



Benchmarking
de indicadores de
inteligência artificial





cg^{ee}

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação



Benchmarking
de indicadores de
inteligência artificial

BRASÍLIA – 2024

*Organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)
Instituição interveniente: Ministério da Educação (MEC)*



© Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como organização social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo de processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

DIRETOR-PRESIDENTE

Fernando Cosme Rizzo Assunção

DIRETORES

Anderson Stevens Leonidas Gomes

Ary Mergulhão Filho (até 16/11/2023)

Carlos Roberto Fortner

EDIÇÃO | *Danúzia Queiroz/Contexto Gráfico*

DIAGRAMAÇÃO CAPA E INFOGRÁFICOS | *Contexto Gráfico*

PROJETO GRÁFICO | *Núcleo de design gráfico do CGEE*

COORDENAÇÃO DA COMUNICAÇÃO INTEGRADA | *Jean Marcel da Silva Campos*

APOIO TÉCNICO AO PROJETO | *Paula Oliveira Gomes*

Catalogação na fonte

C389b

Benchmarking de indicadores de inteligência artificial. Brasília:
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, 2024.

44 p.: il.

ISBN 978-65-5775-077-3

1. Tecnologia da informação e comunicação. 2. Ambiente digital.

3. Transformação digital. 4. Inteligência artificial. I. CGEE. II. MCTI.

II. Título.

CDU 004 (81)

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, SCS Qd 9, Bl. C, 4º andar, Ed. Parque Cidade Corporate, 70308-200, Brasília, DF, Telefone: (61) 3424.9600

 @CGEE_oficial |  www.cgee.org.br |  @CGEE

 @CGEE_oficial |  @Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

Referência bibliográfica:

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Benchmarking de indicadores de inteligência artificial**. Brasília: 2024. 44 p.

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do Contrato de Gestão CGEE 2022 - 2030 – 4º Termo Aditivo ao projeto “Subsídios e suporte à gestão estratégica das políticas e dos projetos estruturantes de transformação digital”. Atividade: 1.10.01.05.03.03 /Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação/2023.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte.



Benchmarking de indicadores de inteligência artificial

SUPERVISÃO

Ary Mergulhão Filho

EQUIPE TÉCNICA DO CGEE

Caroline Nascimento Pereira (coordenadora)

Isabela Quadros Dantas Barros

CONSULTORIA

Henrique Nogueira de Sá Earp

Leonardo Tomazeli Duarte

Ricardo Suyama



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Onde o futuro está presente



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. LEVANTAMENTO DOS INDICADORES SUGERIDOS PARA O OBSERVATÓRIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (OBIA) EM ESTRATÉGIAS INTERNACIONAIS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)	13
3. LEVANTAMENTO DE INDICADORES PREVALENTES NAS ESTRATÉGIAS INTERNACIONAIS DE IA NÃO INCLUÍDOS NA LISTA DO OBIA	21
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	29
Apêndices	
APÊNDICE A – OBSERVATÓRIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (OBIA)	35
APÊNDICE B – ESTRATÉGIA BRASILEIRA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (EBIA)	39

LISTA DE FIGURAS	43
LISTA DE QUADROS	43
SIGLAS E ABREVIATURAS ENCONTRADAS NESTA PUBLICAÇÃO	44



APRESENTAÇÃO

Esta publicação é resultado de uma demanda da Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Transformação Digital do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (Setad/MCTI) ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), no âmbito do projeto **Subsídios e suporte à gestão estratégica das políticas e dos projetos estruturantes de transformação digital**. Este projeto busca elaborar estudos estratégicos a fim de acelerar a transformação digital na sociedade brasileira, bem como dar subsídios para as ações e políticas elaboradas pela Setad/MCTI.

A transformação digital pode ser definida como um processo de mudança estrutural que incorpora o uso de tecnologias digitais na busca por melhor desempenho, otimização de resultados e mudanças procedimentais em diversas esferas de uma sociedade, tais como: economia, governo, ciência, educação, indústria, mercado de trabalho, saúde, cidades, comunicação global, turismo, agronegócio, entre outros.

As tecnologias digitais proporcionam as ferramentas para uma profunda transformação na atuação do governo, na competitividade e produtividade das empresas, assim como na capacitação e inclusão na sociedade, para que todos possam se desenvolver e prosperar. Dentre essas ferramentas, destaca-se a inteligência artificial (IA), que vem sendo apontada como uma das principais tecnologias em curso e com potencial de causar grandes impactos na sociedade como um todo.

Considerando este cenário, em 2021, foi lançada a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (Ebia), com o propósito a nortear as ações do Estado brasileiro em prol do desenvolvimento de iniciativas, em suas várias vertentes, que estimulassem a pesquisa, a inovação e o desenvolvimento de soluções em IA, bem como seu uso consciente, ético e em prol de um futuro melhor.

A Ebia foi concebida com objetivos e ações, mas padece, desde seu princípio, da ausência de indicadores. Nesse sentido, o presente estudo pretende lançar luz sobre indicadores que poderiam ser desenvolvidos no Brasil, considerando o que vem sendo elaborado com maior destaque em alguns países. A partir desses indicadores, seria possível realizar o devido acompanhamento dos resultados alcançados e avaliar os ganhos gerados pela introdução da inteligência artificial no Brasil.



Desse modo, o CGEE e a Setad/MCTI esperam, com este conteúdo, contribuir para a elaboração de indicadores de inteligência artificial no País, de modo a fornecer informações embasadas e estruturadas sobre o atual nível de desenvolvimento e adoção da IA no Brasil.

Caroline Nascimento Pereira

Líder do projeto no CGEE.



1. INTRODUÇÃO

A construção de estratégias relacionadas às novas tecnologias, como a inteligência artificial (IA), vem sendo foco de políticas de estado de países que visam ao protagonismo geopolítico e à alavancagem de seu progresso econômico, social e cultural. Tais esforços são acompanhados da elaboração de mecanismos para o monitoramento dos impactos, nas mais diferentes frentes, dessas tecnologias. Entre esses mecanismos, a definição estratégica de indicadores, capazes de fornecer uma representação fidedigna dos diferentes impactos da IA, mostra-se como ação importante dos países líderes da área.

A tarefa de definir indicadores exige uma compreensão dos diferentes aspectos envolvidos, como os impactos econômicos e a qualidade de vida da população. Além disso, é importante que os indicadores definidos sejam de fácil aquisição e que possam ser atualizados periodicamente, por meio de processos de trabalho factíveis e previamente estabelecidos.

Diante desse contexto e tendo em vista a criação recente da Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (Ebia) (BRASIL, 2021), o presente estudo visa a contribuir com a proposição de indicadores de inteligência artificial para o Brasil, a partir do levantamento de indicadores existentes nas estratégias de inteligência artificial de países selecionados (*benchmarking*).

A partir disto, o objetivo geral do estudo é realizar um levantamento de indicadores internacionais relacionados ao desenvolvimento, sob diferentes perspectivas, da IA, de modo a fornecer subsídios à Ebia e ao Observatório Brasileiro de Inteligência Artificial (Obia) (NIC.br, 2023).

A criação de um observatório consta como uma das ações estratégicas da Ebia no eixo 2 – Governança de IA, como segue: “*Criar um observatório de Inteligência Artificial no Brasil, que possa se conectar a outros observatórios internacionais*”. Esta ação está sob responsabilidade do Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br) e conta com as parcerias do Centro de Gestão e Estudos e Estratégicos (CGEE), da Fundação Seade e da C4AI da Universidade de São Paulo (USP).



Entre os objetivos específicos do estudo estão:

- Realizar *benchmarking* de um conjunto de indicadores inicialmente listados para compor o Obia.¹
- Identificar indicadores internacionais, com métricas referentes à IA, para além dos indicadores previamente listados para compor o Obia.
- Elaborar uma lista com proposição de indicadores com base nos indicadores observados no *benchmarking* com países selecionados.

Os objetivos descritos acima serão atingidos por uma abordagem em três etapas:

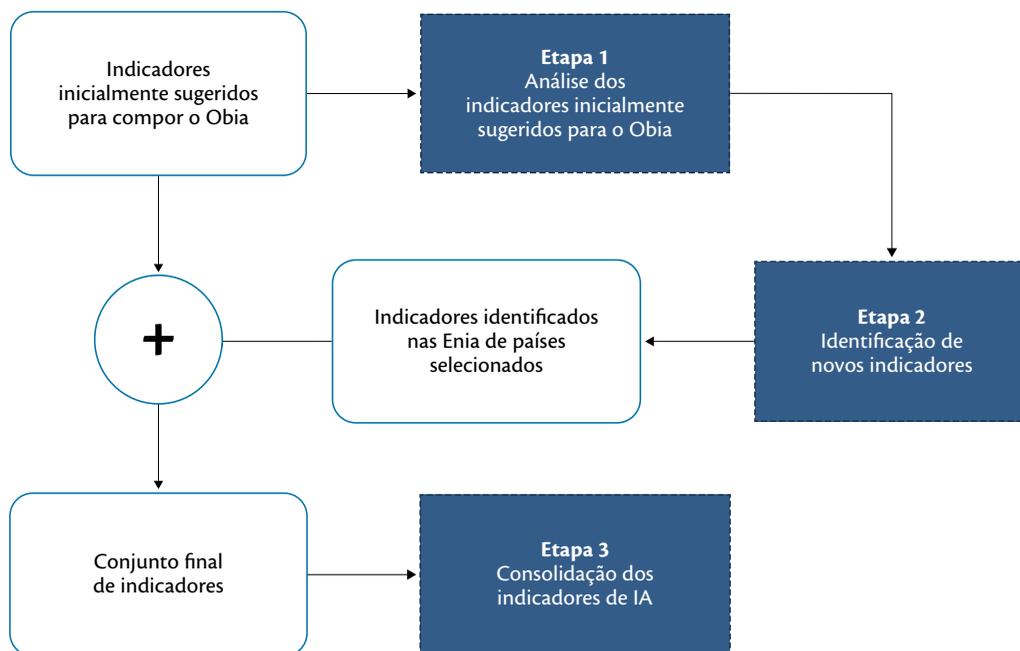


Figura 1 – Metodologia adotada no estudo

Fonte: Elaboração própria.

¹ Ao longo do estudo, menciona-se que se trata de indicadores inicialmente listados para o Obia. A ênfase no termo inicialmente ou preliminarmente se deve ao fato de que o processo de construção do Observatório e de seus indicadores é um processo dinâmico e que poderá sofrer alterações conforme a verificação da disponibilidade de dados e a pertinência das informações.



Etapa 1 – Análise dos indicadores inicialmente sugeridos para compor o Obia

A partir de um conjunto de indicadores inicialmente listados para compor o Obia, será realizada a identificação da presença de tais indicadores em estratégias e/ou planos de ação em IA estabelecidos por um conjunto de países selecionados.

Etapa 2 – Identificação de indicadores ausentes na lista de indicadores inicialmente sugeridos para compor o Obia

A partir do estudo aprofundado realizado na Etapa 1, haverá a identificação, nas estratégias de IA de países selecionados, de outros indicadores relevantes que não foram considerados inicialmente para a lista de indicadores sugeridos para compor o Obia. Essa identificação será baseada em aspectos, como frequência de determinado indicador nas diferentes estratégias analisadas e sua presença em documentos gerados por observatórios e centros de IA de referência mundial.

Etapa 3 – Consolidação dos indicadores de IA

A partir das Etapas 1 e 2, será realizada a consolidação dos indicadores de inteligência artificial a serem sugeridos para o Brasil.



2. LEVANTAMENTO DOS INDICADORES SUGERIDOS PARA O OBSERVATÓRIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (OBIA) EM ESTRATÉGIAS INTERNACIONAIS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (ENIA)

Nesta etapa, será realizada a identificação da presença dos indicadores inicialmente propostos para compor o Obia, em Estratégias Nacionais de Inteligência Artificial (Enia) e/ou planos de ação equivalentes para um dado conjunto de países.²

A lista de indicadores para o Obia contém indicadores agrupados em sete dimensões, às quais se atribui a seguinte indexação alfabética:

1. Adoção e uso de aplicações baseadas em IA.
2. Produção de conhecimento.
3. Formação.
4. Habilidades e emprego.
5. Monitoramento de agendas internacionais.
6. Monitoramento de debates políticos e aspectos regulatórios.
7. Monitoramento de tendências e inovação.

Lista de países a serem analisados:

- África do Sul.
- Alemanha.
- Argentina.
- Austrália.
- Canadá.
- Chile.
- China.
- Coreia do Sul.
- EUA.
- França.
- Índia.
- México.
- Reino Unido.

² A sondagem inicia-se pela busca das Estratégias Nacionais de Inteligência Artificial (Enia) de todos os países amostrais, tendo como partida o portal temático da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (OECD, 2023).



A escolha de tais países foi dada pelos seguintes critérios:

- Liderança mundial em IA.
- Representatividade continental e/ou regional.
- Estágio de desenvolvimento compatível com o cenário brasileiro.

O Quadro 1 traz breve análise qualitativa de cada Estratégia Nacional de Inteligência Artificial (Enia), ou documento equivalente utilizado, contextualizando cada perspectiva nacional acerca da coleta sistemática de indicadores sobre IA. A partir desta lista de países, serão realizados recortes analíticos sobre a presença e prevalência dos indicadores listados entre as diversas estratégias nacionais, com vistas à formulação de boas práticas de monitoramento para a estratégia brasileira.

Quadro 1 – Comentários sobre as estratégias nacionais para inteligência artificial (IA)

País	Observações
África do Sul	Não possui estratégia definida especificamente para inteligência artificial (IA). Cabe mencionar, entretanto, que o país criou recentemente o instituto nacional de inteligência artificial (<i>Artificial Intelligence Institute of SA - AIISA</i>) (AFRICA DO SUL, 2023a), uma das iniciativas previstas para o desenvolvimento da Quarta Revolução Industrial ³ no país (AFRICA DO SUL, 2023b).
Alemanha	Publicou a estratégia para IA em 2018 (<i>Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung</i>) (ALEMANHA, 2018) e, posteriormente, publicou uma atualização do documento em 2020 (<i>Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung: Fortschreibung 2020</i>) (ALEMANHA, 2020). Conta com, ao menos, duas plataformas oficiais com informações relacionadas à estratégia de IA: a primeira delas é apoiada pelo ministério da educação e pesquisa, denominada <i>Lernende Systeme</i> (ALEMANHA, 2023a); e a segunda, o Observatório Nacional para Inteligência Artificial no Trabalho e Sociedade (ALEMANHA, 2023a), sob a responsabilidade do Ministério do Trabalho e Assuntos Sociais.
Argentina	A estratégia argentina (<i>Plan Nacional de Inteligencia Artificial</i>) (ARGENTINA, 2019), publicada em 2019, apresenta diagnósticos em diferentes eixos, propondo, ainda, 43 objetivos específicos e 79 ações. São listados também mais de 70 indicadores, distribuídos nos eixos definidos no documento. Entretanto, não há indicação da fonte dos dados para os indicadores.
Austrália	O plano divulgado pelo governo australiano em 2021 (<i>Artificial Intelligence Action Plan</i>) (AUSTRALIA, 2022) traz uma série de ações em quatro áreas focais, relacionadas ao uso de IA em negócios, desenvolvimento e atração de talentos em IA, uso de IA para solução de desafios nacionais, e uso responsável e inclusivo de IA. Cabe destacar que a estratégia apresenta medidas de curto prazo, com orçamentos e cronogramas para suas implementações, mas não menciona claramente indicadores a serem monitorados.
Canadá	O Canadá tem uma estratégia de Inteligência Artificial chamada Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy (CANADA, 2020), lançada em 2017, que busca posicionar o país como líder mundial em pesquisa e inovação em IA. A estratégia é baseada em três pilares: pesquisa, talentos e adoção da IA em setores-chave da economia. O governo canadense tem investido em centros de excelência em pesquisa em várias universidades do país, promovendo a colaboração entre academia, indústria e governo. Além disso, destaca-se a ênfase na inovação em <i>startups</i> de IA e atração de talentos para impulsionar o desenvolvimento da IA.

³ Disponível em: https://c4ir.co.za/wp-content/C4IR%20_eBook/mobile/index.html



País	Observações
Chile	O Chile tem demonstrado interesse em promover o desenvolvimento da IA, com iniciativas como a criação do Centro Nacional de Inteligência Artificial (Cenia), que busca impulsionar pesquisa, desenvolvimento e aplicação da IA em diversos setores. Além disso, o país implementou o Plano Nacional de Transformação Digital, que inclui a IA como uma das áreas estratégicas para impulsionar a transformação digital. A estratégia do Chile (CHILE, 2020) é marcada por pilares éticos, princípios e valores sociais, porém possui poucos indicadores específicos, sendo a maioria de origem internacional e nenhum específico para o Chile.
China	A China lançou em 2017 o Next Generation Artificial Intelligence Development Plan (CHINA, 2017), com o objetivo de se tornar líder mundial em IA até 2030. A estratégia chinesa abrange diversas áreas, como pesquisa, inovação, desenvolvimento de talentos, regulamentação, ética e aplicação da IA em setores, como saúde, transporte, indústria e agricultura. O governo chinês tem investido em pesquisa e desenvolvimento em IA, bem como em <i>startups</i> e empresas de tecnologia. O documento chinês não menciona quaisquer métricas ou indicadores quantitativos. Vale notar ainda que a página correspondente no repositório da OCDE redireciona estranhamente para a página da Embaixada da China na Finlândia, que não contém qualquer conteúdo sobre IA.
Coreia do Sul	A Coreia do Sul tem se destacado pelo investimento significativo do governo na área de IA, com o objetivo de tornar-se líder mundial em IA até 2030. Em 2019, o país lançou a Estratégia de Desenvolvimento de Inteligência Artificial (COREIA DO SUL, 2019), que inclui planos detalhados para promover pesquisa, desenvolvimento e aplicação de IA em diversos setores, como saúde, transporte, manufatura e serviços públicos. Um destaque da estratégia sul-coreana é a inovação em <i>startups</i> e o desenvolvimento nacional de talentos em IA, com apoio público-privado e ênfase na educação e capacitação em IA. Além disso, o governo sul-coreano tem buscado impulsionar o crescimento econômico com base em IA, com políticas públicas detalhadas e orientadas à ação, incluindo <i>rankings</i> de desempenho e parcerias público-privadas para promover a inovação no campo da IA.
EUA	A estratégia estadunidense (EUA, 2016) foi publicada em 2016. No documento original, há um conjunto de grandes diretrizes para o desenvolvimento da IA. Não são definidos indicadores de acompanhamento. Um relatório anual (EUA, 2020), publicado em 2020, faz uma recapitulação de algumas diretrizes e metas para as quais é possível vislumbrar a definição de indicadores - embora o relatório não os defina explicitamente. Finalmente, na gestão Biden, o <i>National Security Commission</i> apresenta um longo relatório (EUA, 2021), no qual novos elementos estratégicos são definidos, nos âmbitos civil e da defesa. Não há definição explícita de indicadores. Na realização das correspondências realizadas em nossa investigação, consideramos métricas nos três documentos mencionados, ainda que elas não tenham sido explicitamente definidas como indicadores.
França	Ainda que não apresente indicadores, a estratégia francesa (<i>AI for humanity</i>) (FRANÇA, 2018), baseada em relatório publicado em 2018, apresenta uma série de iniciativas para as quais é possível vislumbrar a definição de indicadores de desempenho. Assim sendo, as correspondências realizadas em nossas análises consideraram as iniciativas mencionadas como base de comparação com os indicadores elencados inicialmente para compor o Observatório Brasileiro de Inteligência Artificial (Obia).
Índia	A estratégia indiana (ÍNDIA, 2018), publicada em 2018, apresenta desafios e linhas de ações em diferentes frentes, porém não contempla indicadores de desempenho. A correspondência foi realizada considerando ações para as quais indicadores podem ser facilmente vislumbrados.



País	Observações
México	A estratégia mexicana (MÉXICO, 2020), publicada em 2020, apresenta um conjunto de <i>key performance indicators</i> (KPI), em português indicadores-chave de desempenho, para cada um dos eixos abordados no documento. Entre os domínios cobertos, destaca-se uma forte orientação pela utilização da IA para melhoria da população por meio do aperfeiçoamento de serviços públicos, com a definição de diversos KPI para tal frente.
Reino Unido	A estratégia britânica (REINO UNIDO, 2021) apresenta linhas de ação a curto, médio e longo prazo, porém não define indicadores. É mencionado (REINO UNIDO, 2021, p.33) no documento que a criação de indicadores será feita futuramente.

Fonte: Elaboração própria.

Com vistas a exame futuro mais detalhado do uso estratégico de indicadores por países de referência, pode-se classificar os países amostrados nos seguintes estratos:

- Enia que se apoiam sistematicamente em indicadores: Alemanha, Argentina, Canadá, Coreia do Sul, México.
- Enia que não se apoiam em indicadores, mas preveem fazê-lo: França, Índia, Reino Unido.
- Enia que não se apoiam em indicadores nem o preveem fazer: Austrália, China, Chile, EUA.
- Países sem Enia: África do Sul.

O primeiro conjunto de cinco países, com maior potencial de *benchmarking*, inclui representantes de quatro continentes, sendo as duas maiores economias latino-americanas após o Brasil, uma das quais é membro do Mercosul.

De modo a estabelecer uma análise descritiva acerca da relação dos indicadores propostos com os documentos analisados, apresenta-se, na Figura 2, a frequência absoluta dos indicadores propostos nos países investigados. É possível notar que o indicador Do1 (Habilidades em IA requeridas por empresas em vagas de trabalho) está entre os mais frequentes, com a presença de cinco países do total analisado.

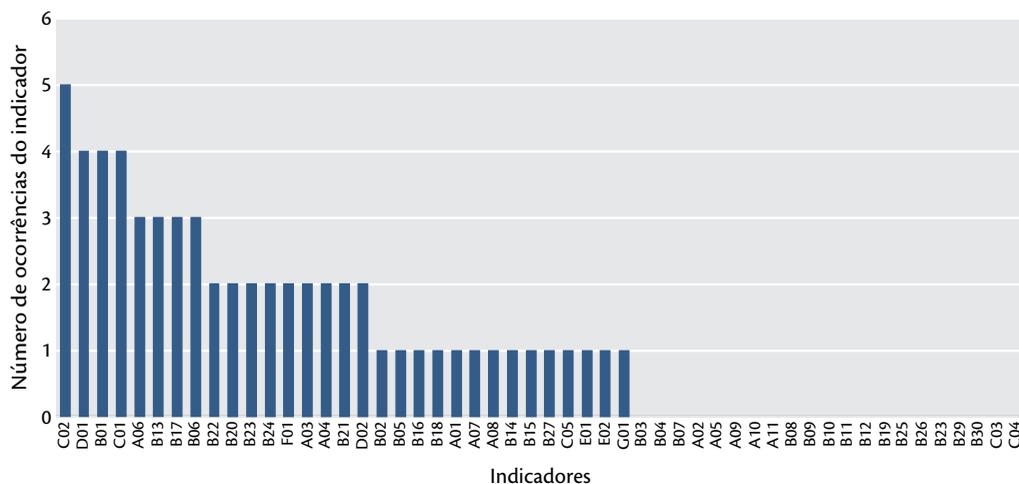


Figura 2 – Número de países que utilizam cada um dos indicadores propostos

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 3 traz as frequências absolutas por país das correspondências estabelecidas entre os indicadores propostos e aqueles presentes nas Enia analisadas. Nota-se que, entre os países analisados, há maior frequência de correspondências com as Enia da Argentina e do México. Também chama atenção a baixa frequência absoluta de correspondências entre os indicadores propostos e aqueles encontrados nas diferentes Enia.

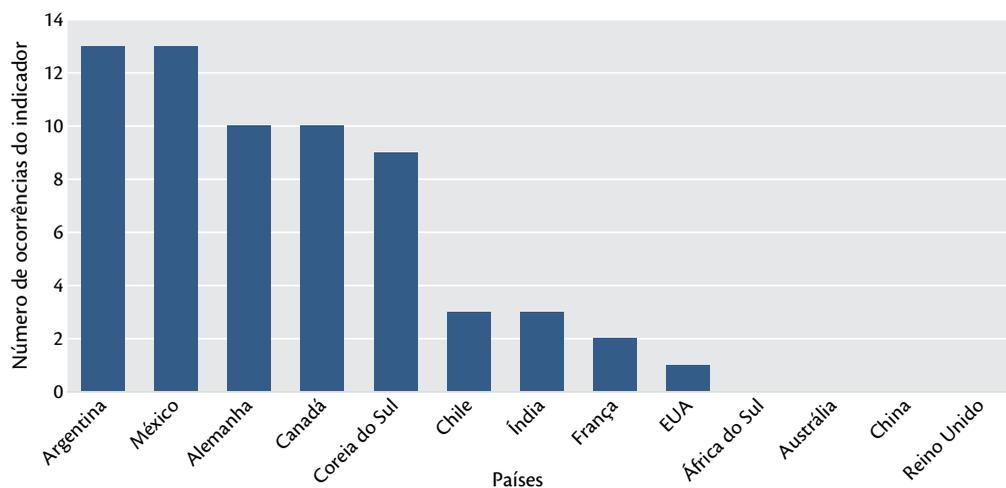


Figura 3 – Quantidade de indicadores propostos encontrados nas estratégias dos países analisados

Fonte: Elaboração própria.



Conforme mencionado anteriormente, há apenas oito países cujas Enia se apoiam em indicadores ou que vislumbram futuramente a definição de indicadores. Entre estes últimos, nem sempre é possível identificar que fontes servirão de base a tais indicadores, o que, por sua vez, dificulta a realização de correspondências.

Sob outra perspectiva, a baixa frequência absoluta de correspondências entre os indicadores propostos e aqueles encontrados nas diferentes Enia decorre, ainda, em certa medida, do alto grau de especificação dos indicadores inicialmente propostos para compor o Obia. De fato, mesmo nas Enia que definem claramente seus indicadores, observa-se que os mesmos são construídos, via de regra, sem demasiado refinamento da informação quantitativa. Logo, ainda que esparsa, é possível tirar conclusões acerca das conexões entre as Enia estudadas e os indicadores propostos, sobretudo considerando seu agregado no nível “Dimensão” do indicador.

A partir de um estudo de frequência dos indicadores observados (Quadro 2), é possível classificá-los, segundo sua prevalência entre os países amostrais, como métrica preliminar de sua relevância estratégica internacional.⁴

Quadro 2 – Prevalência dos indicadores, separados por dimensão de análise

Dimensão	Indicadores			Síntese
	Irrelevante	Prevalente	Altamente prevalente	
Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	A02, A05, A09, A10	A02, A03, A04, A07, A08	A06	Não foram identificados indicadores referentes a áreas específicas de aplicação da IA, o que explica a presença do indicador A10 no grupo de “irrelevante”. Além disso, ainda que diversas estratégias analisadas abordem a temática de educação, são poucos os indicadores em correspondência. No entanto, há certa correspondência entre os indicadores definidos inicialmente e aqueles analisados nas estratégias nas temáticas referentes à adoção da IA no poder público e em empresas.

⁴ Para cada indicador i , computa-se sua frequência f_i entre os 13 países, e, a partir dessas, a frequência média $f_{média}$ e o desvio-padrão σ da série. Dessa forma, classifica-se cada indicador segundo sua prevalência amostral:

- Altamente prevalente: $f_i \geq f_{média} + \sigma$.
- Prevalente: $\max\{f_{média} - \sigma, 0\} < f_i < f_{média} + \sigma$
- Irrelevante: $f_i \leq \max\{f_{média} - \sigma, 0\}$

NB: em séries altamente dispersas, é possível que a diferença $f_{média} - \sigma$ seja negativa, caso em que o enquadramento acima adota o valor de frequência zero.



Dimensão	Indicadores			Síntese
	Irrelevante	Prevalente	Altamente prevalente	
Produção de conhecimento	B03, B04, B07, B08, B09, B10, B11, B12, B19, B25, B26, B28, B29, B30	B02, B05, B14, B15, B16, B18, B20, B21, B22, B23, B24, B27	B01, B06, B13, B17	Alguns indicadores foram classificados como irrelevantes, mas cabe destacar que tais indicadores são altamente específicos, como, por exemplo, B12 (<i>Periódicos nos quais pesquisadores de IA publicam</i>) e B26 (<i>Publicações em IA por tema de IA</i>). De forma ampla, os indicadores presentes nessa dimensão são relativamente usuais nas estratégias investigadas, a menos de pequenas variações de definição.
Formação	C03, C04	C05	C01, C02	Destaca-se a classificação como “irrelevantes” dos indicadores C03 e C04, que se referem ao acesso a professores usuários de internet e à solicitação a alunos para uso de recursos tecnológicos digitais. De outra parte, os indicadores C01 e C02 – relacionados ao número de pós-graduados, cursos de pós-graduação em áreas correlatas à IA e cursos técnicos de programação – foram altamente prevalentes nas correspondências realizadas.
Habilidades e emprego	Não houve	D02	D01	Indicadores relacionados a essa dimensão foram identificados nas análises de correspondências com as estratégias investigadas.
Monitoramento de agendas internacionais	Não houve	E01, E02	Não houve	Ainda que a lista inicial de indicadores a compor o Obia não tenha especificado os indicadores para essa dimensão, há correspondências entre as áreas que nortearão tais indicadores e indicadores presentes nas estratégias investigadas.
Monitoramento de debates políticos e aspectos regulatórios	Não houve	F01	Não houve	Ainda que não tenha sido especificado um indicador na lista de indicadores a compor o Obia, há correspondências de indicadores com a área “Marcos legais, projetos de lei, regulação infralegal”.
Monitoramento de tendências e inovação	Não houve	G01	Não houve	Ainda que não tenha sido especificado um indicador na lista de indicadores a compor o Obia, existem correspondências de indicadores com a área “Tendências tecnológicas e mercadológicas”.

Fonte: Elaboração própria.



A partir das informações apresentadas no Quadro 2, é importante mencionar que:

- não foi possível estabelecer a localização dos *datasets* utilizados pelas Enia em repositórios publicamente disponíveis;
- algumas áreas de análise, entre as dimensões do escopo, não estão representadas nas estratégias analisadas, *e.g.* defesa e segurança pública;
- Enia destacadas para foco: Alemanha, Argentina, Canadá, Coreia do Sul, México; e
- algumas Enia já apresentam planos de ação detalhados em iniciativas concretas, inclusive definindo destinação orçamentária: Austrália, Coreia do Sul e Reino Unido.

Dessa forma, a presente seção permitiu identificar os indicadores inicialmente sugeridos para compor o Obia e que são prevalentes em Enia de outros países, como se observa no Quadro 3.

Quadro 3 – Indicadores altamente prevalentes

Código	Indicador
A06	Empresas que utilizaram tecnologias de inteligência artificial
B01	Redes de colaboração científica e acadêmica
B06	Patentes em IA – total
B13	Número total de pesquisadores em IA
B17	Artigos e <i>papers</i> relativos à IA
C01	Número de pós-graduados em áreas correlatas à IA
C02	Número de programas de pós-graduação em áreas correlatas à IA
D01	Habilidades em IA requeridas por empresas em vagas de trabalho

Fonte: Elaboração própria.



3. LEVANTAMENTO DE INDICADORES PREVALENTES NAS ESTRATÉGIAS INTERNACIONAIS DE IA NÃO INCLUÍDOS NA LISTA DO OBIA

Nesta seção, identificam-se os indicadores relevantes observados nas estratégias internacionais de IA e que não constavam da lista preliminar de indicadores sugeridos para compor o Obia. Os indicadores a seguir foram coletados conforme seu impacto e especial interesse nas Enia observadas.⁵

Quadro 4 – Indicadores levantados nas Enia – não elencados na lista preliminar do Obia

País	Indicador
Alemanha	<i>Funding by the Federal Government</i> <i>Grant Programs to promote AI in SMEs</i> <i>AI Startups</i> <i>Publicly funded Transfer Hubs</i>
Argentina	<i>Inversión total en Actividades de Innovación</i> <i>Potencia de cálculo disponible en el país</i> <i>Cantidad de organizaciones con infraestructura de supercómputo orientada a actividades de formación, I+D+i, implementación proyectos IA.</i> <i>Capacidad de supercómputo en instituciones públicas</i> <i>Capacidad de organizaciones privadas con capacidad de supercómputo orientada a IA</i> <i>Inversión total en Actividades de Innovación</i> <i>Potencia de cálculo disponible en el país</i> <i>Cantidad de organizaciones con infraestructura de supercómputo orientada a actividades de formación, I+D+i, implementación proyectos IA.</i> <i>Capacidad de supercómputo en instituciones públicas</i> <i>Capacidad de organizaciones privadas con capacidad de supercómputo orientada a IA</i> <i>Cantidad de laboratorios y grupos de investigación interdisciplinarios de IA.</i> <i>Cantidad de nuevas carreras específicas IA.</i> <i>Cantidad de Instituciones no formales con formación a temáticas asociadas a IA</i> <i>Cantidad Institutos de Investigación orientados a temáticas asociadas a IA</i> <i>Cantidad de Becarios con especialización en temáticas asociadas a IA</i> <i>Cantidad de sitios o plataformas seguras para poder compartir bases de datos con el fin de ser utilizadas para fomentar el desarrollo de sistemas basados en IA</i>

⁵ Os indicadores estão listados na língua original do documento observado, por rigor de diferenciação.



País	Indicador
Canadá	<i>AI Startup Funding</i>
	<i>National Technology spend on AI</i>
	<i># AI companies</i>
	<i>Government investment in IA</i>
	<i>AI Skills Migration Index</i>
	<i>Public Sentiment of AI</i>
Coreia do Sul	<i>AI technology competitiveness AI technology competitiveness</i>
	<i>Economic effect of AI (McKinsey)</i>
	<i>Number of open data cases</i>
	<i>AI startup funding</i>
México	<i>Cantidad de cursos y certificaciones en IA</i>
	<i>Número de becas relacionadas con la IA</i>
	<i>Número de personas pertenecientes a minorías involucradas en IA</i>
	<i>Monto total y distribución de recursos asignados a I+D en IA (público y privado)</i>
	<i>Número de centros de investigación, instituciones, empresas y dependencias gubernamentales donde se desarrolla o usa IA</i>
	<i>Número de iniciativas o protector de IA sociales</i>
	<i>Número de expertos repatriados o atraídos</i>

Fonte: Elaboração própria.

Quando possível, classificou-se cada indicador considerando as dimensões e áreas estabelecidas no levantamento preliminar de indicadores que irão compor o Obia; nos casos genuinamente ímpares, foram propostas novas hierarquias.

A seguir, serão listadas as dimensões já existentes na lista de indicadores inicialmente sugeridos para compor o Obia.

Quadro 5 – Indicadores levantados nas Enia por dimensões já existentes no Obia

Dimensão	Indicador
Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Número de <i>startups</i> com atuação em IA
	Investimento em PME e <i>startups</i> com atuação em IA – total
	Número de empresas que dispõem de setor de P&D com atuação em IA
	Faturamento com produtos e serviços com base em IA (por tipo)
Produção de conhecimento	Grupos de pesquisa jovens ou emergentes



Dimensão	Indicador
Formação	Número de bolsas de estudos em IA financiadas pelo setor privado Número de centros de formação orientada
Habilidades e emprego	Número de <i>experts</i> em IA repatriados ou recrutados
Monitoramento de agendas internacionais	<i>AI technology competitiveness</i>

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 6 – Indicadores levantados nas Enia por novas dimensões

Dimensão	Indicador
Centros, <i>hubs</i> e estruturas multiusuário	Números de grandes centros de computação de alto desempenho para IA <i>Hubs</i> de transferência de tecnologia Número de centros de excelência em pesquisa orientada à IA Número de portais ou plataformas seguras de compartilhamento de bases de dados orientadas ao desenvolvimento de sistemas com base em IA Número de <i>cases</i> de dados abertos
Investimento em PD&I	Investimento em P&D na área de IA – público Investimento em P&D na área de IA – privado Investimento em PME ou <i>startup</i> com atuação em IA – programas de fomento e subsídios à inovação

Fonte: Elaboração própria.

O olhar para as Enia internacionais permitiu observar novas dimensões que podem ser consideradas a partir deste estudo.

Entre essas estão centros, *hubs* e estruturas multiusuário e investimento em PD&I, conforme Quadro 6.

A respeito das Enia analisadas, observaram-se alguns padrões, como:

- Existência do aspecto **financeiro**, em forma de investimentos em IA ou proventos do setor, por atores públicos ou privados. Os indicadores novos que dão conta desse tipo de medida são A13, A15, I01, I02 e I03.



- Aspectos **financeiros** e **infraestruturais** têm notável centralidade nas Enia observadas, de modo a justificar a proposição de duas dimensões novas à lista de indicadores (dimensões) que irá compor o Obia:
 - › Investimentos em PD&I.
 - › Centros, *hubs* e estruturas multiusuário.
- Algumas áreas novas foram identificadas dentro das dimensões existentes no estudo preliminar, dando conta, sobretudo, de fatores de **maturidade do ecossistema de inovação em IA** e de perspectivas conceituais e de opinião pública sobre IA responsável.

O desenvolvimento e a implantação de tais indicadores pelo Brasil dependem de alguns fatores, como existência de base de dados estruturada e a proposição de uma indexação para os novos indicadores, que deve ser realizada em trabalho futuro.

Agrupando os indicadores inicialmente propostos para compor o Obia que se revelaram altamente prevalentes no cenário internacional amplo e os novos indicadores mapeados nesta seção, a lista definitiva de indicadores embasados por este estudo de *benchmarking* é a seguinte:

Quadro 7 – Indicadores prevalentes

Sigla	Indicador
A06	Empresas que utilizaram tecnologias de inteligência artificial
A12	Número de <i>startups</i> com atuação em IA
A13	Investimento em PME e <i>startups</i> com atuação em IA – total
A14	Número de empresas que dispõem de setor de P&D com atuação em IA
A15	Faturamento com produtos e serviços com base em IA (por tipo)
B01	Redes de colaboração científica e acadêmica
B06	Patentes em IA – total
B13	Número total de pesquisadores em IA
B17	Artigos e <i>papers</i> relativos à IA
B31	Grupos de pesquisa jovens ou emergentes em IA



Sigla	Indicador
C01	Número de pós-graduados em áreas correlatas à IA
C02	Número de programas de pós-graduação em áreas correlatas à IA
C06	Número de bolsas de estudos em IA financiadas pelo setor privado
C07	Número de centros de formação orientada à IA
D01	Habilidades IA requeridas por empresas em vagas de trabalho
D03	Número de <i>experts</i> em IA repatriados ou recrutados
E03	<i>AI technology competitiveness</i>
F02	Proporção de mulheres ou grupos minoritários atuando em IA
F03	Número de projetos de cunho social
F04	Escala de sentimentos do público com relação ao desenvolvimento da IA
F05	Pilares éticos na IA
H01	Números de grandes centros de computação de alto desempenho para IA
H02	<i>Hubs</i> de transferência de tecnologia
H03	Número de centros de excelência em pesquisa orientada à IA
H04	Número de portais ou plataformas seguras de compartilhamento de bases de dados orientadas ao desenvolvimento de sistemas com base em IA
H05	Número de <i>cases</i> de dados abertos
I01	Investimento em P&D na área de IA – público
I02	Investimento em P&D na área de IA – privado
I03	Investimento em PME e <i>startups</i> com atuação em IA – programas de fomento e subsídios à inovação

Fonte: Elaboração própria.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação às limitações do estudo, cabe destacar que a definição de indicadores para o monitoramento de tecnologias inovadoras, como a IA, impõe desafios importantes, uma vez que, ainda, não há um histórico abrangente de impactos dessa tecnologia, sobretudo no que se refere a aspectos de inovação e impacto industrial. Diante disso, uma limitação deste estudo é não considerar indicadores que venham a se mostrar fundamentais para apreciação dos impactos de IA em períodos futuros, assim como indicadores que considerem aspectos ampliados de **gênero** e **sustentabilidade**.

Outra limitação do projeto refere-se à necessidade de limitar o estudo a um conjunto de países. Entre os países escolhidos, observou-se que as Enia da Alemanha, da Argentina, do Canadá, da Coreia do Sul e do México se **apoiam sistematicamente em indicadores**. Esses países, portanto, foram selecionados para a prospecção por novos indicadores de inteligência artificial, o que permitiu identificar outros indicadores importantes, especialmente no que se refere à **atração e formação de talentos** em IA, à mensuração de **investimentos** no setor e à **maturidade do ecossistema de inovação**.

Entre esses países, foram encontrados 21 novos indicadores. Ao agrupar os indicadores inicialmente propostos e que se revelaram altamente prevalentes no cenário internacional amplo aos novos indicadores mapeados, a lista definitiva de indicadores embasados por este estudo de *benchmarking* foi consolidada no Quadro 7.

É importante mencionar duas limitações encontradas no estudo: **não foi possível estabelecer a localização dos datasets utilizados pelas Enia em repositórios publicamente disponíveis**. Em segundo lugar, entre as dimensões do escopo, algumas áreas de análise não estão representadas nas estratégias analisadas, *e.g.* defesa e segurança pública.

Outro apontamento refere-se à ênfase dada a algumas novas dimensões nas Enia analisadas e que não foram consideradas para a lista de indicadores sugerida para o Obia. Como tal, estão o **financeiro**, em forma de **investimentos em IA** ou **proventos do setor**, por **atores públicos ou privados**. Cabe destacar que **aspectos financeiros e infraestruturais têm notável centralidade nas Enia observadas**, justificando a proposição de duas dimensões novas na construção de indicadores de inteligência artificial para o Obia:



- Investimentos em PD&I.
- Centros, *hubs* e estruturas multiusuário.

Além disso, algumas áreas novas foram identificadas dentro das dimensões existentes no estudo preliminar, dando conta sobretudo de fatores de maturidade do ecossistema de inovação em IA e de perspectivas conceituais e de opinião pública sobre IA responsável.

Para que este trabalho tenha continuidade e resultados profícuos para o projeto de desenvolvimento de indicadores de inteligência artificial, cabe mencionar a necessidade de discutir e analisar o desenvolvimento de indicadores em dimensões não consideradas mesmo nas Enia estudadas. Entre as **dimensões que necessitam ser consideradas** nessa discussão, estão o recorte de **gênero**, de forma mais ampliada e profunda, bem como o aspecto de **sustentabilidade**.

Também é importante considerar o **estudo de viabilidade de obtenção/construção de indicadores**, como aquisição dos dados, validade e disponibilidade dos mesmos. Além das boas práticas convencionais relacionadas à construção de indicadores, que incluem levar em conta características como sensibilidade e validade, é necessário certificar que os elementos principais de **mensurabilidade** estejam presentes no conjunto de indicadores.



REFERÊNCIAS

AFRICA DO SUL. Artificial Intelligence Institute of AS – AIISA. **Homepage**. 2023a. Disponível em: <https://aii-sa.co.za/>

AFRICA DO SUL. **Centre for the Fourth Industrial Revolution South Africa (C4IR South Africa)**. 2023b. Disponível em: <https://c4ir.co.za/>

ALEMANHA. Federal Ministry of Education and Research. **Lernende Systeme**. 2023a. Disponível em: <https://www.plattform-lernende-systeme.de/home-en.html>

ALEMANHA. Federal Ministry of Labour and Social Affairs. **Observatory on Artificial Intelligence in Work and Society**. 2023b. Disponível em: <https://www.ki-observatorium.de/en/>

ALEMANHA. Nationale Strategie für Künstliche Intelligenz. **Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung**. 2018. Disponível em: <https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html>

ALEMANHA. Nationale Strategie für Künstliche Intelligenz. **Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung: Fortschreibung 2020**. Disponível em: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen/strategie-kuenstliche-intelligenz-der-bundesregierung-fortschreibung-2020-1824642>

ARGENTINA. Presidencia de la Nación. **Plan Nacional de Inteligencia Artificial**. 2019. Disponível em: <https://ia-latam.com/wp-content/uploads/2020/09/Plan-Nacional-de-Inteligencia-Artificial.pdf>

AUSTRALIA. Australian Government. Department of Industry, Science and Resources. **Australia's artificial intelligence action plan**. 2022. Disponível em: <https://webarchive.nla.gov.au/awa/20220816053410/https://www.industry.gov.au/data-and-publications/australias-artificial-intelligence-action-plan>



BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI. **Estratégia brasileira de inteligência artificial – EBIA**. Brasília: 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinteligenciaartificial/ebia-documento_referencia_4-979_2021.pdf

CANADA. Accenture & CIFAR. **Pan-canadian AI strategy impact assessment report**. Oct 2020. Disponível em: <https://cifar.ca/wp-content/uploads/2020/11/Pan-Canadian-AI-Strategy-Impact-Assessment-Report.pdf>

CHILE. Ministerio de Ciencia, Tecnologia, Conocimiento e Innovación. **Política nacional de inteligência artificial**. 2020. Disponível em: https://www.minciencia.gob.cl/uploads/ffler_public/bc/38/bc389daf-4514-4306-867c-760ae7686e2c/documento_politica_ia_digital_.pdf

CHINA. Digichina. **China's Next Generation artificial intelligence development plan**. 2017. Disponível em: <https://digichina.stanford.edu/work/full-translation-chinas-new-generation-artificial-intelligence-development-plan-2017/>

COREIA DO SUL. Korean Government. **National strategy for artificial intelligence**. 2019. Disponível em: <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=eng&nttSeqNo=9&bbsSeqNo=46&mId=10&mPid=9>

EUA. National Science and Technology Council. **The national artificial intelligence research and development strategic plan**. Oct. 2016. Disponível em: https://www.nitrd.gov/pubs/national_ai_rd_strategic_plan.pdf

EUA. The White House. Office of Science and Technology Policy. **American artificial intelligence initiative: year one annual report**. Feb. 2020. Disponível em: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2020/02/American-AI-Initiative-One-Year-Annual-Report.pdf>

EUA. National Security Commission on Artificial Intelligence. **Final report**. 2021. Disponível em: <https://www.nsc.ai.gov/wp-content/uploads/2021/03/Full-Report-Digital-1.pdf>

FRANÇA. President of the French Republic. **AI for humanity: french strategy for artificial intelligence**. 2018. Disponível em: <https://www.aiforhumanity.fr/en/>



INDIA. NITI Aayog. **National Strategy for Artificial intelligence #AIFORALL**. Jun. 2018. Disponível em: <https://niti.gov.in/sites/default/files/2019-01/NationalStrategy-for-AI-Discussion-Paper.pdf>

MÉXICO. IA2030MX. **Agenda nacional mexicana de inteligência artificial**. 2020. Disponível em: https://36dc704c-0d61-4da0-87fa-917581cbce16.filesusr.com/ugd/7be025_6f45f669e2fa4910b32671a001074987.pdf

NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR – NIC.BR. **Obia: Observatório Brasileiro de Inteligência Artificial**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinteligenciaartificial/1_ebia-reuniao-ro_7_24_05_2023_anexo_2_eixo2-pdf.pdf

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **National AI policies & strategies**. 2023. Disponível em: <https://oecd.ai/en/dashboards/overview>

REINO UNIDO. Secretary of State for Digital, Culture, Media and Sport; Command of Her Majesty. **National AI strategy**. Set. 2021. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1020402/National_AI_Strategy_-_PDF_version.pdf



APÊNDICES



APÊNDICE A – OBSERVATÓRIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (OBIA)

ID	Dimensão/eixo	Área	Unidade de análise	Indicador
A1	Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Educação	Escolas – ensino básico	Escolas que utilizam ambiente ou plataforma de aprendizagem
A2	Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Educação	Escolas – ensino básico	Escolas, por recursos disponibilizados pelo ambiente ou plataforma virtual de aprendizagem
A3	Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Governo (Executivo, Legislativo e Judiciário)	Órgãos federais e estaduais	Órgãos públicos federais e estaduais, por uso de tecnologias de inteligência artificial nos últimos 12 meses
A4	Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Governo (Executivo, Legislativo e Judiciário)	Órgãos federais e estaduais	Órgãos públicos federais e estaduais que utilizaram tecnologias de inteligência artificial nos últimos 12 meses, por tipo
A5	Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Governo (Executivo, Legislativo e Judiciário)	Órgãos federais e estaduais	Órgãos públicos federais e estaduais, por motivos para não utilizar tecnologias de inteligência artificial nos últimos 12 meses
A6	Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Indústria, comércio e serviços	Empresas	Empresas que utilizaram tecnologias de inteligência artificial
A7	Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Indústria, comércio e serviços	Empresas	Empresas que utilizaram tecnologias de inteligência artificial, por tipo
A8	Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Indústria, comércio e serviços	Empresas	Empresas que utilizaram tecnologias de inteligência artificial, por tipo de aplicação
A9	Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Indústria, comércio e serviços	Empresas	Empresas que não utilizaram tecnologias de inteligência artificial, por tipo de obstáculo
A10	Adoção e uso de aplicações baseadas em IA	Medicina e saúde	Estabelecimentos de saúde	Estabelecimento de saúde, por tipo de tecnologia utilizada
B1	Produção e conhecimento	Grupos de pesquisa e instituições	Publicações (artigos, livros, etc.)	Redes de colaboração científica e acadêmica



ID	Dimensão/eixo	Área	Unidade de análise	Indicador
B2	Produção e conhecimento	Patentes	Patentes	Número de patentes relativas à IA concedidas, por inventor
B3	Produção e conhecimento	Patentes	Patentes	Tempo médio de depósito de uma patente de IA e sua concessão pelo escritório de patentes
B4	Produção e conhecimento	Patentes	Patentes	Número de patentes relativos a IA concedidas a requerentes
B5	Produção e conhecimento	Patentes	Patentes	Caracterização de patentes de IA por país de origem
B6	Produção e conhecimento	Patentes	Depósito de patentes (empresas)	Patentes em IA – total
B7	Produção e conhecimento	Patentes	Depósito de patentes (empresas)	Participação de patentes em IA no total de patentes
B8	Produção e conhecimento	Patentes	Depósito de patentes (empresas)	Patentes em IA por tema
B9	Produção e conhecimento	Patentes	Depósito de patentes (empresas), pessoal ocupado	Patentes em IA por 100.000 PO
B10	Produção e conhecimento	Patentes	Depósitos de patentes (empresas)	Número de depositantes em IA por Cnae
B11	Produção e conhecimento	Patentes	Depósitos de patentes (empresas)	Número de patentes em IA por Cnae
B12	Produção e conhecimento	Periódicos	Periódicos	Periódico nos quais pesquisadores de IA publicam
B13	Produção e conhecimento	Pesquisadores	Pesquisadores	Número total de pesquisadores em IA
B14	Produção e conhecimento	Pesquisadores	Pesquisadores	Número de pesquisadores em IA por área do conhecimento
B15	Produção e conhecimento	Pesquisadores	Pesquisadores	Número de pesquisadores em cada nível de titulação
B16	Produção e conhecimento	Publicações científicas	Publicações científicas	Número de publicações científicas sobre IA com participação de pesquisadores brasileiros



ID	Dimensão/eixo	Área	Unidade de análise	Indicador
B17	Produção e conhecimento	Publicações científicas	Publicações científicas	Artigos e <i>papers</i> relativos à IA
B18	Produção e conhecimento	Publicações científicas	Publicações científicas	Citações em artigos e <i>papers</i> relativos à IA
B19	Produção e conhecimento	Publicações científicas	Publicações científicas	Redes de cocitação e acompanhamento bibliográfico
B20	Produção e conhecimento	Publicações científicas	Publicações científicas	Número de citações recebidas pelo IA acadêmico
B21	Produção e conhecimento	Publicações científicas	Publicações científicas	Análise da situação, evolução e emergência de temas pesquisados em IA no Brasil e mundo
B22	Produção e conhecimento	Publicações científicas	Publicações científicas	Publicações em IA – total
B23	Produção e conhecimento	Publicações científicas	Publicações científicas	Publicações em IA em conferências
B24	Produção e conhecimento	Publicações científicas	Publicações científicas	Publicações em IA por área de conhecimento
B25	Produção e conhecimento	Publicações científicas	Publicações científicas	Publicações em IA por tema de IA
B26	Produção e conhecimento	Redes de pesquisadores	Redes	Redes de coautoria
B27	Produção e conhecimento	Redes de pesquisadores	Redes	Número de publicações por colaboração (instituição ou país)
B28	Produção e conhecimento	Redes de pesquisadores	Redes	Número de publicações por coautoria (pesquisadores)
B29	Produção e conhecimento	Registro de <i>software</i>	<i>Softwares</i>	Registro de <i>software</i>
C1	Formação	Cursos de graduação e pós-graduação	Mestres e doutores na área de IA	Número de pós-graduados em áreas correlatas à IA
C2	Formação	Cursos de graduação e pós-graduação	Programas de pós-graduação	Número de programas de pós-graduação em áreas correlatas à IA
C3	Formação	Educação básica	Professores de ensino básico	Professores usuários de internet, por solicitação para que os alunos utilizassem tecnologias digitais em atividades educacionais nos últimos 12 meses – recursos matemáticos e científicos



ID	Dimensão/eixo	Área	Unidade de análise	Indicador
C4	Formação	Educação básica	Professores de ensino básico	Professores usuários de internet, por solicitação para que os alunos utilizassem tecnologias digitais em atividades educacionais nos últimos 12 meses – recursos de programação
C5	Formação	Educação básica	Professores de ensino básico	Professores, por temas de atividades realizadas com os alunos sobre o uso seguro, responsável e crítico da internet nos últimos 12 meses
D1	Habilidades e emprego	Demanda laboral	Vagas de emprego	Habilidades de IA requeridas por empresas em vagas de trabalho
D2	Habilidades e emprego	Oferta laboral	Indivíduos	Habilidades de IA declaradas por indivíduos em plataformas
E1	Monitoramento de agendas internacionais*	Documentos de organismos internacionais	Documentos internacionais	NA
E2	Monitoramento de agendas internacionais*	Estratégias nacionais de IA em países líderes	Documentos internacionais	NA
F1	Monitoramento de debates políticos e aspectos regulatórios*	Marcos legais, projetos de lei, regulação infralegal	Documentos nacionais	-
G1	Monitoramento de tendências e inovação*	Tendências tecnológicas e mercadológicas	Artigos e prospecção	

Fonte: Elaboração feita pelos parceiros do projeto do Obia.

Nota: NA para as dimensões apresentadas, não houve, a princípio, a proposição de indicadores para as mesmas.



APÊNDICE B – ESTRATÉGIA BRASILEIRA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (EBIA)

EIXO	Propósito conceitual	Ações estratégicas
LEGISLAÇÃO, REGULAÇÃO E USO ÉTICO	O desenvolvimento da IA requer parâmetros jurídicos, regulatórios e éticos para orientar seu uso. É necessário encontrar um equilíbrio entre a proteção de direitos, incentivo à inovação e segurança jurídica. Princípios gerais e parâmetros éticos devem ser estabelecidos por meio de códigos de conduta e diretrizes, respeitando direitos humanos, valores democráticos e diversidade, com salvaguardas para intervenção humana.	Estimular a produção de IA ética financiando projetos de pesquisa que visem a aplicar soluções éticas, principalmente nos campos de equidade/não discriminação (<i>fairness</i>), responsabilidade/prestação de contas (<i>accountability</i>) e transparência (<i>transparency</i>), conhecidas como a matriz FAT
		Estimular parcerias com corporações que estejam pesquisando soluções comerciais dessas tecnologias de IA ética
		Estabelecer como requisito técnico em licitações que os proponentes ofereçam soluções compatíveis com a promoção de uma IA ética (por exemplo, estabelecer que soluções de tecnologia de reconhecimento facial adquiridas por órgãos públicos possuam um percentual de falso positivo abaixo de determinado limiar)
		Estabelecer, de maneira multissetorial, espaços para a discussão e definição de princípios éticos a serem observados na pesquisa, no desenvolvimento e no uso da IA
		Mapear barreiras legais e regulatórias ao desenvolvimento de IA no Brasil e identificar aspectos da legislação brasileira que possam requerer atualização, de modo a promover maior segurança jurídica para o ecossistema digital
		Estimular ações de transparência e de divulgação responsável quanto ao uso de sistemas de IA, e promover a observância, por tais sistemas, de direitos humanos, de valores democráticos e da diversidade
		Desenvolver técnicas para identificar e tratar o risco de viés algorítmico
		Elaborar política de controle de qualidade de dados para o treinamento de sistemas de IA
		Criar parâmetros sobre a intervenção humana em contextos de IA em que o resultado de uma decisão automatizada implica um alto risco de dano para o indivíduo
		Incentivar a exploração e o desenvolvimento de mecanismos de revisão apropriados em diferentes contextos de utilização de IA por organizações privadas e por órgãos públicos
Criar e implementar melhores práticas ou códigos de conduta com relação à coleta, à implantação e ao uso de dados, incentivando as organizações a melhorar sua rastreabilidade, resguardando os direitos legais		
Promover abordagens inovadoras para a supervisão regulatória (por exemplo, <i>sandboxes</i> e <i>hubs</i> regulatórios)		



EIXO	Propósito conceitual	Ações estratégicas
GOVERNANÇA DE IA	Eixo que aborda a importância de estabelecer estruturas de governança para promover o uso ético da IA, destacando a necessidade de prevenir e eliminar vieses nos algoritmos e bases de dados, bem como a importância da transparência, explicabilidade e monitoramento ao longo do ciclo de vida dos sistemas de IA. Além disso, ressalta a ideia de <i>accountability</i> e a participação de diversos atores no desenvolvimento da IA como mecanismos essenciais para a aplicação do princípio da precaução.	Estruturar ecossistemas de governança do uso da IA, no setor público e no setor privado
		Incentivar o compartilhamento de dados, observada a LGPD
		Promover o desenvolvimento de padrões voluntários e consensuais para gerenciar os riscos associados aos aplicativos de IA
		Estimular que as organizações criem conselhos de revisão de dados ou comitês de ética em relação à IA
		Criar um observatório de inteligência artificial no Brasil, que possa se conectar a outros observatórios internacionais
		Estimular o uso de conjuntos de dados representativos para treinar e testar modelos
		Facilitar o acesso aos dados abertos do governo
		Melhorar a qualidade dos dados disponíveis, de modo a facilitar a detecção e correção de vieses algorítmicos
		Estimular a divulgação de códigos-fonte abertos capazes de verificar tendências discriminatórias nos conjuntos de dados e nos modelos de aprendizado de máquina
		Desenvolver diretrizes para a elaboração de Relatórios de Impacto de Proteção de Dados (RIPD)
		Compartilhar os benefícios do desenvolvimento da IA na maior extensão possível e promover oportunidades iguais de desenvolvimento para diferentes regiões e indústrias
		Elaborar campanhas educacionais e de conscientização
		Estimular diálogo social com participação multissetorial
Alavancar e incentivar práticas de <i>accountability</i> relacionadas à IA nas organizações		
Definir indicadores gerais e específicos por setores (agropecuária, financeiro, saúde, etc.)		



EIXO	Propósito conceitual	Ações estratégicas
ASPECTOS INTERNACIONAIS QUALIFICAÇÕES PARA UM FUTURO DIGITAL	<p>A busca por liderança em IA requer cooperação global para estabelecer princípios éticos, padrões técnicos e compartilhamento de conhecimento. O Brasil deve promover parcerias, participar ativamente em fóruns internacionais e adotar uma postura proativa. A cooperação em normas e a proteção de dados são essenciais, visando ao desenvolvimento sustentável e à privacidade dos usuários.</p>	<p>Auxiliar a integração do Estado brasileiro em organismos e fóruns internacionais que promovam o uso ético da IA</p> <p>Promover o intercâmbio de especialistas que desenvolvam pesquisas em IA, nos diversos campos científicos, das ciências exatas, humanidades e saúde</p> <p>Fomentar a exportação de sistemas de IA desenvolvidos por empresas brasileiras, inclusive <i>startups</i></p> <p>Desenvolver plataformas de cooperação para trocas de informação sobre tecnologias de inteligência artificial</p>
	<p>Alguns países já oferecem formação em computação e IA, abordando princípios e métodos. No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca a importância do uso ético das tecnologias, mas a qualificação para um mundo com IA envolve ciências sociais e humanas, além de habilidades digitais. Políticas de IA devem considerar os direitos e as necessidades das crianças, e é importante evitar o monitoramento excessivo dos alunos. No mercado de trabalho, a literacia digital é essencial, assim como a ética no uso da informação.</p>	<p>Avaliar a possibilidade de atualização da BNCC de modo que incorpore, de maneira mais clara, elementos relacionados ao pensamento computacional e à programação de computadores</p> <p>Desenvolver programa de literacia digital em todas as áreas de ensino e em todos os níveis de educação</p> <p>Ampliar oferta de cursos de graduação e pós-graduação ligados à inteligência artificial</p> <p>Estimular o desenvolvimento de habilidades interpessoais e emocionais, como criatividade e pensamento crítico (<i>soft skills</i>)</p> <p>Avaliar formas de incorporação de tecnologias de IA nos ambientes escolares que levem em consideração a condição peculiar de crianças e adolescentes como pessoas em desenvolvimento, assim como seus direitos de proteção de dados pessoais</p> <p>Instituir programas de formação tecnológica para professores e educadores.</p> <p>Incluir cursos de noções de ciências de dados, noções de álgebra linear, noções de cálculo e noções de probabilidade e estatística à lista de atividades complementares de programas do ensino médio</p> <p>Promover programas de interação entre o setor privado e as instituições de ensino que permitam o intercâmbio de conhecimentos práticos sobre o desenvolvimento e uso de tecnologias de inteligência artificial</p> <p>Criar mecanismos para ampliar o interesse dos brasileiros por disciplinas do grupo STEM (matemática, ciências, tecnologias e engenharias) na idade escolar, com foco especial para programas de inclusão de gênero e raça nessas áreas</p>



EIXO	Propósito conceitual	Ações estratégicas
<p>FORÇA DE TRABALHO E CAPACITAÇÃO</p>	<p>A automação e a IA terão impactos significativos no mercado de trabalho, e a requalificação dos trabalhadores, assim como a inclusão de competências digitais no currículo escolar, serão importantes. No Brasil, o número de profissionais de IA é pequeno em comparação com o setor de TI, e há baixa representatividade feminina e racial. Dessa forma, políticas públicas devem abordar a formação de profissionais, a qualificação geral da força de trabalho e a requalificação dos empregos afetados.</p>	<p>Estabelecer parcerias com o setor privado e com a academia para definir políticas públicas que incentivem a formação e a capacitação de profissionais, considerando as novas realidades de mercado de trabalho</p> <p>Estimular que as empresas e os órgãos públicos implementem programa de treinamento contínuo da sua força de trabalho voltado às novas tecnologias</p> <p>Criar campanhas de conscientização sobre a importância de se preparar para o desenvolvimento e uso ético da IA</p> <p>Estimular a retenção de talentos especializados em TIC no Brasil.</p> <p>Estimular a composição diversificada de equipes de desenvolvimento em IA, quanto ao gênero, à raça, à orientação sexual e a outros aspectos socioculturais</p> <p>Reforçar políticas voltadas à educação continuada e ao <i>lifelong learning</i>, promovendo maior interação entre o setor privado e as instituições de ensino (universidades, institutos de pesquisa e de capacitação profissional e técnica)</p>
<p>PESQUISA, DESENVOLVIMENTO, INOVAÇÃO E EMPREENDEDORISMO</p>	<p>A IA provocará grandes impactos na pesquisa científica e na inovação. Os governos devem promover investimentos em P&D interdisciplinar, considerando implicações sociais, jurídicas e éticas da IA. A pesquisa e o desenvolvimento de IA devem adotar abordagens éticas de <i>design</i>, tornando os sistemas confiáveis e reduzindo discriminações. É necessário catalisar a execução de pesquisas e projetos de IA e direcionar fundos, como o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), para programas de IA.</p>	<p>Definir áreas prioritárias para investimentos em IA, de maneira alinhada a outras políticas relacionadas ao ambiente digital</p> <p>Ampliar as possibilidades de pesquisa, desenvolvimento, inovação e aplicação de IA, por meio da viabilização do aporte de recursos específicos para esse tema e da coordenação entre iniciativas já existentes</p> <p>Estabelecer conexões e parcerias entre setor público, setor privado e instituições científicas e universidades em prol do avanço no desenvolvimento e utilização da IA no Brasil</p> <p>Promover um ambiente de políticas públicas que apoie uma transição ágil da fase de P&D para a fase de desenvolvimento e operação de sistemas de IA</p> <p>Promover um ambiente para pesquisa e desenvolvimento em IA que seja livre de viés</p> <p>Aperfeiçoar a interoperabilidade e o uso de padrões comuns</p>

Fonte: Elaboração própria a partir de Brasil (2021).



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia adotada no estudo	8
Figura 2 – Número de países que utilizam cada um dos indicadores propostos	15
Figura 3 – Quantidade de indicadores propostos encontrados nas estratégias dos países analisados	15

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comentários sobre as estratégias nacionais para inteligência artificial (IA)	12
Quadro 2 – Prevalência dos indicadores, separados por dimensão de análise	16
Quadro 3 – Indicadores altamente prevalentes	18
Quadro 4 – Indicadores levantados nas Enia – não elencados na lista preliminar do Obia	19
Quadro 5 – Indicadores levantados nas Enia por dimensões já existentes no Obia	20
Quadro 6 – Indicadores levantados nas Enia por novas dimensões	21
Quadro 7 – Indicadores prevalentes	22



SIGLAS E ABREVIATURAS ENCONTRADAS NESTA PUBLICAÇÃO

AIISA | Artificial Intelligence Institute of SA

BNCC | Base Nacional Comum Curricular

Cenia | Centro Nacional de Inteligencia Artificial

CGEE | Centro de Gestão e Estudos e Estratégicos

Ebia | Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial

Enia | Estratégias Nacionais de Inteligência Artificial

FNDCT | Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

IA | Inteligência artificial

KPI | *Key performance indicators*, em português indicadores-chave de desempenho

NIC.br | Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR

Obia | Observatório Brasileiro de Inteligência Artificial

OCDE | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

RIPD | Relatórios de Impacto de Proteção de Dados

Setad/MCTI | Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Transformação Digital do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

STEM | Acrônimo para *science, technology, engineering, and mathematics* [ciência, tecnologia, engenharia e matemática]

USP | Universidade de São Paulo

FSC



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

MINISTÉRIO DA
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO