologias emergentes; e iv) análise prospectiva de trajetórias tecnológicas. Esses e outros instrumentos similares podem ser adotados seletivamente ou em conjunto, de acordo com o *design* da política desejado para uma determinada tecnologia emergente.

Mecanismos de governança antecipatória não eliminam a necessidade de uma regulação *ex post* tradicional. Pelo contrário, uma estrutura de governança tecnológica completa demanda a integração de instrumentos das duas naturezas. Um bom exemplo disso é a Executive Order on the Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence, um decreto presidencial editado pelo governo estadunidense em outubro de 2023. A norma adota medidas de regulação *ex post* – como testagem prévia de modelos de IA particularmente poderosos pelo órgão do governo americano de padronização e metrologia,[12] necessidade de aprovação estatal para venda de capacidade computacional por empresas estadunidenses a estrangeiros, obrigação do uso de marcas d'água em conteúdo audiovisual gerado por IA etc. –, bem como instrumentos de governança antecipatória – como fortalecimento de agências públicas dedicadas à pesquisa em IA, fomento a parcerias entre institutos públicos de pesquisa, universidades e empresas, estandardização, entre outros.[13]

12. Trata-se do National Institute of Standards and Technology (NIST).

13. Disponível em: https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2023/10/30/executive-order-on-the-safe-secure-and-trustworthy-development-and-use-of-artificial-intelligence/. Acesso em: 19 jan. 2023.

A governança tecnológica tem uma forte sobreposição com políticas de ciência, tecnologia e inovação (CTI). Ela engloba dimensões externas aos Sistemas Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), sobretudo as de caráter regulatório *ex post*, mas a intenção de orientar a etapa de desenvolvimento de uma tecnologia se materializa por meio de políticas de CTI, concebidas para resolver desafios societais e também para favorecer a competitividade nacional em setores industriais e tecnologias específicas (Paic e Viros, 2019).

Todos os documentos de referência da OCDE sobre governança tecnológica reforçam que o tema pertence à esfera governamental e de política pública, mas também diz respeito a outros *stakeholders* estratégicos, como desenvolvedores de tecnologias e o público em geral. Mazzucato (2022), cuja obra tem ganhado grande influência na concepção de um novo desenho para políticas de inovação e industrial mundo afora, argumenta que os governos precisam exercer um papel de liderança perante os demais agentes envolvidos, o que, segundo a autora, tem se tornado cada vez mais difícil com a progressiva redução das capacidades estatais acarretada pela adoção de políticas de austeridade fiscal.

Instrumentos de governança antecipatória exigem uma atuação proativa de instituições públicas na realização e no fomento de PD&I orientado por missões, sobretudo quando em parceria com o setor privado, realização de análises prospectivas de trajetórias tecnológicas, criação de parâmetros de *design* ético etc. Em consonância com as observações de Mazzucato (2022) sobre a questão, o portal oficial da OCDE sobre governança de IA aponta que a assimetria entre as capacidades estatais e as de desenvolvedores privados quanto ao domínio da tecnologia é um dos grandes desafios a ser enfrentado.[14]

> Um dos desafios mais significativos para a governança de IA decorre do fato de as capacidades críticas de IA no setor privado – concentradas em um pequeno número de empresas de tecnologia – excederem em muito as do setor público. Esta assimetria será provavelmente uma das questões mais importantes no desenvolvimento a longo prazo de sistemas de IA socialmente benéficos (tradução nossa).[15]

Diante disso, governos de alguns países vêm buscando fortalecer suas capacidades internas relacionadas à IA. O decreto presidencial do governo estadunidense, já citado, trata detalhadamente da criação de capacidades tecnológicas em IA nas agências públicas e da contratação de especialistas na tecnologia para posições governamentais, tanto na área de PD&I como na de regulação. Há outros casos relevantes, como o do Reino Unido, que está criando uma nova instituição pública para lidar com o tema, o AI Safety Institute.[16] A França, no entanto, decidiu adotar estratégia similar à dos Estados Unidos, fortalecendo unidades de governo preexistentes, como o Etalab.[17] Nessa mesma linha, vale citar o anúncio da criação do European AI Office no âmbito da Comissão Europeia, instituído em decorrência da aprovação da Lei de IA pela União Europeia, que deverá reunir *expertise* para regulação e fomento da IA no continente europeu.

O que se pode extrair das recomendações da literatura acadêmica e de organismos internacionais como OMS e OCDE é que o setor de saúde tem tantas especificidades no seu processo de PD&I e em suas características regulatórias que, mesmo que venha a se beneficiar de arranjos mais gerais de governança de IA, demanda uma estrutura própria de governança.

14. Disponível em: https://www.oecd.org/sti/science-technology-innovation-outlook/technology-governance/engagewiththeprivatesector.htm. Acesso em: 19 jan. 2023.

15. "*One of the most significant challenge for governance in the field of AI comes from the fact that critical AI capabilities in the private sector – concentrated in a small number of tech-firms – far exceed those in the public sector. This asymmetry is likely to be one of the most important issues in the long-term development of socially beneficial AI systems*".

16. Disponível em: https://www.gov.uk/government/publications/ai-safety-institute-overview/introducing-the-ai-safety-institute. Acesso em: 19 jan. 2023.

17. Disponível em: https://www.conseil-etat.fr/en/news/turning-to-artificial-intelligence-for-better-public-service. Acesso em: 19 jan. 2023.

## 4 GOVERNANÇA TECNOLÓGICA E GOVERNANÇA ANTECIPATÓRIA DA IA EM SAÚDE

A IA traz esperança de ganhos de produtividade e eficiência no setor de saúde, mas também alimenta temores de que, se utilizada de forma equivocada ou mesmo mal-intencionada, venha a causar danos a pacientes, a profissionais de saúde e à saúde da população em geral. A ansiedade com o emprego da tecnologia na saúde precede o lançamento recente de LLMs: ainda em 2019 a National Academy of Medicine dos Estados Unidos divulgou um relatório intitulado *Artificial Intelligence in Health Care: the hope, the hype, the promise, the peril* com uma análise compreensiva do tema e dos riscos associados (Matheny *et al*., 2019). Os editores do relatório publicaram um sumário executivo do documento no *Journal of American Medical Association* (Jama), destacando que o desalinhamento entre expectativas e realidade acerca das aplicações de IA em saúde poderia levar a um novo "inverno da IA"[18] específico para o setor (Matheny *et al*., 2020).

Boa parte das publicações sobre governança da IA em saúde foca os instrumentos tradicionais de regulação *ex post*, mapeando instrumentos vigentes do marco regulatório do setor que já se aplicariam a produtos e serviços de saúde baseados em IA; sugerindo mecanismos de validação pré-comercial e monitoramento pós-lançamento de modelos de IA; abordando os desafios de proteção de dados pessoais e a necessidade de transparência algorítmica; e levantando a questão da responsabilidade sobre danos causados (Matheny *et al*., 2019; Reddy *et al*., 2020; Sande *et al*., 2022; Shah *et al*., 2023).

Entretanto, há também as que defendem a adoção de instrumentos de governança antecipatória, mesmo sem fazer uma referência explícita ao conceito. Em um estudo oficial de 2019, o British Standards Institution e a Association for the Advancement of Medical Instrumentation advogam uma padronização internacional para aplicações de IA em saúde. Schwalbe e Wahl (2020), uma das fontes acadêmicas do guia da OMS, sugerem a criação de uma agenda de pesquisa global baseada nas demandas efetivas dos sistemas de saúde, de forma a apoiar os esforços de desenvolvimento de IA para saúde em países de renda baixa e média. Por fim, Morley *et al*. (2022), em artigo intitulado *Governing data and artificial intelligence for health care: developing an international understanding*, defendem a adoção de boa parte do instrumental da governança antecipatória de tecnologias emergentes referenciado pela OCDE: esforço inovativo guiado por estratégias nacionais, formulação participativa de estandardização internacional, engajamento da sociedade civil, iniciativas de inovação aberta, *testbeds* (plataforma de testes) para novas aplicações e cocriação com engajamento do setor público, privado e da sociedade civil.

O guia da OMS não destoa do cenário encontrado na literatura acadêmica, adotando uma abordagem de governança focada no controle dos riscos que as aplicações de IA já desenvolvidas poderiam acarretar. A publicação divide suas recomendações em quatro áreas de governança: i) governança de dados; ii) controle e repartição de benefícios; iii) governança do setor privado; e iv) observatório de políticas públicas e legislação de referência e governança global da IA. Nas seções que tratam de repartição de benefícios e da governança do setor privado, há recomendações a respeito de como governos devem fomentar PD&I que não gere direitos de propriedade intelectual, além de como deveriam ser conduzidas as parcerias público-privadas (PPPs) para o desenvolvimento de aplicações de IA em saúde. Contudo, a predominância entre as recomendações é de instrumentos de regulação *ex post*, os quais foram posteriormente detalhados em relatório específico sobre regulação (WHO, 2023).

18. O termo inverno de IA se refere aos períodos em que houve declínio no entusiasmo com a tecnologia, com reflexos diretos no volume de PD&I. Limitações técnicas de modelos de IA somadas a expectativas exageradas de especialistas e do mercado são as causas mais frequentes desses eventos.

De acordo com a OCDE, no entanto, um número considerável de países está incorporando dimensões de governança tecnológica em suas políticas de CTI. Levantamento realizado pelo observatório de políticas de CTI da organização, o EC-OECD STIP Compass,[19] mostra que boa parte deles adota instrumentos de governança antecipatória, como a formulação de estratégias nacionais, consultas formais a especialistas e *stakeholders*, análise preditiva, criação de plataformas colaborativas, padronização e políticas de fomento direcionadas.

Os dados do STIP Compass não estão desagregados por setor e tecnologia emergente, portanto, não é possível saber à primeira vista o quanto disso se aplica ao uso de IA em saúde. Porém, dados do observatório de políticas públicas sobre IA da OCDE,[20] o OECD.AI Policy Observatory, informam que há dezenas de iniciativas nacionais sobre o tema, e boa parte delas adota instrumentos de governança tecnológica antecipatória. Medidas recentemente adotadas por governos de países pioneiros no desenvolvimento de IA, como Estados Unidos e Reino Unido, fazem crer que há uma forte movimentação do setor público na direção de uma governança mais proativa e envolvida no processo inovativo.

No caso dos Estados Unidos, o National Institute of Health (NIH), a National Science Foundation e a FDA mantêm há alguns anos programas com a finalidade de acelerar e direcionar o desenvolvimento de aplicações de IA em saúde,[21] mas sua atuação deve mudar de patamar em virtude do mencionado decreto presidencial do governo Joe Biden sobre governança de IA. Com efeito, IA em saúde é um dos temas centrais do documento, que determina a adoção de um amplo conjunto de medidas de governança antecipatória pelas agências executivas do governo federal dos Estados Unidos. A norma, entre outras disposições, demanda a criação de estratégias nacionais, iniciativas de PPP para desenvolvimento tecnológico, concessão de fomento para PD&I, implantação de centros de pesquisa, contratação de mão de obra especializada para agências federais, treinamento da atual força de trabalho, criação de *frameworks* regulatórios e de avaliação tecnológica.

O Reino Unido, por sua vez, tem uma estratégia ampla para o desenvolvimento e a adoção de ferramentas de IA em seu sistema público de saúde – o NHS. O Transformation Directorate do NHS estruturou iniciativas de mapeamento e monitoramento das aplicações de IA já em uso no sistema de saúde, desenhou *frameworks* para desenvolvedores, criou painéis com especialistas da academia e sociedade civil para estabelecer diretrizes éticas, investiu na atualização da força de trabalho e criou o NHS AI Lab, com a missão de envolver governo, academia, empresas e sociedade civil em um ambiente de colaboração e cocriação de IA para a saúde.[22]

Esses são apenas exemplos, no entanto. Uma compreensão estruturada do que está acontecendo em termos de governança tecnológica de IA em saúde, sobretudo no caso da governança antecipatória, demanda a compilação e análise individualizada das medidas[23] que estão sendo adotadas nos países que lideram o esforço de desenvolvimento dessa tecnologia. É preciso ressaltar que há um enorme *gap* em termos de capacidade inovativa e de governança em IA para saúde entre países de renda alta e países de renda média e baixa (Schwalbe e Wahl, 2020; WHO, 2021), de forma que é investigando o cenário dos primeiros que se pode ter uma ideia do que está por vir para os últimos.[24]

19. Disponível em: https://www.oecd.org/sti/science-technology-innovation-outlook/technology-governance/. Acesso em: 19 jan. 2023.

20. Disponível em: https://oecd.ai/en/dashboards/policy-areas/PA11. Acesso em: 19 jan. 2023.

21. São programas como o Accelerating Medicines Partnership, Big Data to Knowledge, R&D Workforce Training, entre outros.

22. Disponível em: https://transform.england.nhs.uk/ai-lab/. Acesso em: 19 jan. 2023.

23. Como adoção de instrumentos de regulação *ex post*, orientação estratégica dos esforços de PD&I, estandardização, engajamento social, realização de *testbeds*, iniciativas de inovação aberta etc.

24. Essa é a abordagem expressamente adotada no guia *Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health: WHO guidance* (WHO, 2021).

Alguns desses países de renda elevada, com destaque para os Estados Unidos, estão consideravelmente mais avançados no que diz respeito ao uso de instrumentos da política de CTI para dar direcionalidade ao processo de desenvolvimento tecnológico. Trata-se de estratégias, missões, programas e projetos que podem abarcar atividades de PD&I conduzidas por instituições públicas, concessão de recursos de fomento para PD&I privado, atividades de PD&I em regime de PPPs, iniciativas de inovação aberta, investimentos em infraestrutura de pesquisa compartilhada e formação de recursos humanos especializados – instrumentos que estão sendo articulados em políticas públicas mais amplas ou utilizados de forma desagregada em iniciativas específicas.[25] Por meio de uma análise detalhada dessas políticas e iniciativas será possível discernir quais caminhos estão sendo tomados pelos governos de países líderes em IA para a criação de capacidade interna de PD&I e de análise tecnológica preditiva (Lee *et al*., 2012; Breznitz, 2014), bem como de que forma estão conduzindo suas PPPs e atividades de cocriação e de inovação aberta (Lv, 2014).

Com as informações públicas disponíveis é possível listar, categorizar e analisar as medidas de governança tecnológica, sejam elas *ex post* ou antecipatórias, que estão sendo adotadas em países de renda alta. Mas ainda não é possível, pelo fato de serem recentes, saber se estão atingindo os objetivos finais almejados pelos formuladores das políticas públicas. Por ora, portanto, não se poderá determinar se os Estados estão conseguindo exercer um papel de liderança no desenvolvimento da tecnologia, conforme recomendado por Mazzucato (2022), e se esse esforço de governança tem gerado direcionalidade ao desenvolvimento da IA em saúde ou se está funcionando apenas para acelerar o processo de inovação (Pfotenhauer e Juhl, 2017).

Um outro desafio é entender como os achados da investigação sobre governança antecipatória em países desenvolvidos se aplicam a países de renda média e baixa, sobretudo ao Brasil. A literatura converge para reconhecer que países em desenvolvimento têm demandas específicas em termos de governança de sistemas de inovação e de governança tecnológica propriamente dita (Altenburg, 2009; Kuhlmann e Ordóñez-Matamoros, 2017), de forma que não é metodologicamente razoável simplesmente apresentar medidas bem-sucedidas em países de renda alta como recomendações para todos os demais. No caso do Brasil, que é um país de renda média com um sistema de CTI consolidado, é preciso avaliar que políticas e iniciativas já estão sendo implementadas, quais são as capacidades instaladas no setor público e a partir daí avaliar que caminhos podem ser adotados para a estruturação de um modelo de governança tecnológica eficiente, que complemente instrumentos de regulação *ex post* com uma capacidade de governança antecipatória efetiva.

## 5 CONCLUSÃO

Enquanto a mídia e um público amplo acompanham com interesse a disputa das *big techs* pelo desenvolvimento pioneiro de um modelo que possa ser considerado AGI, aplicações mais específicas de IA já estão sendo empregadas em diversos setores da economia. No caso da saúde, publicações especializadas dão conta do emprego da tecnologia em todas as grandes áreas do setor – em algumas de forma ainda incipiente, como na clínica médica, e em outras em estágio avançado, como no caso do processo de PD&I de novos fármacos e tratamentos.

O desenvolvimento acelerado vem gerando expectativa e ansiedade diante dos elevados benefícios e riscos que a IA pode trazer à humanidade, e a consequência em termos de política pública dessa ambiguidade é uma tensão constante entre a intenção de governos de acelerar o processo inovativo e ao mesmo tempo controlar seus resultados. Essa tensão está na base do desenho de uma estrutura de governança tecnológica. A governança tecnológica antecipatória é uma abordagem que pretende dar direcionalidade

25. Um exemplo de agregação de instrumentos é o citado decreto executivo do governo Biden; um bom exemplo de iniciativa específica é a criação do Centro de Recursos para uma IA Confiável e Responsável pelo National Institute of Standards and Technology (NIST).

ao esforço inovativo por meio da integração de instrumentos de governança no âmago do processo de desenvolvimento tecnológico, em complementação aos instrumentos regulatórios *ex post*, que entram em ação quando um novo produto ou processo já está em vias de ser comercializado ou mesmo no mercado.

O tema da governança de IA em saúde vem sendo explorado na literatura acadêmica e em relatórios de organismos governamentais e multilaterais, mas ainda há pouco acúmulo no que diz respeito ao uso de instrumentos de governança antecipatória. No entanto, há uma série de medidas e iniciativas de natureza antecipatória sendo adotadas em países de renda alta, sobretudo nos que lideram o desenvolvimento tecnológico de IA. Países de renda média e baixa que tenham expectativa de um *catch up* tecnológico e regulatório de alguma ordem, como o Brasil, têm o desafio de traçar um panorama dessas ações em governança e analisar o que seria pertinente para seu cenário doméstico.

## REFERÊNCIAS


ALTENBURG, T. Building inclusive innovation systems in developing countries: challenges for IS research. *In*: LUNDVALL, B. *et al*. (Ed.). **Handbook of innovation systems and developing countries**: building domestic capabilities in a global setting. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2009. chap. 2.

BREZNITZ, D. Development, flexibility, and R&D performance in the Taiwanese IT industry: capability creation and the effects of state-industry co-evolution. **Industrial and Corporate Change**, v. 14, n. 1, p. 153-187, 2014.

BSI – BRITISH STANDARDS INSTITUTION; AAMI – ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF MEDICAL INSTRUMENTATION. **The emergence of artificial intelligence and machine learning algorithms in healthcare**: recommendations to support governance and regulation. [s.l.]: BSI; AAMI, 2019. (Position Paper).

BYUN, J.; STUHLMÜLLER, A. Elicit: language models as research tools. *In*: OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Artificial intelligence in science**: challenges, opportunities and the future of research. Paris: OECD Publishing, 2023.

DE NEGRI, F.; UZIEL, D. **O que é medicina de precisão e como ela pode impactar o setor de saúde?** Rio de Janeiro: Ipea, 2020. (Texto para Discussão, n. 2557).

HASHIGUCHI, T.; SLAWOMIRSKI, L.; ODERKIRK, J. **Laying the foundations for artificial intelligence in health**. Paris: OECD Publishing, 2021. (OECD Health Working Papers, n. 128).

HOLZINGER, A. *et al*. AI for life: trends in artificial intelligence for biotechnology. **New Biotechnology**, v. 74, p. 16-24, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.nbt.2023.02.001.

KUBOTA, L. The role of the executive branch in the regulation of AI: the experience of Japan, UK, USA, and lessons for Brazil. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior. Brasília: Ipea, n. 73, p. 7-12, ago. 2023.

KUHLMANN, S.; ORDÓÑEZ-MATAMOROS, G. (Ed.). **Research handbook on innovation governance for emerging economies**: towards better models. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2017.

LEE, D. H. *et al*. Collaboration network patterns and research performance: the case of Korean public research institutions. **Scientometrics**, v. 91, p. 925-942, 2012.

LV, P. How does openness affect innovation? Evidence from national key laboratories in China. **Science and Public Policy**, v. 41, n. 2, p. 180-193, 2014.

MATHENY, M. E. *et al*. (Ed.). **Artificial intelligence in health care**: the hope, the hype, the promise, the peril. Washington, DC: National Academy of Medicine, 2019.

MATHENY, M. E. *et al*. Artificial intelligence in health care: a report from the National Academy of Medicine. **Journal of American Medical Association**, v. 323, n. 6, 2020.

MAZZUCATO, M. **Missão economia**: um guia inovador para mudar o capitalismo. São Paulo: Portfólio Penguim, 2022.

MORLEY, J. *et al*. Governing data and artificial intelligence for health care: developing an international understanding. **JMIR Formative Research**, v. 6, n. 1, 2022.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Trustworthy AI in health**: background paper for the G20 AI dialogue, digital economy task force. [s.l.]: OECD, 2020.

_____. **OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023**: enabling transitions in times of disruption. Paris, OECD Publishing, 2023.

PAIC, A.; VIROS, C. **Governance of science and technology policies**. Paris: OECD Publishing, 2019. (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, n. 84).

PFOTENHAUER, S. M.; JUHL, J. Innovation and the political state: beyond the myth of technologies and markets. *In*: GODIN, B.; VINCK, D. (Ed.). **Critical studies of innovation**: alternative approaches to the pro-innovation bias. London: Routledge, 2017. p. 68-94.

QURESHI, R. *et al*. AI in drug discovery and its clinical relevance. **Heliyon**, v. 9, n. 7, 2023.

RAJPURKAR, P. *et al*. AI in health and medicine. **Nature Medicine**, v. 28, p. 31-38, 2022.

REDDY, S. *et al*. A governance model for the application of AI in health care. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 27, n. 3, p. 491-497, March 2020.

SANDE, D. van de *et al*. Developing, implementing and governing artificial intelligence in medicine: a step-by-step approach to prevent an artificial intelligence winter. **BMJ Health Care Informatics**, v. 29, n. 1, 2022.

SCHWALBE, N.; WAHL, B. Artificial intelligence and the future of global health. **Lancet**, v. 395, n. 10236, p. 1579-1586, May 2020.

SHAH, N. H. *et al*. A nationwide network of health AI assurance laboratories. **Journal of American Medical Association**, v. 331, n. 3, Dec. 20, 2023.

TÕNURIST, P.; HANSON, A. **Anticipatory innovation governance**: shaping the future through proactive policy making. Paris: OECD Publishing, 2020. (OECD Working Papers on Public Governance, n. 44).

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Ethics and governance of artificial intelligence for health**: WHO guidance. Geneva: WHO, 2021.

_____. **Regulatory considerations on artificial intelligence for health**. Geneva: WHO, 2023.

WINICKOFF, D.; PFOTENHAUER, S. M. Technology governance and the innovation process. *In*: OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018**: adapting to technological and societal disruption. Paris: OECD Publishing, 2018.

**Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

**EDITORIAL**

**Coordenação**
Aeromilson Trajano de Mesquita

**Assistentes da Coordenação**
Rafael Augusto Ferreira Cardoso
Samuel Elias de Souza

**Supervisão**
Aline Cristine Torres da Silva Martins

**Revisão**
Bruna Neves de Souza da Cruz
Bruna Oliveira Ranquine da Rocha
Carlos Eduardo Gonçalves de Melo
Crislayne Andrade de Araújo
Elaine Oliveira Couto
Luciana Bastos Dias
Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos
Vivian Barros Volotão Santos
Deborah Baldino Marte (estagiária)
Maria Eduarda Mendes Laguardia (estagiária)

**Editoração**
Aline Cristine Torres da Silva Martins
Camila Guimarães Simas
Leonardo Simão Lago Alvite
Mayara Barros da Mota

**Capa**
Leonardo Hideki Higa

**Projeto Gráfico**
Leonardo Hideki Higa

*The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.*

Roboto condensed regular 8/10,8 (texto)
Roboto condensed bold 13 (títulos, gráficos e tabelas)
Rio de Janeiro-RJ

Logotipo/slogan de governo removido em observancia ao disposto no art. 40 da Lei n 9.504/1997

**Missão do Ipea**
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO