

CENTRO DE ESTUDOS E  
DEBATES ESTRATÉGICOS  
CONSULTORIA LEGISLATIVA

ESTUDOS ESTRATÉGICOS 18

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, AUTOMAÇÃO DO TRABALHO, EMPREGABILIDADE E PREVIDÊNCIA SOCIAL

Relator  
HÉLIO LOPES



## **Câmara dos Deputados**

57ª Legislatura | 2023 – 2027

### *Presidente*

Hugo Motta

### *1º Vice-Presidente*

Altineu Côrtes

### *2º Vice-Presidente*

Elmar Nascimento

### *1º Secretário*

Carlos Veras

### *2º Secretário*

Lula da Fonte

### *3ª Secretária*

Delegada Katarina

### *4º Secretário*

Sergio Souza

### *Suplentes de secretários*

#### *1º Suplente*

Antonio Carlos Rodrigues

#### *2º Suplente*

Paulo Folletto

#### *3º Suplente*

Dr. Victor Linhalis

#### *4º Suplente*

Paulo Alexandre Barbosa

### *Secretário-Geral da Mesa*

Lucas Ribeiro Almeida Júnior

### *Diretor-Geral*

Guilherme Barbosa Brandão

### *Presidente do Conselho Editorial*

Lafayette de Andrada

## **Centro de Estudos e Debates Estratégicos**

2026

### *Presidente*

Márcio Jerry

A. J. Albuquerque

Amom Mandel

Arnaldo Jardim

Benedita da Silva

Bia Kicis

Dandara

Dr. Victor Linhalis

Dr. Luiz Ovando

Félix Mendonça Júnior

Gustavo Gayer

Helio Lopes

Júlio César

Lafayette de Andrada

Paulo Pimenta

Reginaldo Lopes

Rodrigo Gambale

Simone Marquette

Zé Vitor



Câmara dos Deputados  
Centro de Estudos e Debates Estratégicos  
Consultoria Legislativa

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, AUTOMAÇÃO DO TRABALHO, EMPREGABILIDADE E PREVIDÊNCIA SOCIAL

## Relator

Hélio Lopes

## Equipe técnica

Angelo Azevedo Queiroz (organizador)

Guilherme Pereira Pinheiro

Ígor Manuel Moreira Lima

Charles da Costa Bruxel

Thiago Freire Laporte

Leonid Garnitskiy

Renato Gilioli

José Eduardo Pereira de Arruda (estagiário)

Brasília, 2026



edições câmara

Câmara dos Deputados

**Centro de Estudos e Debates Estratégicos:** Dep. Márcio Jerry

**Diretoria-Geral:** Guilherme Barbosa Brandão

**Consultoria-Geral:** José Evande Carvalho Araújo

**Consultoria Legislativa:** Ricardo Miranda de Sousa

**Centro de Documentação e Informação:** Sergio Sampaio Contreiras de Almeida

**Coordenação Edições Câmara:** Ana Lígia Mendes

**Edição:** Ricardo de João Braga e Rachel de Vico

**Preparação de originais:** Seção de Revisão/Coedi

**Projeto gráfico:** Luiz Eduardo Maklouf

**Diagramação:** Giselle Sousa

2026, 1ª edição.

Linha Estudos e Debates; Série Estudos Estratégicos.

SÉRIE  
Estudos Estratégicos  
n. 18

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
Coordenação de Biblioteca. Seção de Catalogação.  
Bibliotecária: Fabíola Marques Ferigato - CRB1: 2213

---

Inteligência artificial, automação do trabalho, empregabilidade e previdência social [recurso eletrônico] / relator Hélio Lopes ; equipe técnica Angelo Azevedo Queiroz (organizador) [et al.]. – 1. ed. – Brasília : Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2026. -- (Série estudos estratégicos ; n. 18)

Versão e-book.

Disponível, também, em formato impresso.

Modo de acesso: [livraria.camara.leg.br](http://livraria.camara.leg.br)

ISBN 978-85-402-1205-3

1. Inteligência artificial. 2. Trabalho, automação. 3. Mercado de trabalho. 4. Previdência social. I. Lopes, Hélio. II. Queiroz, Angelo Azevedo. III. Série.

CDU 331.3:004.8(81)

---

ISBN 978-85-402-1204-6 (papel)

ISBN 978-85-402-1205-3 (e-book)

As opiniões expressas nesta publicação são de responsabilidade dos autores.

Direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610, de 19/2/1998.

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer meio sem prévia autorização da Câmara dos Deputados, exceto nos casos de breves citações, desde que indicada a fonte.

Venda exclusiva pela Edições Câmara.

Câmara dos Deputados

Centro de Documentação e Informação – Cedi

Coordenação Edições Câmara – Coedi

Palácio do Congresso Nacional – Anexo 2 – Térreo

Praça dos Três Poderes – Brasília (DF) – CEP 70160-900

Telefone: (61) 3216-5833

[livraria.camara.leg.br](http://livraria.camara.leg.br)

# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	7
PREFÁCIO .....	9
RESUMO EXECUTIVO .....	11
INTRODUÇÃO .....	13
<b>CAPÍTULO 1</b>	
Ciclos históricos e regulatórios da transformação tecnológica .....	19
Guilherme Pereira Pinheiro	
<b>CAPÍTULO 2</b>	
Impactos das novas tecnologias nas relações de trabalho .....	35
Angelo Azevedo Queiroz	
<b>CAPÍTULO 3</b>	
Inteligência artificial, automação do trabalho e impactos sobre a Previdência Social .....	63
Ígor M. Moreira Lima	
<b>CAPÍTULO 4</b>	
Educação, inteligência artificial generativa e trabalho docente: questões, práticas e desafios .....	85
Renato S. P. Gilioli Cintia Silva	
<b>CAPÍTULO 5</b>	
Possíveis impactos da inteligência artificial na economia .....	105
Leonid Garnitskiy	
<b>CAPÍTULO 6</b>	
Regulamentação de plataformas de intermediação de serviços de transporte de passageiros: controle de possíveis efeitos negativos na renda do trabalhador causados pelo uso de inteligência artificial .....	121
Iuri Gregório de Souza	
<b>AUTORES CONVIDADOS</b> .....	127
Caminhos da inteligência artificial generativa: uma avaliação crítica de suas implicações para o Brasil .....	129
Willian Boschetti Adamczyk	

Um panorama sobre a relação entre inteligência artificial e trabalho criativo.....	141
Jefferson Dantas	
O impacto da inteligência artificial no emprego e na produtividade: o que esperar a partir dos estudos recentes?.....	151
Luis Claudio Kubota	
Impactos da inteligência artificial na economia .....	161
Fernando Veloso	
Inteligência artificial: as agendas da China e dos EUA .....	169
Gilson Geraldino Silva Jr. Ricardo Marques Lobo	
Interdependência humano-máquina: transformando o trabalho no Brasil .....	191
Ricardo Capra	
Inteligência artificial, automação do trabalho, empregabilidade e Previdência Social ....	203
Rogério Nagamine Costanzi	

## APRESENTAÇÃO

Bem-vindos ao novo estudo intitulado “Inteligência artificial, automação do trabalho, empregabilidade e previdência social”, do Centro de Estudos e Debates Estratégicos (Cedes).

Em um mundo em constante transformação, a inteligência artificial (IA) e a automação estão redefinindo as fronteiras do trabalho e da sociedade. O que antes nos parecia ficção científica, já é uma realidade que impacta o dia a dia de nossas vidas e do nosso arranjo social e econômico. Como essas mudanças moldarão o futuro do trabalho? Nossos empregos estão em risco ou novas oportunidades surgirão? E o que acontecerá com a previdência social em um cenário de força de trabalho em mutação? Nesta publicação, enfrentamos essas questões cruciais. Nosso estudo é um convite à reflexão e ao debate sobre os desafios e as oportunidades que a era da IA nos apresenta.

Em reflexões tanto de servidores da Casa quanto de seletos convidados, exploramos como a automação, a economia digitalizada e o trabalho por meio de aplicativos (*gig economy*) estão moldando o mercado de trabalho e afetando a empregabilidade dos trabalhadores. Discutimos as habilidades do futuro e as políticas públicas que poderão oferecer respostas a este momento desafiador. Analisamos também o impacto dessas transformações nos sistemas de previdência social, na busca de meios e alternativas para garantirmos um futuro seguro e justo para todos.

A IA é um dos temas mais relevantes do nosso tempo. No estudo "Inteligência artificial, automação do trabalho, empregabilidade e previdência social" aceitamos o desafio de navegar pela complexidade do amanhã, hoje.

Boa leitura!

Hugo Motta  
Presidente da Câmara dos Deputados

## PREFÁCIO

É com grande satisfação que recebo mais uma publicação do Centro de Estudos e Debates Estratégicos, um órgão precioso da Câmara dos Deputados dedicado à disseminação de estudos e pesquisas inovadoras que antecipam os grandes debates públicos que vão dominar essa Casa.

Neste número, o relator deputado Hélio Lopes explora o tema "Inteligência artificial, automação do trabalho, empregabilidade e previdência social", um tópico que rapidamente alcançou grande relevância no cenário político, social e econômico contemporâneo.

Vivemos em uma era de transformações aceleradas, impulsionadas pelo avanço da inteligência artificial e da automação. Essas tecnologias estão redefinindo a maneira como trabalhamos, produzimos e interagimos com o mundo, e trazem desafios e oportunidades inéditas. Diante desse cenário, compreender os impactos sobre a empregabilidade, o emprego e os sistemas de seguridade social tornou-se uma necessidade urgente para governos, empresas e trabalhadores.

Neste estudo, o relator se propôs como objetivo principal fomentar o debate crítico e a troca de conhecimentos entre membros da Casa, a equipe da Consultoria Legislativa, representantes dos demais poderes, acadêmicos e pesquisadores, reunindo no estudo pesquisas, relatos, estudo de caso e reflexões que, com alentada diversidade de abordagens e com a profundidade necessária, promovem investigações sobre o tema. O resultado oferece insights valiosos para o avanço do debate público sobre o futuro do Brasil no século XXI em face das transformações que a IA já provoca.

Trata-se de um estudo que se propõe a analisar de forma crítica e aprofundada a interseção entre IA, automação do trabalho e as consequências para o mercado de trabalho e a seguridade social. Ao longo das páginas que seguem, o leitor encontrará reflexões embasadas em dados, tendências e projeções e estudos de casos que o ajudam a visualizar os caminhos possíveis para uma transição justa e equilibrada rumo ao futuro do trabalho.

Mais do que discutir os efeitos da automação, este estudo buscou lançar luz sobre soluções e estratégias para mitigação dos riscos e potencialização dos benefícios dessas mudanças tecnológicas, pois é na construção de caminhos e alternativas que incidem o poder público e os formuladores de políticas. O progresso tecnológico, afinal, deve ser um aliado na construção de sociedades mais justas e inclusivas, nas quais inovação e dignidade caminham lado a lado.

Com isso, convidamos o leitor a mergulhar nesta análise, com olhar crítico e mente aberta, para juntos pensarmos os próximos passos em direção a um futuro em que a tecnologia trabalhe a favor de todos.

Deputado Márcio Jerry  
Presidente do Centro de Estudos e Debates Estratégicos

## RESUMO EXECUTIVO

O presente estudo analisa os efeitos transformadores da inteligência artificial (IA) sobre a sociedade, com ênfase nas mudanças no mundo do trabalho, na produtividade, na previdência social, na educação e na economia.

A obra destaca que a IA vem impulsionando ganhos de eficiência, mas também tem gerado desafios, especialmente no que se refere à substituição de empregos e à necessidade de requalificação profissional. Embora promova otimização de processos e redução de custos, a automação exige políticas públicas que conciliem inovação tecnológica com proteção social.

A regulação da IA apresenta-se como desafio global, marcado pela necessidade de se harmonizar a proteção de direitos fundamentais com a promoção da inovação. A proposta legislativa brasileira, (PL 2.338/2023) hoje em discussão no Parlamento, destaca-se ao estabelecer medidas explícitas para proteção do emprego, fomento da capacitação e garantia da governança ética da IA, uma proposta que supera a abordagem mais técnica e restrita do AI Act, da União Europeia.

O avanço das tecnologias digitais tem o condão de impactar profundamente as relações de trabalho, especialmente na chamada “economia de plataformas”, com destaque para motoristas e entregadores por aplicativos. O estudo evidencia que diferentes países adotam estratégias variadas para equilibrar flexibilidade e proteção trabalhista, pois reconhecem a necessidade de assegurar condições justas de trabalho, transparência e remuneração adequada. Modelos regulatórios bem desenhados devem buscar esse equilíbrio e evitar tanto a precarização das ocupações quanto a inibição da inovação.

A automação e a IA podem afetar o equilíbrio financeiro dos sistemas contributivos de previdência social ao reduzir o volume de empregos formais. Isso reforça a necessidade de se repensarem políticas de proteção social diante da crescente digitalização do trabalho, incorporando-se mecanismos que garantam a sustentabilidade e a adequação das prestações.

No campo da educação, a IA generativa surge como ferramenta promissora, mas também desafiadora. Sua integração no ensino e na pesquisa requer novos referenciais éticos e pedagógicos, além da adaptação das práticas docentes. A formação de professores e a elaboração de políticas educacionais devem contemplar não apenas a capacitação técnica, mas também o desenvolvimento de competências críticas para lidar com os impactos sociais e culturais dessas tecnologias.

Já da perspectiva econômica, o estudo aponta para o chamado “paradoxo da produtividade”: apesar das expectativas elevadas sobre o potencial da IA, os indicadores de produtividade agregada permanecem modestos. Quatro hipóteses explicam esse fenômeno:

expectativas excessivas, falhas de mensuração, concentração dos ganhos em poucos agentes e atrasos na difusão e adaptação das tecnologias. A superação desses obstáculos depende de políticas que promovam inclusão digital, inovação responsável e mecanismos de redistribuição mais eficazes.

Em síntese, a obra propõe uma abordagem integrada para enfrentamento dos desafios e oportunidades trazidos pela IA e defende políticas públicas que articulem proteção social, desenvolvimento econômico e fortalecimento da cidadania digital.

Hélio Lopes

## INTRODUÇÃO

O presente estudo emerge em um contexto de transformações sociais profundas impulsionadas pela rápida evolução da inteligência artificial (IA). Como campo da ciência da computação dedicado ao desenvolvimento de sistemas capazes de simular habilidades cognitivas humanas, como aprendizado, raciocínio e tomada de decisões, a IA tem provocado impactos significativos em diversas esferas da sociedade.

Embora não haja um fenômeno único universalmente aceito como IA do ponto de vista tecnológico, grande parte das discussões e o conceito de IA utilizado ao longo deste trabalho se concentram em processos decisórios automatizados controlados por algoritmos e sistemas de aprendizagem de máquina (*machine learning*), especialmente considerando-se seus efeitos sociais sobre a capacidade de trabalho e a empregabilidade.

O rápido avanço dos sistemas de IA nos últimos anos tem atraído a atenção de estudiosos de diversas áreas, como engenharia, direito e economia, que buscam compreender a complexidade dessas novas tecnologias e seus desdobramentos.

As pesquisas que compõem esta obra analisam os efeitos transformadores da IA sobre a sociedade, com ênfase nas mudanças no mundo do trabalho, na produtividade, na previdência social, na educação e na economia. O escopo da obra é o exame e a compreensão da complexidade das novas interações entre capital e trabalho diante do avanço das inteligências artificiais no mercado, com vistas a avaliar e propor melhoramentos em políticas e programas nacionais voltados à inclusão digital para criação de empregos e geração de renda. Para alcançar esse objetivo, o estudo se propõe a analisar detalhadamente a evolução tecnológica que permitiu o desenvolvimento da IA e a forma como sua regulação tem se desenvolvido no direito comparado.

O capítulo 1 aborda os ciclos históricos e regulatórios da transformação tecnológica, explora o conceito jurídico de IA e suas implicações e abarca os aspectos regulatórios da transformação tecnológica e da IA, a evolução histórica da IA e sua regulação no direito comparado. Discute-se neste primeiro capítulo, também, o impacto da IA na produtividade e no trabalho.

Na sequência, o capítulo 2 se debruça sobre os impactos das novas tecnologias nas relações de trabalho, analisa os direitos trabalhistas em plataformas digitais (autonomia vs. segurança), o caso específico da Uber como estudo de tecnologia e transformação do trabalho, e possíveis cenários para a relação entre tecnologia e trabalho nos próximos anos.

O capítulo 3, por sua vez, trata de IA, automação do trabalho e impactos sobre a previdência social. Explora, ainda, diferentes visões sobre o impacto da IA no mercado de trabalho e

avança sobre as implicações para a previdência social, como, por exemplo, sobre o equilíbrio financeiro e atuarial do sistema.

Em seguida, o capítulo 4 aborda a questão da educação e assim enfrenta questões práticas e desafios da inteligência artificial generativa (IAG) e do trabalho docente. Os autores discutem a IA no âmbito das tecnologias da informação e da comunicação (TIC) e a IAG quanto a questões éticas e práticas e utilização no ensino e na pesquisa. Ainda apresentam perspectivas oferecidas pela IAG para formação e prática docente no século XXI e analisam as escolas, tecnologias, a IAG, o *design* educacional e os sistemas tutores inteligentes (STI).

O capítulo 5 explora os possíveis impactos da IA na economia. Apresenta uma contribuição específica sobre o impacto da IA no emprego e na produtividade e analisa estudos recentes.

Em análise mais aplicada, o capítulo 6 examina como o uso de mecanismos automatizados (inclusive de precificação) pode afetar a renda do trabalhador nas plataformas e como a regulação pode induzir maior convergência entre interesses de motoristas e empresas.

A obra, de fato, destaca-se por analisar os efeitos transformadores da IA em múltiplos domínios sociais e econômicos. A IA, ao impulsionar ganhos de produtividade, também traz desafios regulatórios e sociais. Em relação à regulação comparada, o estudo aponta que a proposta brasileira (PL 2.338/2023) se diferencia do AI Act, da União Europeia, ao estabelecer medidas mais explícitas para proteção do emprego, fomento da capacitação e garantia da governança ética da IA, e supera a abordagem mais técnica e restrita do regulamento europeu.

No campo do trabalho, o avanço das tecnologias digitais, especialmente na economia de plataformas, tem o potencial de impactar profundamente as relações laborais, com destaque para motoristas e entregadores por aplicativos. Diferentes países têm adotado estratégias variadas para equilibrar flexibilidade e proteção trabalhista. O caso específico da Uber ilustra o impacto global dos avanços tecnológicos nas práticas trabalhistas na *gig economy*, e gera debates sobre classificação de emprego, proteções trabalhistas e sustentabilidade econômica. A ascensão do Uber, com seu modelo de arranjos flexíveis e priorização de contratantes independentes, desafia as regulamentações tradicionais e levanta questões sobre o futuro do trabalho.

Na educação, a IAG é vista como ferramenta promissora, mas também impõe desafios. Sua integração no ensino e na pesquisa requer novos referenciais éticos e pedagógicos, além da adaptação das práticas docentes. A formação de professores e as políticas educacionais precisam contemplar não apenas a capacitação técnica, mas também o desenvolvimento de competências críticas no trato dos impactos sociais e culturais dessas tecnologias.

Na perspectiva econômica, como dito, o estudo aborda o chamado “paradoxo da produtividade”: apesar das altas expectativas sobre o potencial da IA, os indicadores de produtividade agregada permanecem modestos. Quatro hipóteses são apresentadas para explicar esse fenômeno: expectativas excessivas, falhas de mensuração, concentração dos ganhos em poucos agentes e atrasos na difusão e adaptação das tecnologias. A superação dos

obstáculos ao crescimento da produtividade depende de políticas que promovam inclusão digital, inovação responsável e mecanismos de redistribuição mais eficazes. Embora estudos mais recentes mostrem que as tecnologias de IA ainda não tiveram impacto significativo nas estatísticas de produtividade agregada, mas, antes, redução no ritmo de crescimento da produtividade do trabalho, as discussões sobre o impacto no emprego e no mercado de trabalho continuam intensas.

O estudo de Frey e Osborne (2013)<sup>1</sup>, por exemplo, concluiu que 47% dos empregos nos EUA estariam sob alto risco de automação, e deu início a uma série de análises sobre a quantidade de ocupações sob risco. Contudo, há críticas a essas metodologias por superestimarem a automação ao focar em ocupações inteiras em vez de tarefas. Pesquisas mais recentes, que analisam tarefas individualmente, indicam que, embora uma parte significativa das profissões possa ser afetada pela IA, muitas não serão extintas, pois a IA tenderá a complementar o trabalho humano em certas tarefas. A longo prazo, a adaptação dos trabalhadores às novas exigências de competências e às mudanças setoriais será fundamental.

A IA e a automação também são analisadas sob a ótica dos possíveis impactos sobre a previdência social. A preocupação com o desemprego gerado pela tecnologia levanta questões sobre o equilíbrio financeiro e atuarial do sistema previdenciário, que depende das contribuições incidentes sobre as remunerações dos empregados. Dependendo da visão sobre o impacto da IA nos empregos (otimista ou pessimista), os efeitos sobre a previdência social poderiam ser menos ou mais intensos. Além dos efeitos sobre o emprego, a IA pode influenciar a desigualdade de renda e riqueza, o que tem repercussões importantes para a previdência social. A adoção de proteções sociais e de programas de desenvolvimento de habilidades é ressaltada como importante para mitigar os efeitos negativos da automação, especialmente no curto prazo.

Na seção de autores convidados, a obra amplia seu escopo ao trazer recortes complementares, abordando desde o trabalho criativo à regulação setorial e aos efeitos macroeconômicos, que ajudam a enxergar, por diferentes ângulos, como a IA e a automação reorganizam incentivos, oportunidades e riscos sociais.

Em “Caminhos da inteligência artificial generativa: uma avaliação crítica de suas implicações para o Brasil”, Willian Adamczyk apresenta impactos da IA por tipos de ocupação, traz um panorama para os empregos na América Latina e questiona as diversas desigualdades que ela poderia intensificar. Termina, positivamente, com sugestões de políticas para lidar com o problema.

No artigo “Um panorama sobre a relação entre inteligência artificial e trabalho criativo”, Jefferson Dantas discute como sistemas de IA passam a incidir não apenas sobre tarefas

---

1 FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael A. *The future of employment: how susceptible are jobs to computerization?* Oxford: University of Oxford, 2013. Disponível em: [https://oms-www.files.svcdcdn.com/production/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](https://oms-www.files.svcdcdn.com/production/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf). Acesso em: 7 fev. 2025.

repetitivas, mas também sobre processos associados à criação e à produção cultural, recorrendo a dilemas sobre valor, autoria e assimetrias no uso de dados.

Luis Kubota, em “O impacto da inteligência artificial no emprego e na produtividade: o que esperar a partir dos estudos recentes?”, trata também dos impactos da IA na economia, mas enfatiza tanto o que se espera para a evolução da produtividade quanto os impactos no mercado de trabalho. Suas conclusões fortalecem o quadro geral da obra que pede políticas públicas para adequar a força de trabalho para os novos tempos, tanto para permitir os avanços econômicos quanto para gerar oportunidades de emprego e renda.

Fernando Veloso, em “Impactos da inteligência artificial na economia”, conecta a discussão a evidências e hipóteses macroeconômicas sobre produtividade, emprego e distribuição de efeitos, oferecendo um pano de fundo para articular os impactos setoriais do progresso tecnológico com as preocupações de política pública e proteção social.

Com o artigo “Inteligência artificial: as agendas da China e dos EUA”, Gilson Silva Jr e Ricardo Lobo trazem um valioso e atual mapa do que as superpotências da IA pretendem para o futuro. Ambos os países encaram o desenvolvimento da tecnologia como ação estratégica para seu desenvolvimento econômico, com desdobramentos na política interna e também nas relações internacionais. O texto demonstra a seriedade e o compromisso político e financeiro que esses países assumem com o desenvolvimento da IA e deixa claro quem são os líderes dessa corrida.

Na sequência, “Interdependência humano-máquina: transformando o trabalho no Brasil”, de Ricardo Cappra, desloca-se o foco para a reorganização cotidiana das rotinas profissionais e para o risco de aprofundamento de desigualdades quando o acesso à educação tecnológica não acompanha a velocidade da adoção de IA.

Por fim, Rogério Constanzi trata especificamente dos impactos da IA na Previdência Social. Seu artigo “Inteligência artificial, automação do trabalho, empregabilidade e Previdência Social” deixa claro que a previdência social no Brasil já enfrenta desafios próprios da transição demográfica que o país atravessa e também das características históricas do mercado de trabalho, com baixa formalização e baixos níveis de renda. Ao discutir a IA, demonstra como esses desafios devem ser intensificados pela mudança tecnológica e também pede ações do poder público para mitigar esses efeitos prejudiciais ao sistema previdenciário e ao bem-estar dos trabalhadores.

Em síntese, o presente estudo propõe uma abordagem integrada para enfrentamento dos desafios e oportunidades trazidos pela IA, e defende políticas públicas que articulem proteção social, desenvolvimento econômico e fortalecimento da cidadania digital. Reconhece-se que as implicações exatas da IA para economia e sociedade são difíceis de prever, pois existe um nível de incerteza comparável ao de introduções de tecnologias de uso geral anteriores. Diversos fatores podem influenciar a concretização de cenários de desemprego, como a efetiva adoção das tecnologias, os impactos internos e externos, a complementaridade das tecnologias e a facilidade de transição dos trabalhadores.

Os estudos indicam que, apesar das incertezas e dos riscos no período de transição, especialmente no curto prazo, é importante a adoção de novas tecnologias para o progresso tecnológico, o crescimento econômico e a melhora dos padrões de vida a longo prazo.

Portanto, a garantia da coesão social e a promoção da adaptação dos trabalhadores por meio de políticas ativas de formação e requalificação são cruciais. A construção de melhores sistemas de previdência social, por sua vez, depende intrinsecamente de mercados de trabalho mais fortes, com menor informalidade, maiores rendimentos e ganhos de produtividade.

Hélio Lopes

# Ciclos históricos e regulatórios da transformação tecnológica

Guilherme Pereira Pinheiro<sup>2</sup>

## 1. CONCEITO JURÍDICO DE IA E SUAS IMPLICAÇÕES

A inteligência artificial (IA) tem provocado profundas transformações no mundo do trabalho, afetando tanto a produtividade quanto as relações entre empregadores e trabalhadores. A automação de tarefas antes desempenhadas por humanos tem impulsionado ganhos de eficiência e redução de custos em diversos setores, mas também levanta preocupações quanto ao deslocamento de empregos e à adaptação dos profissionais a esse novo cenário. Se, por um lado, a IA pode aumentar a produtividade ao otimizar processos e permitir a realização de atividades em maior escala e velocidade, por outro, sua implementação pode gerar desafios para a força de trabalho, o que exige requalificação profissional e novos modelos de inserção no mercado. A transição para um ambiente cada vez mais digitalizado e baseado em dados reforça a necessidade de políticas que conciliem inovação tecnológica e proteção ao emprego.

Além de substituir postos de trabalho, a IA também cria novas oportunidades e formas de atuação profissional, impulsionando a chamada economia das plataformas e o surgimento de ocupações ligadas ao desenvolvimento, monitoramento e regulação dessas tecnologias. Profissões como treinadores de algoritmos, especialistas em ética da IA e analistas de governança digital ganham relevância, ao passo que modelos tradicionais de emprego são reformulados ou substituídos por trabalhos baseados em tarefas sob demanda.

Nesse contexto, o desafio regulatório torna-se ainda mais complexo, pois não se trata apenas de se mitigarem os riscos da automação, mas também de se garantir que a transição tecnológica ocorra de forma equitativa, de se assegurarem direitos trabalhistas e de se promover um crescimento econômico que beneficie amplamente a sociedade.

---

2 Consultor legislativo na Câmara dos Deputados e advogado. Pós-doutor em direito e democracia pela Universidade de Coimbra e pós-doutor em direito pela Universidade de Brasília (UnB). Doutor em direito pela UnB, *master of laws* (LL.M) pela Universidade de Columbia, Nova York, e mestre em direito e políticas públicas pelo Uniceub. É professor titular do programa de mestrado e da pós-graduação em direito do IDP. Foi assessor de ministro do Supremo Tribunal Federal.

A revolução no tratamento de dados pessoais, com grandes empresas de tecnologias que coletam e processam quantidades significativas de dados, como textos, imagens e músicas, é resultado, em parte, da recente revolução na capacidade computacional de manejo desse volume expressivo de informações.

Com o aprimoramento das chamadas “redes neurais profundas”<sup>3</sup>, aplicações de algoritmos de machine learning de alto desempenho tornaram-se mais robustas. Isso leva à disseminação de uma IA que permite a combinação de vários algoritmos complexos, cada um executando determinada função programada, a fim de se encontrarem soluções para problemas complexos (Taddy, 2019, p. 61).

Ademais, como os modelos de IA demandam enorme poder de processamento e grandes quantidades de dados, a redução dos custos computacionais e a oferta cada vez maior de dados multimídias foram determinantes para esse sucesso (Da Silva, 2019, p. 43).

Com toda essa versatilidade, o conceito de IA torna-se bastante fluido e pode assumir diferentes abordagens, desde a dimensão humana e racional até a avaliação de processos de pensamento e comportamento (Russel e Norvig, 2021, p. 19-24).

Na dimensão humana, sobressai o teste de Turing, que pretende responder à seguinte pergunta: “pode uma máquina pensar?”. A resposta seria afirmativa se a máquina pudesse, ao mesmo tempo: (i) comunicar-se em linguagem humana por meio do processamento de uma linguagem natural; (ii) representar o conhecimento, mediante armazenamento do que aprende ou ouve; (iii) raciocinar de maneira a responder perguntas e extrair conclusões; e (iv) aprender novas circunstâncias ou extrapolar padrões definidos. Na dimensão racional ou cognitiva, a máquina deveria, por exemplo, ser capaz de introspecção e de realizar experimentos psicológicos em terceiros.

Russel e Norvig propõem, então, uma definição mais simplificada, e sugerem que IA é a capacidade de assumir funções que, se exercidas por humanos, seriam compreendidas como demandantes de inteligência ou que pressuporiam uma atuação inteligente (2021, p. 21). O conceito de IA não engloba, ou não deveria englobar, a simples automação e a operação simbólica que seja incapaz de aprendizagem (Freitas e Freitas, 2021, p. 27), pois o termo “automação” geralmente se refere a máquinas que operam sem verdadeira autonomia, como braços robóticos que montam carros em uma fábrica de automóveis. Ou seja, autonomia, por si só, não implica capacidade de aprendizagem e pode limitar-se a processos mecânicos e repetitivos.

Do ponto de vista tecnológico, não há um fenômeno único que possa ser chamado de IA. Embora o foco esteja em técnicas de extração de informações de bancos de dados por meio

---

3 Trata-se das chamadas *deep neural networks* (DNN), que são uma espécie de rede neural artificial, com múltiplas camadas ocultas entre a entrada e a saída de informações, representando um avanço em relação às redes neurais tradicionais. Essas redes são a base do *deep learning* (aprendizado profundo), e permitem que máquinas processem grandes volumes de dados e tomem decisões complexas de maneira semelhante ao cérebro humano.

de processos de aprendizado de máquina (machine learning), a pesquisa em IA encampa variadas e abrangentes metodologias. Entre estas podemos enumerar, por exemplo, técnicas de regressão linear sobre máquinas de vetor de suporte, algoritmos de árvore decisória e redes neurais. Dito de outro modo, o aprendizado de máquina reúne um conjunto amplo e variado de processos e tecnologias, mais do que uma técnica única e bem delimitada, o que torna ainda mais difícil fixar uma definição precisa e estável do que se entende por “IA”.

Importantes para o conceito de IA são os de machine learning e de deep learning. Dito de forma simples e com linguagem mais leiga, as técnicas de machine learning são direcionadas a resolver problemas específicos, em que a contínua interação do computador aperfeiçoa o resultado (outcome) por meio de otimizações matemáticas em um conjunto de variáveis determinadas por humanos. Já o deep learning pode ser compreendido como um substrato ou subconjunto do aprendizado de máquina, já que consiste no uso de otimizações mais avançadas, de modo que o ser humano não seja obrigado a fornecer orientação contínua e detalhada daquilo que deve ser melhorado, senão apenas uma orientação mais geral (Fischer e Parab, 2021, p. 6).

Por conta de não haver um fenômeno único que possa ser chamado de IA, alguns autores defendem abandonar a busca de um conceito unívoco e partir de uma abordagem mais ampla, que lide com processos decisórios automatizados, controlados por meio de algoritmos, ou simplesmente concentrar-se em sistemas de aprendizagem de máquina (Wischmeyer e Rademacher, 2020, p. 7). É nesse sentido que grande parte do conceito de IA será usado ao longo deste trabalho, especialmente quando houver impacto social no fazer humano, com destaque para os efeitos sobre a capacidade de trabalho e a empregabilidade.

O Projeto de Lei 2.338/2023 também traz um conceito de IA. Já aprovada pelo Senado Federal, essa proposição dispõe sobre desenvolvimento, fomento e uso ético e responsável de IA com base na centralidade da pessoa humana. Para tal iniciativa legislativa, o sistema de IA consiste no

estilo="padding-left: 40px;">sistema baseado em máquina que, com graus diferentes de autonomia e para objetivos explícitos ou implícitos, infere, a partir de um conjunto de dados ou informações que recebe, como gerar resultados, em especial previsão, conteúdo, recomendação ou decisão que possa influenciar o ambiente virtual, físico ou real.

A referida definição descreve IA como máquina que opera com diferentes graus de autonomia e que possui objetivos explícitos ou implícitos, ressaltando-se a capacidade de a tecnologia inferir a partir de dados e gerar previsões, conteúdos, recomendações **ou decisões** que podem influenciar tanto ambientes virtuais quanto físicos.

Como aspectos positivos dessa definição, apontamos o reconhecimento da variação do nível de autonomia dos diferentes sistemas de IA, desde sistemas meramente assistivos, até a IA autônoma. Também sobressai a ênfase no impacto do uso, já que a IA não apenas processa informações, mas influencia de fato ambientes e tomadas de decisão.

Por outro lado, há críticas referentes à falta de menção a questões de aprendizagem e adaptação, uma vez que não se enfatiza a capacidade da IA de aprender e melhorar ao longo do tempo, elemento central de técnicas como aprendizado de máquina e redes neurais profundas. Há, outrossim, vagueza na referência a "objetivos explícitos ou implícitos", que traz ambiguidade e insegurança jurídica para uma aplicação mais precisa em políticas regulatórias. Outro problema refere-se à falta de maior diferenciação entre IA simbólica e IA baseada em dados. Modelos simbólicos, baseados em regras, e modelos estatísticos, como redes neurais, possuem características distintas, e a definição trazida pela proposta parece não levar devidamente em conta tais sutilezas.

No continente europeu, o Artificial Intelligence Act (AI Act), da União Europeia, aprovado pela Regulação 2024/1689<sup>4</sup>, define o sistema de IA como aquele baseado em máquinas e concebido para funcionar com níveis de autonomia variáveis, que pode apresentar capacidade de adaptação e que, seja para objetivos explícitos ou implícitos, consegue inferir e gerar resultados como previsões, conteúdos, recomendações ou decisões com potencial de influenciar ambientes físicos ou virtuais.

Comparada à proposta brasileira, uma primeira diferença essencial é que o AI Act explicita que o sistema pode apresentar adaptabilidade após a implantação, enquanto o PL 2338 não inclui esse elemento de modo expresso na definição. Isso é importante porque, no AI Act, a própria noção de "sistema de IA" já contempla, como possibilidade típica, comportamentos que podem mudar ao longo da operação do sistema, com ajustes de desempenho a partir de uso real, ao passo que, no texto brasileiro, a definição se concentra na combinação de ser baseado em máquina, ter autonomia, operado por inferência a partir de dados/informações, tudo isso sem destacar a adaptabilidade após a implantação como traço caracterizador.

Em resumo, a definição brasileira tem mérito ao abordar a versatilidade e o impacto da tecnologia, mas poderia ser mais clara sobre aprendizado, autonomia e diferenciação entre abordagens de IA. Já a definição do AI Act foca na regulamentação e enfatiza que a IA opera dentro de objetivos humanos, o que pode ser mais adequado para enquadramento legal e ético.

Passemos, em seguida, a analisar os ciclos históricos e regulatórios de transformação tecnológica e de IA.

## **2. ASPECTOS REGULATÓRIOS DA TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA E DA IA**

Vários desafios surgem ao se regular uma nova tecnologia que, por um lado, entra em rota de colisão com serviços e direitos já existentes, e por outro, passa a orbitar um espaço vazio, antes inexplorado. A seguir vamos explorar algumas dessas dificuldades.

A primeira é a superação do contexto de desconexão regulatória, que advém da necessidade de se harmonizar a nova tecnologia com o arcabouço normativo preexistente, vencendo o

---

4 EU. *Artificial Intelligence Act*. Disponível em: <https://artificialintelligenceact.eu/the-act/>. Acesso em: 26 fev. 2025.

descompasso entre o contexto atual e a abordagem adotada por leis direcionadas a um cenário passado (Baptista e Keller, 2017, p. 123-163). Um segundo problema tem origem no ritmo acelerado da evolução tecnológica, que arrisca legar às novas alterações normativas uma obsolescência prematura. Vem daí a necessidade de se equilibrarem os desdobramentos da tecnologia com a cautela para se evitar uma regulação excessivamente restritiva.

Collingridge (1980), por sua vez, aborda os desafios no tempo, quais sejam, de se regularem tecnologias emergentes, com destaque à dificuldade de previsão de seus impactos iniciais e à resistência a mudanças quando essas tecnologias já estão estabelecidas. Refere-se, assim, ao momento ideal para se promover a reconexão regulatória, que pode ocorrer assim que a disrupção acontece ou quando o novo arranjo promovido pela inovação já está estabelecido. O dilema envolve a escolha entre se intervir precocemente, com pouca informação disponível, ou tardiamente, quando a tecnologia já está enraizada e menos suscetível à intervenção.

Há também um risco de inércia regulatória quando uma demora exagerada na escolha do momento ideal para se intervir pode levar à paralisia da ação do Estado e à omissão, o que retarda os benefícios da regulamentação e permite a continuidade de cenários de desigualdade ou ineficiência. Ao mesmo tempo, toda inovação tecnológica apresenta desafios para a pretensão regulatória advinda de limitações de expertise e recursos, já que a carência de conhecimento técnico dentro das burocracias, aliada à insuficiência de recursos humanos e financeiros, representa obstáculo adicional para a regulamentação de tecnologias emergentes.

O avanço das tecnologias digitais desafia continuamente os sistemas jurídicos internacionais, o que é agravado por redes de comunicação e plataformas que ultrapassam fronteiras nacionais. O direito internacional público pode não ter a agilidade necessária para acompanhar o ritmo acelerado das inovações, enquanto o direito internacional privado mostra-se insuficiente para regular questões que se desprendem da mera relação entre indivíduos (Baptista e Keller, 2017, p. 154).

Nesse ponto, o agente regulador tende a se tornar imprudente, temerário, sem despender o tempo suficiente para tomar conhecimento dos fatos e melhor subsidiar suas decisões ou, ao contrário, desabar num estado de paralisia e assim reforçar o status quo, o que pode até impedir que novas tecnologias cheguem ao mercado e sejam ofertadas da maneira mais eficiente e segura. Nesse sentido, é necessário que o regulador se torne mais pró-ativo, dinâmico e responsivo (Fenwick; Kaal; Vermeullen, 2017, p. 562-566).

Não há, assim, um modelo único para a regulação de tecnologias disruptivas, portanto é necessária a adoção de abordagens combinadas de diferentes estratégias regulatórias para se alcançar um equilíbrio eficiente.

A regulação da tecnologia deve buscar um equilíbrio entre a intervenção estatal e a promoção da inovação. Embora os fundamentos clássicos da regulação – como a correção de falhas de mercado e a proteção de direitos fundamentais – continuem essenciais, a relevância da inovação para o crescimento econômico não pode ser ignorada.

Ao se regular a IA, especificamente, deve-se cuidar para que os ônus de uma regulação muito restritiva não causem efeitos inibidores para a inovação e o investimento. Se muito restritiva, podem-se elevar custos de conformidade, podem-se criar barreiras à entrada para micro e pequenas empresas e start-ups e pode-se desconsiderar a complexidade do ecossistema, que trabalha sempre com enorme quantidade de dados, alta velocidade, uso de redes neurais, e cujo resultado é imprevisível até para os desenvolvedores da tecnologia. Ademais, é um mercado que envolve múltiplos atores, como os próprios desenvolvedores, treinadores de algoritmos, coletores de dados, controladores, operadores, fabricantes do hardware que rodam o software de IA, proprietários dos softwares, usuários, etc. (Truby *et al.*, 2022, p. 592).

Com isso, a definição do momento ideal para a regulação é desafio complexo, já que tanto a regulação precipitada ou antecipada (*ex ante*) quanto a posterior (*ex post*), por meio do direito concorrencial, possuem riscos e impactos distintos que devem ser considerados.

A proteção dos direitos fundamentais deve constituir guia orientativo como critério para limitar a intervenção regulatória e garantir que as normas não os suprimam nem, ao mesmo tempo, inibam a inovação desnecessariamente. É o que o professor Marcio Iorio Aranha defende quando afirma que o Estado regulador deve intervir na forma de garantidor último dos serviços e prestações materiais essenciais para a fruição dos direitos fundamentais (2013, p. 7). Por conseguinte, a abordagem regulatória minimalista, focada na segurança dos usuários e na preservação das liberdades essenciais, mostra-se um caminho menos arriscado. A combinação de abordagens rígidas e flexíveis permite que o sistema sofra adaptações paulatinas e se conforme e evolua à medida que novas necessidades e inovações surjam. Ferramentas tradicionais do direito público podem e devem ser complementadas por incentivos, padrões de desempenho, autorregulação e métodos experimentais, como sandboxes regulatórios<sup>5</sup>.

Com relação à regulação experimental, o uso de sandboxes fora dos contornos da responsabilidade objetiva no Brasil poderia ser pensado, já que os sandboxes são ambientes mais supervisionados e controlados. Embora seja difícil a fruição de ambiente flexível o suficiente para acomodar novas mudanças que, ao mesmo tempo, traga absoluta segurança regulatória para evitar prejuízos aos envolvidos, ao se focar em limitar qualquer abuso esvazia-se o propósito do sandbox, e isso cria desestímulos. Até porque a participação em um ambiente controlado implica custos de conformidade com as regras, tal participação traz uma camada adicional de supervisão regulatória e expõe a tecnologia da empresa submetida ao regime de experimentação regulatória não apenas ao regulador, mas aos demais participantes do sandbox.

Nesse sentido, a simples transferência do custo para os agentes de IA por meio de uma responsabilidade objetiva, ainda que num ambiente de sandbox, pode e deve aumentar significativamente o custo de desenvolvimento. Alguns analistas, como Brandon Jackson, preveem

---

5 *Sandbox* é a iniciativa regulatória que permite o teste de produtos e serviços num ambiente previamente controlado, em que ocorre a suspensão temporária de algumas normas jurídicas sancionatórias, geralmente mediante orientações da autoridade pública, num espírito de colaboração regulador-regulado. Ver em: ALLEN, Hillary J. Regulatory sandboxes. *The George Washington Law Review*, v. 87, n. 3, 2019, p. 579.

que o conceito de responsabilidade objetiva se tornará cada vez mais obsoleto à medida que sistemas de IA ficarem mais independentes (Jackson, 2019).

Ademais, a participação da sociedade no processo regulatório torna-se essencial, a fim de ampliar a transparência, fortalecer a confiança nas normas adotadas e garantir que a regulação esteja alinhada às necessidades do mercado e da população.

Nesse panorama, é muito importante a inovação nos mecanismos regulatórios, que combine instrumentos tradicionais com incentivos à conformidade, padrões de desempenho, autorregulação e práticas experimentais. O sucesso da regulação dependerá, ao final, da capacidade de estruturar um conjunto de estratégias adequado aos objetivos específicos de cada caso.

O desenvolvimento de sistemas de IA avançou rapidamente nos últimos anos, o que chamou a atenção de estudiosos de diversas áreas, desde a engenharia, o direito, até a economia. Nem sempre foi assim. Há cerca de 10 anos, grande parte dos autores que tratavam a relação entre a lei e a tecnologia não abordavam diretamente esse tema, como é o caso da obra *Information Technology Law*, de Andrew Murray (2016).

O surgimento de sistemas de IA de propósito geral e generativa trouxe o assunto, que é técnico, à atenção do grande público. Também, o avanço na capacidade de processamento computacional, somado à maior disponibilidade de dados, pessoais ou não<sup>6</sup>, e à melhora dos softwares fez o assunto voltar à pauta do dia (Steibel; Vicente; De Jesus, 2019, p. 55).

Tal tecnologia, à medida que se aprimora, terá impacto profundo na economia, especialmente em relação a produtividade, crescimento econômico, poder de mercado, inovação e, o tema objeto desta obra, emprego e mercado de trabalho (Agrawal; Gans; Goldfarb, 201, p. 9).

Constituem o escopo desta obra, portanto, o exame e a compreensão da complexidade das novas interações entre capital e trabalho diante do avanço das inteligências artificiais no mercado, com o objetivo de avaliar e propor aprimoramentos em políticas e programas nacionais voltados à inclusão digital para criação de empregos e geração de renda.

Para tal objetivo, é necessário analisar-se, de maneira mais detalhada, a evolução tecnológica que permitiu o desenvolvimento da IA, e, depois, como sua regulação vem se desenvolvendo no estudo do direito comparado.

### 3. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA IA

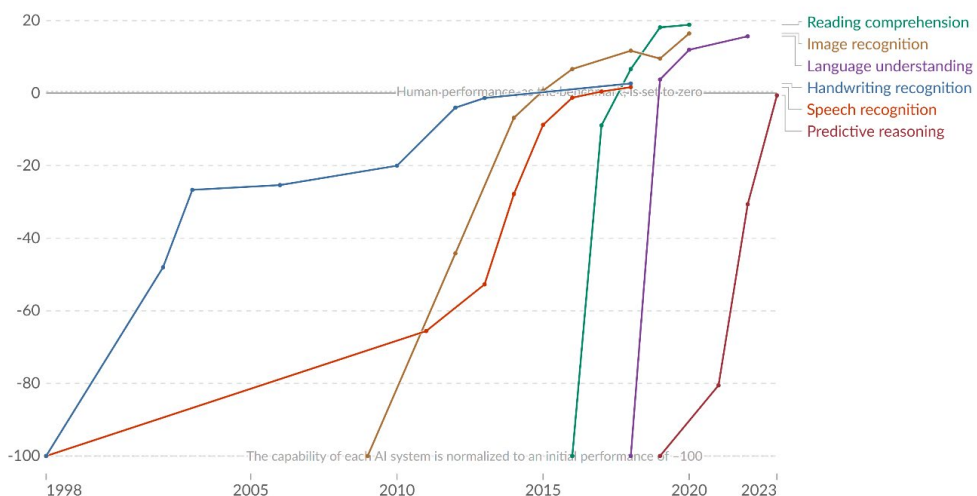
Alguns autores colocam o início da IA no longínquo ano de 1804, com a invenção do tear, patenteado por Joseph Marie Jacquard, que fornecia instruções para os padrões dos tecidos inseridas em uma série de cartões perfurados (Grzybowski; Pawlikowska-Lagód, 2024, p. 221).

6 É importante notar que, embora os dados pessoais permaneçam parte relevante da base de dados da IA, outros dados poderão ser explorados, como os anonimizados ou os que já perderam a conexão presente ou passada com uma pessoa. Ver em: HOFFMANN-RIEM, Wolfgang. Artificial intelligence as a challenge for law and regulation. In: WISCHMEYER, Thomas; RADEMACHER, Timo (org.). *Regulation artificial intelligence*. Cham: Springer, 2020.

A partir dos anos 1950, destaca-se o Teseu, sistema projetado por Claude Shannon, em que um rato controlado remotamente era capaz de encontrar a saída de um labirinto e memorizar seu percurso (Klein, 2018). O próprio termo “inteligência artificial” foi criado nessa época, no Dartmouth College, em 1956. Até os anos 1980, no entanto (Steibel; Vicente; De Jesus, 2019, p. 56-57), em razão da escassez de dados e da limitada capacidade de processamento, as aplicações da tecnologia permaneceram limitadas.

De qualquer modo, a evolução mais recente apresenta curvas de aprendizado muito íngremes para grande variedade de atividades relacionadas a IA, como capacidade de leitura, reconhecimento de imagem, de discurso e de documentos manuscritos, compreensão de linguagem e raciocínio preditivo (figura 1).

FIGURA 1 – RESULTADOS DE TESTES DE SISTEMAS DE IA EM VÁRIAS CAPACIDADES RELATIVAS AO DESEMPENHO HUMANO



Fonte: Kiela *et al.* (2023)

O fato é que os rápidos avanços no desenvolvimento de IA possibilitaram o uso de máquinas em uma ampla gama de novas aplicações. Na compra de uma passagem aérea, é comum que uma IA, não mais uma pessoa, determine o valor que será cobrado. Na segurança dos aeroportos, sistemas de IA monitoram nossas ações e auxiliam o piloto na navegação durante o voo. No sistema financeiro, sistemas de IA atuam nas decisões de concessão de crédito e avaliação de risco, no cálculo do score de crédito, na avaliação de elegibilidade para benefícios sociais e na seleção de candidatos para empregos. Além disso, a influência de IA se estende até a decisão sobre a liberdade condicional de prisioneiros.

Armamentos autônomos, como drones, utilizam IA para uso militar, além de vigilância e controle social. Mais recentemente, o uso da tecnologia se tornou corriqueiro na programação de softwares e na tradução e interpretação de textos. Assistentes virtuais, como o Siri da Apple e a Alexa da Amazon, que são ativados por comando de voz, tornaram-se presença comum nos lares na última década (Gal e Elkin-Koren, 2017). A Tesla e outras empresas

revolucionaram a condução de veículos autônomos que, com grau de autonomia cada vez maior, se tornaram parte do cotidiano.

Nas redes sociais e nos buscadores da internet, algoritmos de recomendação, impulsionados por IA, influenciam diretamente o conteúdo que consumimos, desde postagens em redes sociais até sugestões de produtos em lojas virtuais e vídeos. Além de recomendar conteúdos, essas inteligências agora também os produzem, criando textos e imagens com base em algoritmos avançados.

Não é raro o otimismo em relação ao potencial da IA para aumentar a produtividade e a riqueza das nações. Alguns a veem como a tecnologia mais importante sobre a qual o homem trabalha neste momento. Outros a enxergam como a nova eletricidade, em relação a sua aptidão disruptiva (Wooldridge, 2021, p. 6).

A IA não é mais uma tecnologia do porvir pois já integra e molda o presente e aponta para o futuro. Muitas das inovações hoje comuns seriam vistas como ficção científica há pouco tempo e seu impacto atinge a sociedade de diversas formas.

Diante dessa variedade de usos, sistemas de IA evidenciam-se como uma tecnologia de grande alcance, capazes de ser utilizados tanto para fins benéficos quanto para propósitos potencialmente prejudiciais. São chamadas “tecnologias de duplo uso”, que, em si mesmas, não são boas ou ruins, mas cujo uso depende e está condicionado, muitas vezes, aos comandos do homem (Rodríguez, 2004, p. 50).

Não é, entretanto, uma tecnologia fatalista, inevitável no sentido de inviabilizar qualquer disposição e orientação humana sobre si. Não há um determinismo tecnológico que imponha uma IA irremediavelmente dissociada da manutenção e da garantia dos direitos fundamentais e infensa a uma regulação razoável de seu uso e de seus riscos. O determinismo tecnológico se apresenta em camadas e varia entre uma visão mais radical e outra mais leve, ou mitigada (Pinheiro, 2024, p. 135). A visão que se pode dizer mais radical aduz ser o desenvolvimento tecnológico uma força autônoma, insuscetível de controles externos a si. Já para a visão mitigada, as transformações promovidas pela tecnologia conformam-se ao meio social e às pressões deste advindas, tese que nos parece mais razoável.

A seguir, vamos analisar de que modo a legislação europeia e a proposta de legislação brasileira para IA pretendem tratar especificamente a questão do emprego e do treinamento e capacitação dos trabalhadores para lidar com os desafios dessa tecnologia.

#### 4. A REGULAÇÃO DE IA NO DIREITO COMPARADO

O escopo da obra do Cedes é, entre outros objetivos, examinar o impacto das tecnologias de IA na empregabilidade e no mercado de trabalho. Com isso, é importante analisarmos como as legislações tratam a questão. Abordaremos, nesse aspecto, o AI Act, da União Europeia, e o Projeto de Lei 2.338/2023.

O **AI Act** aborda, de forma indireta, questões relacionadas ao emprego e ao treinamento de pessoas para lidarem com IA, especialmente no contexto da gestão de riscos e conformidade, as quais veremos a seguir.

Em relação à transparência e à qualificação profissional, o regulamento europeu exige que sistemas de IA de alto risco sejam operados por pessoas devidamente capacitadas. Daí decorre, ainda que tacitamente, a necessidade de treinamento específico para trabalhadores que lidam com essas tecnologias, com vistas a se garantir que compreendam e dominem seu funcionamento, limites e riscos associados<sup>7</sup>.

Quanto à responsabilidade, o AI Act determina que os sistemas de IA de alto risco sejam garantidos por seus fornecedores e entregues com informações claras e adequadas para permitir que os usuários os compreendam e os utilizem corretamente, o que implica a necessidade de treinamento adequado<sup>8</sup>. Ou seja, empresas que desenvolvem ou ofertam ao público IA de alto risco, como aqueles utilizados nos setores de saúde, recrutamento e segurança pública, precisam garantir que seus funcionários e usuários recebam treinamento adequado.

A legislação europeia também menciona a importância de se avaliarem impactos sociais e econômicos, incluídos possíveis efeitos sobre o emprego. Sistemas que podem afetar trabalhadores, como aqueles utilizados para tomada de decisão automatizada no ambiente de trabalho, tais como ferramentas de monitoramento, avaliação de desempenho ou recrutamento, estão sujeitos a obrigações específicas de transparência e governança. Há, também, uma lista que contém os sistemas de IA de alto risco, incluídos aqueles usados em "gestão de trabalhadores e acesso ao trabalho por conta própria", o que abrange mecanismos de recrutamento e gestão de desempenho<sup>9</sup>.

Outro ponto relevante aborda questões atinentes a fomento, educação e capacitação. Embora não estabeleça diretamente programas de capacitação profissional, o **AI Act** reforça a necessidade de os Estados-membros e empresas adotarem medidas para preparar trabalhadores para o uso responsável da IA. Essa diretriz alinha-se a outras iniciativas no âmbito da União Europeia, como o Digital Europe Programme, que financia treinamentos em IA para profissionais. Nos considerandos do AI Act destaca-se a importância de se promoverem competências digitais e conhecimento sobre IA entre os cidadãos e trabalhadores do bloco europeu<sup>10</sup>.

No que tange aos direitos dos trabalhadores, a legislação europeia não veda o uso de IA para monitoramento de funcionários, embora exija grau mínimo de transparência sobre o uso dessas tecnologias, a fim de garantir que decisões automatizadas não violem direitos trabalhistas. O art. 52º estabelece, também, obrigações de transparência para sistemas de IA que interagem com seres humanos, com vistas a garantir que os indivíduos sejam informados de que estão interagindo com um sistema com essas características, o que se revela importante no contexto de monitoramento no local de trabalho.

---

7 Tal exigência consta do art. 29º, que trata da supervisão humana dos sistemas de IA de alto risco, com vistas a assegurar que operadores sejam adequadamente informados e treinados para monitorar e intervir nesses sistemas quando necessário.

8 Vide art. 16º do AI Act.

9 Vide o anexo III do AI Act.

10 Vide o Considerando 76 do regulamento europeu.

É possível percebermos que, embora o AI Act não aborde aspectos de empregabilidade diretamente, nem busque resguardar explicitamente os empregos existentes, o texto evidencia a preocupação da legislação em assegurar que o uso de sistemas de IA seja acompanhado de medidas que garantam a qualificação adequada dos profissionais, a transparência nas operações e, em algum nível, a proteção dos direitos dos trabalhadores.

Por sua vez, o PL 2.338/2023, na versão já aprovada pelo Senado Federal, parece mais ousado nesse ponto. Em linhas gerais, a proposta de lei brasileira estabelece diretrizes para a governança responsável de sistemas de IA com vistas a proteger direitos fundamentais, estimular a inovação e garantir a implementação de sistemas seguros e confiáveis. A proposta, como sua contraparte europeia, também define categorias de risco para sistemas de IA, estabelece direitos para pessoas afetadas por esses sistemas e impõe medidas de governança para agentes de IA.

Mas a nosso ver, o PL 2.338/2023 vai além do AI Act ao estabelecer diversas medidas e diretrizes com o objetivo de proteger o emprego e promover a capacitação e a educação para enfrentamento dos desafios e das oportunidades da IA.

A proposta de lei aborda, por exemplo, a proteção ao trabalho e aos trabalhadores em diversos pontos e estabelece, como fundamentos, o respeito a direitos humanos, a valores democráticos e a direitos sociais e a valorização do trabalho humano. Entre os princípios, destacam-se o crescimento inclusivo, o desenvolvimento sustentável e o bem-estar, incluída a proteção do trabalho e do trabalhador.

A proposta especifica que a autoridade competente, as autoridades setoriais e o Conselho Permanente de Cooperação Regulatória de Inteligência Artificial (Cria), em cooperação com o Ministério do Trabalho, devem desenvolver diretrizes para mitigar os potenciais impactos negativos aos trabalhadores, como os riscos de deslocamento de emprego e oportunidades de carreira relacionadas a IA<sup>11</sup>. Também devem potencializar os impactos positivos, especialmente para melhora da saúde e da segurança no local de trabalho, valorizar os instrumentos de negociações e as convenções coletivas, e fomentar o desenvolvimento de programas de treinamento e capacitação contínua para os trabalhadores em atividade.

Na defesa dos trabalhadores e do emprego, a proposta de lei veda o uso de sistemas de IA com o propósito de instigação ou indução de comportamentos que causem danos à saúde, à segurança ou a outros direitos fundamentais dos trabalhadores. Também restringe o uso para avaliação de traços de personalidade ou do comportamento passado para avaliação de risco de cometimento de crimes ou infrações.

Há também exigências, como no AI Act, de transparência e explicação para se garantir o direito à informação sobre as interações com sistemas de IA, o que pode ajudar os trabalhadores a entender como as decisões automatizadas os afetam. Além disso, há a previsão de direito à explicação sobre decisões tomadas por sistemas de IA de alto risco e à revisão humana dessas decisões, para permitir que resultados desfavoráveis aos trabalhadores sejam

---

11 *Vide* art. 58 do PL 2.338/2023.

contestados. A iniciativa legislativa mantém a sujeição da responsabilidade civil decorrente de danos causados por sistemas de IA às regras do Código de Defesa do Consumidor e do Código Civil, com vistas a garantir aos trabalhadores eventuais reparações por danos causados por sistemas de IA.

Em estudo sobre as implicações sociais e legais quanto à responsabilidade criminal aplicada à complexa natureza dos robôs industriais, Nora Osmani conclui que o direito penal tradicional e a teoria legal ainda não estão bem posicionados para responder aos desafios dessas questões devido a diversos problemas práticos que exigem avaliação adicional. Com o desenvolvimento da IA, outros pontos de tensão surgirão, e os arcabouços legais inevitavelmente precisarão adaptar-se (Osmani, 2020, p. 53-82).

No campo da educação e capacitação, a proposta de lei também prevê diversas iniciativas para preparar os cidadãos para o uso mais intenso de ferramentas de IA em diversos setores da economia. O projeto de lei estabelece como fundamentos a educação e a conscientização sobre os sistemas de IA para promoção do pleno desenvolvimento e do exercício da cidadania.

Há, outrossim, previsão de programas de educação, com imposição à administração pública de implementar programas de formação, capacitação, qualificação e requalificação técnica e superior em IA alinhados às demandas do mercado e do setor público<sup>12</sup>. Tais programas têm como objetivo apoiar os trabalhadores impactados pela adoção da IA, com foco na promoção de bem-estar, requalificação, adaptação às novas exigências do mercado de trabalho e reinserção profissional.

Existe previsão de incentivos ao chamado “letramento digital”, para fomentar o uso significativo, responsável e com equidade dos sistemas de IA disponíveis, com prioridade à educação básica. As medidas de letramento incluem noções e competências básicas sobre sistemas de IA e seu funcionamento, diferentes tipos de produtos e utilizações, seus riscos e benefícios.

Ainda no que concerne à educação, a iniciativa promove conscientização e capacitação em sustentabilidade no campo das tecnologias digitais avançadas, com ênfase em práticas responsáveis na utilização de recursos. Também incentiva as instituições de ensino a incluir em seus currículos disciplinas sobre impacto ambiental e sustentabilidade no desenvolvimento e operação de sistemas e aplicações de IA e outras tecnologias digitais avançadas.

Por fim, a proposta pretende incluir na Política Nacional de Educação Digital, aprovada pela Lei 14.533/2023, o “letramento algorítmico crítico e computação crítica”, o que envolve a leitura sobre as implicações sociais e humanas das tecnologias, considerando-se especialmente a IA.

Assim, a proposta de lei busca de algum modo equilibrar o avanço tecnológico da IA com a proteção dos direitos dos trabalhadores e a promoção de educação e capacitação. As medidas visam garantir que os benefícios da IA sejam distribuídos de forma equitativa e que os

---

12 Vide art. 70 do PL 2.338/2023.

trabalhadores estejam preparados para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades da nova era da IA.

## 5. IMPACTO DA IA NA PRODUTIVIDADE E NO TRABALHO

O passo acelerado do desenvolvimento da IA, como mostrado aqui, pode causar pânico entre empregados e aqueles em busca de emprego, especialmente em situações mais alarmantes, retratadas em meios de comunicação tradicionais. (Christian, 2023).

No entanto, estudos recentes mostram que as tecnologias de IA ainda não tiveram impacto significativo sobre estatísticas de produtividade agregada. Pelo contrário, as taxas de crescimento na produtividade do trabalho tiveram o ritmo reduzido desde a primeira década do século XXI e permaneceram com baixo crescimento até agora. Nos EUA, por exemplo, esse crescimento foi de apenas 1,3% entre 2005 e 2016, enquanto apresentou média de 2,8% entre 1995 e 2004 (Brynjolfsson; Rock; Syverson, 2019, p. 26). O resultado é muito similar para 28 dos outros 29 países membros da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) aferidos.

Alguns autores veem essa curva de produtividade como o novo normal uma vez que, com exceção do que ocorreu entre 1995 e 2004, a partir de 1970 viu-se um declínio contínuo no crescimento da produtividade, não obstante o incremento das capacidades e os desenvolvimentos tecnológicos desfrutados pela sociedade desde então.

Existem ao menos quatro explicações para o descompasso entre expectativa da tecnologia e baixa produtividade, conhecido como “paradoxo da produtividade”: falsas expectativas; erro de mensuração da produtividade; distribuição concentrada e dissipação de renda; e atrasos na implementação e na reestruturação dos agentes em relação à nova tecnologia.

A primeira explicação para o paradoxo da produtividade sugere um entusiasmo exagerado e infundado em relação às novas tecnologias. Muitas inovações anunciadas como revolucionárias acabam por ter efeitos apenas modestos, em setores muito específicos, sem transformar significativamente a economia como um todo. Esse fenômeno já ocorreu no passado. Podemos mencionar o caso de tecnologias de energia nuclear e de fusão atômica, que falharam em atingir o real impacto esperado. Se essa hipótese estiver correta, o paradoxo será resolvido no futuro, à medida que as expectativas forem ajustadas à realidade. O surgimento da IA generativa no dia a dia das pessoas mostra-se como uma esperança para se superar essa explicação.

A segunda hipótese propõe que os benefícios das novas tecnologias, embora de alguma forma já estejam sendo experimentados, ainda não são capturados corretamente nas estatísticas econômicas tradicionais. Tecnologias como redes sociais, mídias digitais e smartphones oferecem grande valor para os consumidores, mas frequentemente envolvem custos monetários baixos, do que resulta subestimação do seu impacto no PIB. Sem contar a evasão fiscal e o deslocamento de lucros para paraísos fiscais, que podem distorcer as medições do crescimento real e impactar a produtividade. Estudos recentes, porém, indicam que a

mensuração inadequada, embora relevante, não é suficiente para explicar completamente o fraco desempenho da produtividade (Cardarelli e Lusinyan, 2015).

A terceira explicação ampara-se no arrazoado de que os benefícios das novas tecnologias estão sendo capturados por um pequeno grupo de empresas e indivíduos, sem se traduzir necessariamente em verdadeiro crescimento econômico. Setores como publicidade digital e transações financeiras automatizadas, embora altamente lucrativos para algumas empresas, possuiriam caráter de soma zero, em que o ganho de um agente geralmente corresponde à perda de outro. Ademais, a concentração de mercado em poucas grandes corporações tem o condão de levar a mais desigualdade e ao enfraquecimento da concorrência e a impedir que os ganhos tecnológicos se convertam em melhoras generalizadas na produtividade.

Por fim, a quarta e última explicação sugere que a adoção das novas tecnologias e a adaptação dos processos produtivos levam tempo. Grandes inovações, como eletricidade e computadores, demoraram décadas para gerar impactos significativos na economia. A transição para um novo paradigma tecnológico exige investimentos complementares, mudanças organizacionais e aprendizado por parte dos trabalhadores, o que pode atrasar os efeitos positivos sobre a produtividade. Nesse sentido, o paradoxo da produtividade não indicaria fracasso das novas tecnologias, mas um período de transição antes que seus benefícios se tornem plenamente evidentes.

De qualquer modo, há que se reconhecer tanto o potencial das novas tecnologias quanto os desafios inerentes à sua adoção generalizada, incluídos os impactos na empregabilidade. Em vez de uma falha estrutural no progresso tecnológico, o paradoxo talvez possa ser explicado pelo intervalo necessário ao amadurecimento para que a sociedade e a economia absorvam e utilizem essas inovações de maneira eficaz.

## REFERÊNCIAS

AGRAWAL, Ajay; GANS, Joshua; GOLDFARB, Avi. **The economics of artificial intelligence: an agenda. Introduction**. Chicago: University of Chicago Press, 2019.

ALLEN, Hillary J. Regulatory sandboxes. **The George Washington Law Review**, [s. l.], v. 87, n. 3, 2019.

ARANHA, Márcio Iório. **Manual de direito regulatório: Fundamentos de direito regulatório**. Scotts Valley: Create Space, 2013.

BAPTISTA, Patrícia; KELLER, Clara Iglesias. Por que, quando e até onde regular tecnologias? Entre inovação e preservação. Os desafios trazidos pelas inovações disruptivas. *In*: FREITAS, Rafael de; Ribeiro, Leonardo; FEIGELSON, Bruno (coord.). **Direito e novas tecnologias**. Belo Horizonte: Fórum, 2017, p. 121-150.

BRYNJOLFSSON, Erik; ROCK, Daniel; SYVERSON, Chad. Artificial intelligence and the modern productivity paradox. *In*: AGRAWAL, Ajay; GANS, Joshua; GOLDFARB, Avi (ed.). **The economics of artificial intelligence: an agenda**. Chicago: University of Chicago Press, 2019.

CARDARELLI, Roberto; LUSINYAN, Lusine. **United States total factor productivity slowdown: evidence from the US States**. [Washington, DC]: International Monetary Fund, 2015. 38 p. (IMF Working Paper, WP/15/116).

CHRISTIAN, Alex. Panic and possibility: what workers learned about AI in 2023. **BBC**, [s. l.], 27 dez. 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/worklife/article/20231219-panic-and-possibility-what-workers-learned-about-ai-in-2023>. Acesso em: 6 mar. 2025.

COLLINGRIDGE, David. **The social control of technology**. Londres: Frances Pinter, 1980.

DA SILVA, Nilton Correia. **Inteligência artificial**. In: FRAZÃO, Ana; MULHOLLAND, Caitlin (coord.). **Inteligência artificial e direito: Ética, regulação e reponsabilidade**. São Paulo: Thomson Reuters, 2019.

EU. **Artificial Intelligence Act**. Disponível em: <https://artificialintelligenceact.eu/the-act/>. Acesso em: 26 fev. 2025.

FENWICK, Mark; KAAL, Wulf; VERMEULLEN, Erik. Regulation tomorrow: what happens when technology is faster than the law. **American University Business Law Review**, [s. l.], v. 6, 2017.

FISCHER, Mikey; PARAB, Shreyas. **Regulating AI: self-replicating**. [S. l.]: AI Press, 2021.

FREITAS, Juarez; FREITAS, Thomas Bellini. **Direito e inteligência artificial: em defesa do humano**. Belo Horizonte: Fórum, 2021.

GAL, Michal S.; ELKIN-KOREN, Niva. Algorithmic consumers. **Harvard Journal of Law & Technology**, Cambridge, v. 30, n. 2, p. 309-352, 2017. Disponível em: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2876201](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2876201). Acesso em: 27 fev. 2025.

GANS, Joshua; GOLDFARB, Avi. **The economics of artificial intelligence: an agenda**. Chicago: Chicago Press, 2019.

GRZYBOWSKI, Andrzej; PAWLKOWSKA-ŁAGÓD, Katarzyna. A history of artificial intelligence. **Clinics in Dermatology**, [s. l.], v. 42, n. 3, 2024.

HOFFMANN-RIEM, Wolfgang. Artificial Intelligence as a Challenge for Law and Regulation. In: WISCHMEYER, Thomas; RADEMACHER, Timo (org.). **Regulation artificial intelligence**. Cham: Springer, 2020.

JACKSON, Brandon. Artificial intelligence and the fog of innovation: a deep-dive on governance and the liability of autonomous systems. **Santa Clara High Technology Law Journal**, [s. l.], v. 35, n. 4, 2019.

KIELA, Douwe *et al.* Test scores on AI capabilities relative to human performance. [S. l.]: **Our World in Data**, 2023. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/test-scores-ai-capabilities-relative-human-performance>. Acesso em: 12 mar. 2026.

KLEIN, Daniel. Mighty mouse. **MIT Technology Review**, Cambridge, 19 dez. 2018. Recurso online. Disponível em: <https://www.technologyreview.com/2018/12/19/138508/mighty-mouse/>. Acesso em: 25 fev. 2025.

MURRAY, Andrew. **Informations technology law: the law and society**. Oxford: Oxford University Press, 2016.

OSMANI, Nora. **The complexity of criminal liability of AI systems**. *Masaryk University Journal of Law and Technology*, [s. l.], v.14, n.1, 2020.

PINHEIRO, Guilherme Pereira. **A regulação pela ética e a proposta de marco legal para a inteligência artificial no Brasil**. *Revista Direitos Fundamentais & Democracia*, [s. l.], v. 29, n. 2, 2024.

RODRÍGUES, Manuel Cruz. El filósofo ante las nuevas tecnologías. *In: GÓMEZ-REINO, Enrique (coord.). Telecomunicaciones, infraestructuras y libre competencia*. Valencia: Tirant lo Blanch, 2004.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. 4. ed. Londres: Pearson Education, 2021.

STEIBEL, Fabro; VICENTE, Víctor Freitas; DE JESUS, Diego Santos Vieira. **Possibilidades e potenciais da utilização da inteligência artificial**. *In: FRAZÃO, Ana; MULHOLLAND, Caitlin (coord.). Inteligência artificial e direito: ética, regulação e reponsabilidade*. São Paulo: Thomson Reuters, 2019.

TADDY, Matt. The technological elements of artificial intelligence. *In: AGRAWAL, Ajay; GANS, Joshua; GOLDFARB, Avi (org.). The economics of artificial intelligence: an agenda*. Chicago: University of Chicago Press, 2019. p. 61-87.

TRUBY, Jon *et al.* **A sandbox approach to regulating high-risk artificial intelligence applications**. *European Journal of Risk Regulation*, [s. l.], n. 13, p. 270-294, 2022.

WISCHMEYER, Thomas; RADEMACHER, Timo. **Regulating artificial intelligence**. Cham: Springer, 2020.

WOOLDRIDGE, Michael. **A brief history of artificial intelligence: what it is, where we are, and where we are going**. Nova York: Flatiron Books, 2021.

# Impactos das novas tecnologias nas relações de trabalho

Angelo Azevedo Queiroz<sup>13</sup>

## 1. OS DIREITOS TRABALHISTAS EM PLATAFORMAS DIGITAIS: DESAFIOS DA REGULAMENTAÇÃO DE MOTORISTAS E ENTREGADORES – AUTONOMIA VS. SEGURANÇA

### 1.1 Introdução

A evolução das regulamentações de aplicativos para motoristas e entregadores está baseada em uma complexa interação entre práticas trabalhistas, avanços tecnológicos e mudanças socioeconômicas. Historicamente, a economia *gig*<sup>14</sup>(tradução livre do termo em inglês *gig economy*) tem suas origens nos arranjos informais e de curto prazo que sempre existiram, como músicos que recebem por sessão e artesãos que vendem seus produtos. No entanto, a ascensão das plataformas digitais no final do século XX e início do século XXI marcou uma transformação significativa nesses modelos de trabalho, o que levou a uma economia *gig* mais estruturada, impulsionada por empresas norte-americanas como Uber, TaskRabbit e Fiverr.

Com o avanço da tecnologia e a expansão do acesso à internet, a economia *gig* começou a ganhar força. No início dos anos 2000, o conceito de trabalho sob demanda tornou-se cada vez mais disseminado e permitiu a plataformas digitais usarem tecnologia baseada na internet para conectar trabalhadores a consumidores em diversos setores de serviços, como transporte e entrega de alimentos. Essa evolução transformou não apenas a maneira como as pessoas trabalham, mas também as relações laborais e regulatórias em todo o mundo.

A pandemia de Covid-19 acelerou ainda mais essa transformação e tornou o trabalho remoto e digital uma necessidade, à medida que o emprego tradicional enfrentava interrupções significativas. Com lockdowns e restrições sanitárias, muitos trabalhadores migraram para plataformas digitais em busca de oportunidades flexíveis, enquanto empresas de aplicativos expandiram seus serviços para atender à crescente demanda. Esse período reforçou a

13 Consultor legislativo da área V, Direito do Trabalho e Processual do Trabalho.

14 A economia *gig* é nossa tradução para o português do termo *gig economy*. O termo *gig* é uma gíria para um trabalho que dura um tempo específico. Tradicionalmente, o termo era usado por músicos para definir um compromisso de desempenho.

importância da economia *gig* na estrutura do mercado de trabalho global e impulsionou debates sobre regulamentações necessárias, especialmente sobre direitos trabalhistas e benefícios sociais.

Junto com o rápido crescimento e a aceitação desse tipo de trabalho, padrões históricos de exclusão persistiram, mesmo nas economias mais desenvolvidas, e afetaram especialmente os grupos de trabalhadores que frequentemente foram relegados a empregos de baixa remuneração e excluídos das normas básicas de proteção ao trabalho. Nas economias menos desenvolvidas e com uma rede de proteção social menos estruturada, essas condições de trabalho tornaram-se críticas.

À medida que essas disparidades se tornaram mais evidentes, começaram a surgir demandas por medidas regulatórias, com destaque para a necessidade de legislação protetora que abordasse direitos e condições de trabalho dos trabalhadores da economia *gig*. Com a expansão da economia de trabalho temporário, várias jurisdições passaram a discutir regulamentações voltadas para a melhora das condições de trabalho dos prestadores de serviços baseados em aplicativos, com vistas a se criarem estruturas que equilibrassem a flexibilidade para os trabalhadores com proteções essenciais. Na Europa, a Espanha tomou a dianteira e aprovou uma regulamentação sobre entregadores. A União Europeia adotou uma diretiva sobre o tema para os países do bloco<sup>15</sup> e <sup>16</sup>. O primeiro país da América Latina a regular o trabalho por aplicativos foi o Chile<sup>17</sup>.

Nos Estados Unidos, a disputa entre o governo federal e os governos estaduais, que, pelas peculiaridades do regime federativo local, podem estabelecer seus próprios padrões trabalhistas, conforma um cenário desafiador naquele país que é uma importante referência internacional para o mercado de tecnologia, e deixa em aberto as respostas para a tensão contínua entre os direitos trabalhistas tradicionais e a natureza em constante evolução da tecnologia.

## 1.2 Tipos de regulamentação para aplicativos: princípios de um bom desenho regulatório

Em resposta à crescente presença de serviços baseados em aplicativos, ordens jurídicas em todo mundo vêm desenvolvendo quadros regulatórios abrangentes que cobrem diversos aspectos da mobilidade digital. Essas regulamentações incluem disposições sobre entrada no mercado, requisitos operacionais, relatórios de dados e estruturas tarifárias, com o objetivo de garantir uma abordagem estruturada para a gestão desses serviços.

15 A Diretiva de Trabalho em Plataformas da UE entrou em vigor em 1º de dezembro de 2024, mas os estados-membros da UE têm até 2 de dezembro de 2026 para implementá-la na legislação nacional e desenvolver orientações apropriadas para a classificação de trabalhadores de plataformas como contratantes independentes *versus* funcionários.

16 Real Decreto-Lei 9/2021, que estabelece a presunção de vínculo empregatício entre as plataformas de entrega e os entregadores, além de direitos de informação sobre decisões baseadas em algoritmos.

17 Em março de 2022, o Chile aprovou a Lei 21.431, que altera a legislação trabalhista do país para regular o trabalho em plataformas digitais – ou empresas que distribuem serviços aos profissionais usando sistemas e tecnologias que rodam em aplicativos, como define o texto.

A eficácia das regulamentações para aplicativos pode ser avaliada com base em princípios estabelecidos que buscam garantir práticas regulatórias claras, consistentes e adaptáveis. Esses princípios incluem:

- clareza e coerência, por meio das quais se quer assegurar que as regulamentações devem estar fundamentadas em objetivos claros, que reflitam uma compreensão das condições de mercado e do cenário tecnológico. Esse princípio garante que as medidas regulatórias sejam elaboradas para atingir os resultados pretendidos sem gerar confusão entre as empresas, evitando obstáculos à inovação e à adoção de novas tecnologias.
- facilidade de compreensão e transparência, princípio essencial, pois é preciso que as regulamentações sejam claramente articuladas e fáceis de se entender. Essa transparência ajuda as partes interessadas a compreender suas obrigações e incentiva a conformidade, o que reduz o risco de consequências econômicas não intencionais.
- regulamentação inteligente, de modo que os reguladores devem estar abertos e interessados em aprender continuamente com os resultados das regulamentações existentes. Isso inclui constância de diálogos com as partes interessadas, avaliação de compromissos entre diferentes interesses e implementação de mecanismos de revisão e adaptação das normas para melhor atendimento às necessidades em constante evolução da economia das plataformas digitais.

### 1.3 Classificação de trabalhadores

Um aspecto fundamental das regulamentações de aplicativos diz respeito à classificação dos trabalhadores, que pode ter implicações significativas para seus direitos e proteções. Um exemplo dessa abordagem pode ser obtido pelo exame da regulação do estado da Califórnia, nos EUA, que estabeleceu metodologias como o Teste ABC e o Teste Borello para ajudar a se determinar se um trabalhador deve ser classificado como empregado ou como trabalhador autônomo. Essa classificação afeta diretamente o acesso a benefícios como salário mínimo, pagamento de horas extras e compensação por acidentes de trabalho.

#### 1.3.1 Teste ABC

De acordo com o Teste ABC, um trabalhador é considerado contratante independente se atender a todos os três critérios:

1. ausência de controle do empregador: o trabalhador deve operar sem supervisão ou direcionamento significativo da empresa sobre como realizar suas tarefas;
2. atividade fora do escopo do negócio principal: os serviços prestados pelo trabalhador não devem fazer parte das operações centrais da empresa contratante;
3. negócio independente estabelecido: o trabalhador deve ter um empreendimento próprio e conduzir suas atividades de maneira autônoma.

### 1.3.2 Teste Borello

O Teste ABC impacta pela simplicidade e objetividade de abordagem. Por outro lado, o Teste Borello avalia múltiplos fatores, com foco especial no grau de controle que o empregador exerce sobre o trabalhador. Esse teste geralmente leva a classificações mais rígidas, o que favorece a proteção dos trabalhadores.

## 1.4 Salário mínimo e normas de remuneração justa

No centro dos debates, observa-se que a maioria das ordens jurídicas preocupa-se com regulamentações para estabelecer padrões de remuneração para trabalhadores de plataformas digitais compatíveis com as leis locais de salário mínimo. Essas iniciativas buscam reduzir as disparidades salariais e oferecer maior segurança financeira aos trabalhadores que dependem dessas plataformas para sua subsistência. A regulamentação do pagamento de trabalhadores de aplicativos está ganhando destaque globalmente, impulsionada por preocupações sobre desigualdade salarial e necessidade de garantir condições dignas de trabalho. Porém, nos Estados Unidos, devido à possibilidade de regulamentações por localidades, pode-se observar de forma simultânea a interação entre as várias abordagens para o problema.

### 1.4.1 Modelos de regulação do salário mínimo

- **taxas por hora vs. por tarefa:** algumas jurisdições, como Seattle, defendem um pagamento por hora para entregadores e motoristas, o que lhes garante receber um valor estável, independentemente da demanda. Outras cidades preferem um modelo baseado na quantidade de entregas realizadas;
- **salário mínimo ajustado por custos:** outras jurisdições levam em consideração despesas operacionais dos trabalhadores, como combustível e manutenção de veículos, e garantem que o pagamento reflita os custos reais de trabalho.

### 1.4.2 Desafios na implementação

- **resistência das empresas:** plataformas como Uber frequentemente argumentam que um modelo de pagamento fixo pode comprometer a flexibilidade dos trabalhadores e elevar custos para os consumidores.
- **variações regionais:** a definição de um salário mínimo pode ser complicada em regiões com diferentes níveis de custo de vida. Algumas cidades optam por ajustar valores de acordo com a localidade, o que evita disparidades econômicas.
- **impacto na oferta de serviços:** regulamentações rígidas podem levar empresas a reduzir operações em certas áreas, especialmente em localidades menos rentáveis. Isso pode afetar trabalhadores que dependem dessas plataformas para renda.

### 1.4.3 Alternativas e modelos complementares

- **bônus por tempo de espera:** algumas regulamentações incluem pagamentos adicionais para períodos em que os trabalhadores aguardam pedidos ou passageiros.

- fundo de benefícios: algumas cidades e países estão criando fundos que garantem compensação para os trabalhadores por aplicativos em momentos de baixa demanda ou dificuldades financeiras.
- contratos híbridos: em alguns casos, trabalhadores de aplicativos são classificados como empregados com alguns benefícios tradicionais, mas ainda mantêm flexibilidade de horários.

### 1.5 Transparência no trabalho por aplicativo

Os esforços para se garantir maior transparência para trabalhadores de aplicativos estão ganhando força. Propostas legislativas buscam exigir que se divulgue a taxa de retenção da empresa, qual seja, a proporção do pagamento do cliente que a plataforma retém antes de repassar os ganhos ao trabalhador. Além disso, exige-se a divulgação de relatórios detalhados de receita e despesa, com informações sobre remuneração, custos operacionais e eventuais deduções, para se permitir que os trabalhadores tenham maior clareza sobre sua renda real.

Essas medidas visam a fortalecer os direitos dos trabalhadores e promover maior justiça na economia digital

### 1.6 Variações geográficas e abordagens regulatórias

A regulamentação de motoristas e entregadores que trabalham por aplicativos varia amplamente entre diferentes regiões e reflete abordagens adotadas por governos locais, estaduais e nacionais influenciadas por condições econômicas, estruturas do mercado de trabalho e fatores sociais. Em países com maior instabilidade econômica, as regras podem ser menos rígidas para incentivar a geração de empregos, enquanto nações com sistemas de bem-estar mais desenvolvidos pressionam por proteções trabalhistas mais abrangentes. Além disso, algumas regiões classificam esses trabalhadores como autônomos, enquanto outras os integram em modelos híbridos e concedem-lhes benefícios semelhantes aos concedidos a empregados formais. Fatores como taxas de desemprego, níveis de informalidade e acesso a seguridade social também moldam as regulamentações e garantem diferentes níveis de proteção e impacto na força de trabalho digital. Questões culturais e políticas influenciam essas abordagens em sociedades que priorizam direitos trabalhistas e em sociedades que enfatizam a flexibilidade do mercado.

#### 1.6.1 Estados Unidos

Nos Estados Unidos, a legislação sobre serviços de transporte e entrega baseados em aplicativos varia consideravelmente de um estado para outro. Muitos estados promulgaram leis que impedem regulamentações locais, restringindo a capacidade dos municípios de estabelecer padrões específicos para serviços de transporte por aplicativo, como requisitos de seguro e licenciamento. Isso reflete um equilíbrio complexo entre o desejo de uniformização das regras em nível estadual e a necessidade de atendimento das particularidades locais. Isso tem também gerado preocupações quanto à proteção aos direitos dos trabalhadores e

aos interesses locais, especialmente nas áreas de defesa do consumidor e ambiental. Além disso, mais da metade dos estados dos EUA estabeleceram forças-tarefa para combater a classificação incorreta de trabalhadores. No entanto, a eficácia dessas iniciativas pode variar significativamente, a depender do financiamento estadual e do compromisso com a fiscalização.

### 1.6.2 União Europeia

Ao contrário de outras regiões, a União Europeia tem adotado postura mais ativa na regulamentação do trabalho em plataformas digitais. Em dezembro de 2021, o bloco introduziu a "Diretiva sobre Plataformas", com vistas a garantir que os trabalhadores sejam classificados corretamente e tenham acesso a direitos fundamentais da relação de emprego. Essa iniciativa reflete o reconhecimento crescente dos desafios enfrentados pelos trabalhadores da economia digital, já que se estima que mais de 5 milhões de pessoas tenham sido erroneamente classificadas como autônomas e conseqüentemente tenham sido privadas de proteções essenciais. A implementação dessa diretiva varia entre os estados-membros. Enquanto países como França promovem o diálogo social para melhorar continuamente as condições de trabalho dos trabalhadores de aplicativos, outras nações enfrentam críticas por não se comunicarem adequadamente com os envolvidos no setor.

### 1.6.3 Ásia e Austrália

Os países asiáticos, como Singapura e Japão, tendem a adotar uma abordagem mais flexível na regulamentação do trabalho na economia digital, em contraste com as iniciativas legislativas estruturadas vistas em nações ocidentais. Em muitos casos, essas regulamentações são baseadas em diretrizes e acordos entre empresas e trabalhadores, em vez de leis rígidas que impõem padrões em todo o território. Por outro lado, a Austrália desenvolveu um modelo regulatório próprio, focado no estabelecimento de salários mínimos e condições de trabalho para os trabalhadores de plataforma. No entanto, esse sistema gera debates contínuos sobre como se equilibrarem proteção trabalhista e flexibilidade empresarial, já que algumas empresas argumentam que regras rígidas podem comprometer a sustentabilidade econômica das plataformas digitais.

## 1.7 Desafios e oportunidades na regulação da economia digital

As abordagens regulatórias variadas evidenciam desafios e oportunidades significativos na economia de aplicativos. Nos Estados Unidos, estados estão começando a implementar sistemas de portabilidade de benefícios<sup>18</sup> para apoiar trabalhadores de plataformas. No

18 Os denominados em inglês *portable benefits* são vantagens trabalhistas que permanecem com os trabalhadores independentemente do empregador ou do tipo de contrato. Diferentemente dos benefícios tradicionais, que estão vinculados a um único emprego, os benefícios portáteis são projetados para oferecer cobertura e suporte contínuos a profissionais que transitem entre empregos ou que atuem em arranjos não convencionais de trabalho, como os trabalhadores de aplicativos. Esses benefícios desempenham papel essencial na economia digital, pois garantem que *gig workers* tenham acesso a seguros de saúde, aposentadoria, benefícios por incapacidade e outras formas de proteção financeira, mesmo que trabalhem em múltiplas plataformas ou de maneira independente.

entanto, há preocupações de que um ambiente regulatório fragmentado possa exacerbar desigualdades regionais e tornar difícil o estabelecimento de padrões uniformes de proteção.

Na União Europeia, a Diretiva sobre Plataformas busca harmonizar os direitos dos trabalhadores digitais, mas desafios na implementação persistem, uma vez que os estados-membros precisam conciliar essas regras com seus próprios marcos legais e contextos políticos.

À medida que evoluem, essas variações geográficas continuarão moldando o futuro da regulamentação de aplicativos e os direitos dos motoristas e entregadores em todo o mundo.

### **1.8 Quadro regulatório e bem-estar dos trabalhadores**

Um quadro regulatório sólido é essencial para aprimoramento das condições de trabalho dos profissionais de plataformas digitais. Políticos e reguladores em países como Estônia, França, Grécia e Espanha têm buscado melhorar o bem-estar dos trabalhadores por meio de abordagens diversas, refletindo seus sistemas jurídicos e contextos políticos específicos.

A clareza das obrigações contribui para taxas de alta conformidade entre os trabalhadores estonianos, que relatam satisfação com seus direitos e responsabilidades. Além disso, a introdução de novas exigências de relatórios para plataformas fortalece a transparência e a conformidade e auxiliando as autoridades fiscais na verificação de rendimentos declarados.

### **1.9 Desafios no setor de entregas**

Os motoristas de entrega de mercadorias, especialmente comida, enfrentam diversos desafios que afetam seus ganhos e satisfação no trabalho. Os problemas comuns incluem renda variável devido à flutuação na demanda, ausência de benefícios trabalhistas e preocupações com segurança nos ambientes urbanos. Em países como o Brasil, a aquisição e a manutenção de automóveis são caras, de modo que esse trabalho é realizado em veículos de duas rodas, especialmente motocicletas. A fragilidade natural desse veículo em face de outros mais pesados, somada ao trânsito caótico das grandes cidades brasileiras, produz um elevado nível de acidentes, muitos com óbito do trabalhador.

Além disso, o estresse causado por instruções de entrega pouco claras e os embates com os clientes agravam problemas de saúde mental, com muitos trabalhadores relatando mal-estar psicológico. Esses fatores ressaltam a necessidade de que as regulamentações não apenas sejam claras, mas também abordem as demandas específicas e dificuldades enfrentadas por trabalhadores da economia digital e garantam maior estabilidade e condições justas de trabalho

### **1.10 Implicações econômicas das regulamentações do trabalho por aplicativo**

As consequências econômicas das regulamentações do trabalho por aplicativo são significativas, pois regras mal elaboradas ou pouco claras podem gerar impactos inesperados para empresas, trabalhadores e consumidores. Organizações internacionais, como a OCDE e o Fórum Econômico Mundial, defendem a melhora da qualidade regulatória para se mitigarem danos econômicos e se fortalecer o bem-estar social.

Diretrizes promovidas por essas entidades buscam garantir que as regulamentações sejam eficazes e alinhadas aos objetivos estabelecidos, evitando-se distorções no mercado. Além disso, na avaliação do impacto líquido das plataformas de entrega, é fundamental considerarmos fatores como custos operacionais, impostos e custos de oportunidade, que podem influenciar diretamente os ganhos e a satisfação profissional de motoristas e entregadores.

### **1.11 O papel dos benefícios na satisfação dos trabalhadores**

Um elemento fundamental para o bem-estar de motoristas e entregadores é a segurança financeira, que inclui benefícios essenciais como aposentadoria, assistência médica e folgas remuneradas. À medida que as plataformas de entrega continuam a crescer, a demanda por regulamentações que abordem a concessão desses benefícios se torna cada vez mais crítica.

Os trabalhadores expressam um desejo por benefícios abrangentes que possam fortalecer sua estabilidade financeira, o que reflete uma necessidade mais ampla de políticas que apoiem os profissionais da economia digital na superação dos desafios desse setor.

### **1.12 Pressões econômicas e respostas corporativas**

A realidade econômica de muitos trabalhadores da economia digital é marcada por baixos salários e instabilidade financeira. Enquanto as empresas de aplicativos promovem a narrativa de que seus trabalhadores são empreendedores independentes bem-sucedidos, grande parte desses profissionais enfrenta dificuldades para cobrir suas despesas básicas.

Em resposta à pressão pública e ao ativismo em defesa dos trabalhadores, algumas plataformas começaram a introduzir compromissos voluntários para melhorar as condições laborais. No Brasil, por exemplo, um levantamento mostra a existência de um quadro de benefícios entre as principais empresas de aplicativo que incluem valores a título de diária por interação, reembolso por despesas médicas e seguro por invalidez ou morte. (Rezende, 2024; Chubb..., 2024; Garcia, 2025; Ifood, 2024).

No entanto, essas iniciativas frequentemente são criticadas por insuficientes, já que não garantem as proteções abrangentes que um vínculo empregatício formal proporcionaria, incluídos segurança no trabalho, planos de saúde e benefícios previdenciários.

### **1.13 Considerações Finais**

Os recentes desdobramentos evidenciam um conflito contínuo entre o modelo de negócios da economia digital e a demanda por normas trabalhistas justas, o que coloca os trabalhadores de aplicativos no centro do debate sobre direitos trabalhistas na era digital.

À medida que as discussões sobre regulamentação de plataformas avançam, o desafio reside em se equilibrarem os benefícios da flexibilidade proporcionada pelas plataformas digitais com a necessidade essencial de proteção aos trabalhadores. O objetivo final é garantir-se uma economia digital mais justa e sustentável, em que a inovação tecnológica coexista com direitos trabalhistas sólidos e condições dignas para quem impulsiona esse setor.

## 2. TECNOLOGIA E TRANSFORMAÇÃO DO TRABALHO: O CASO UBER

### 2.1 Introdução

A transformação do trabalho na era digital tem sido significativamente influenciada pelo surgimento de plataformas impulsionadas pela tecnologia, notavelmente exemplificadas por empresas como a Uber. Lançada inicialmente como serviço de transporte por aplicativo, a Uber evoluiu para um ator central na economia digital, moldando tanto as práticas trabalhistas quanto as discussões regulatórias no âmbito governamental.

A ascensão da Uber reflete tendências mais amplas no mercado de trabalho, caracterizadas por mudança dos modelos de emprego tradicionais para arranjos de trabalho mais flexíveis e sob demanda. Ao longo da última década, a dinâmica do trabalho baseado em plataforma tem sido acompanhada por novas terminologias e siglas que refletem o cenário legal em evolução em torno das plataformas digitais e seus trabalhadores. O trabalho via aplicativo em toda parte tem sido frequentemente criticado por perpetuar condições de salários de pobreza, insegurança no emprego e falta de proteção aos trabalhadores – questões que se tornaram centrais nos debates sobre direitos trabalhistas e responsabilidades das empresas de plataforma. A pandemia de Covid-19 atuou como um catalisador para essa transformação, em que muitos indivíduos recorreram a plataformas digitais para emprego à medida que os mercados de trabalho tradicionais falhavam. Dados indicam aumento significativo na quantidade de pessoas engajadas em trabalho por meio de plataformas<sup>19 e 20</sup>, e enfatizam a crescente dependência da tecnologia para a geração de renda. Esse cenário não é meramente resultado de mudanças no comportamento do consumidor; mas é também influenciado por forças sociais que priorizam a flexibilidade e a autonomia, particularmente entre os trabalhadores mais jovens que valorizam a independência na carreira.

A transformação do trabalho foi ainda mais acelerada por avanços tecnológicos como a automação e a (IA), que redefiniram a eficiência operacional na economia gig. As implicações dessas mudanças se estendem para além das experiências de emprego individual, pois desafiam as leis e regulamentos trabalhistas tradicionais e levam governos a reconsiderar sua abordagem em relação aos direitos e proteções dos trabalhadores. À medida que empresas de plataforma como a Uber navegam nesse complexo cenário regulatório, suas estratégias refletem uma agenda corporativa mais ampla destinada a manter a flexibilidade operacional enquanto minimizam as obrigações legais.

---

19 O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pesquisa esse mercado de trabalho por meio de um módulo em fase experimental da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) Contínua.

20 Em 2024, último período de pesquisa divulgado pelo IBGE, o Brasil tinha 1,7 milhão de pessoas que trabalhavam por meio de plataformas digitais e aplicativos de serviços, o equivalente a 1,7% da população ocupada no setor privado (IBGE, 2025).

## 2.2 O papel da tecnologia na transformação do trabalho

Conforme evidenciado pela ascensão da economia *gig*, que alterou os modelos de emprego tradicionais e a própria natureza do trabalho, o papel da tecnologia na transformação do cenário do trabalho é profundamente significativo. Essa transformação é impulsionada por inovações na tecnologia digital que facilitam o surgimento de plataformas como Uber, Airbnb e Upwork, que redefiniram como bens e serviços são entregues e consumidos. Essas plataformas mudaram a dinâmica das relações empregador-empregado, possibilitando uma força de trabalho de contratados autônomos que operam em seus próprios termos, muitas vezes sem os benefícios e as proteções tradicionais associados ao emprego em tempo integral.

## 2.3 Impacto nos modelos de emprego

A economia *gig* representa uma mudança fundamental do emprego tradicional de longo prazo para arranjos de trabalho flexíveis e de curto prazo. Estimativas sugerem que entre 16% e 27% (Standout CV, 2024) dos trabalhadores globalmente estão engajados em trabalho *gig*, o que indica que uma parcela significativa da força de trabalho adotou esse modelo. A flexibilidade do trabalho *gig* permite que os indivíduos se envolvam em múltiplas fontes de renda, mas também introduz desafios como a insegurança no emprego e a falta de proteções sociais.

A notável aceleração dessa tendência resulta em um mercado estimado em 582 bilhões de dólares americanos em 2025, e espera-se que seja superada a cifra de 2 bilhões até 2034 (Demand Sage, 2026).

## 2.4 A ascensão das plataformas digitais

As plataformas digitais transformaram fundamentalmente a economia *gig* ao otimizar a conexão entre prestadores de serviços e consumidores. Plataformas como Uber utilizam algoritmos para alocação de trabalho e compensação, que podem se ajustar dinamicamente com base em fatores de demanda e oferta. Essa integração tecnológica não apenas reduz os custos de transação, mas também aprimora a experiência do usuário, possibilitando pagamentos mais rápidos por tarefas concluídas, o que aumenta a satisfação e o engajamento do trabalhador. Como resultado, essas plataformas não só facilitaram o trabalho *gig*, mas também se tornaram marcas pessoais e identidades profissionais para muitos trabalhadores.

Apesar das oportunidades apresentadas pela tecnologia nessa modalidade de economia, vários desafios persistem. Questões relacionadas à compensação justa, ao acesso a benefícios e ao direito de expressar preocupações são tópicos críticos de discussão entre trabalhadores *gig* e formuladores de políticas. Além disso, o ritmo acelerado da mudança tecnológica exige adaptação contínua tanto dos trabalhadores quanto das organizações. A transição para a Indústria 5.0, que enfatiza a colaboração humano-máquina e o bem-estar do trabalhador, destaca a necessidade de novas habilidades e de treinamento para ajudar os indivíduos a navegar nesse cenário complexo.

## 2.5 A Uber

A Uber, um ator significativo nos setores de tecnologia e transporte por aplicativo, tem estado na vanguarda das discussões sobre classificação de trabalho e a economia *gig* desde seu lançamento em 2009. Em maio de 2024, a Uber controlava mais de 75% do mercado de transporte de pessoas por aplicativo nos EUA, em grande parte devido ao seu modelo de negócios inovador que enfatiza a flexibilidade para os motoristas, permitindo-lhes definir seus próprios horários de trabalho como contratantes independentes, em vez de empregados. Essa classificação é crucial, pois afeta o acesso dos motoristas a proteções essenciais do trabalhador, como salário mínimo e benefícios sociais.

A Uber opera com um modelo de marketplace de dois lados, conectando motoristas e passageiros por meio de seu aplicativo de smartphone, o que possibilitou rápida expansão global sem necessidade de uma infraestrutura física tradicional. Essa escalabilidade é um aspecto-chave da estratégia de negócios da Uber, pois permite-lhe entrar em novos mercados com custos operacionais mínimos. Notavelmente, a maioria dos motoristas da Uber utiliza seus veículos pessoais, o que elimina a necessidade de a Uber investir em frota ou incorrer em despesas relacionadas a manutenção e seguro de veículos. A estratégia de expansão da empresa tem sido frequentemente caracterizada como "pedir desculpas em vez de permissão", o que leva a uma rápida entrada em mercados internacionais, particularmente em regiões como a América Latina e a Índia. Essa abordagem resultou em crescimento significativo, mas também gerou considerável reação negativa e desafios legais.

## 2.6 Desafios legais e a questão do enquadramento trabalhista: empregado, autônomo ou parassubordinado

A classificação dos motoristas da Uber como trabalhadores autônomos tem sido controversa. A relação entre a Uber e a Justiça do Trabalho no Brasil não é menos complexa do que tem sido em outras jurisdições. Os contratos de serviço entre a empresa e os motoristas têm sido objeto de demandas judiciais, principalmente em relação ao reconhecimento de vínculo empregatício com os motoristas. A Justiça do Trabalho, no Brasil, tem reconhecido em algumas decisões a existência de vínculo empregatício. Por outro lado, a empresa sustenta que se trata de uma relação de trabalho independente, por meio da qual os motoristas são contratados como prestadores de serviço autônomos.

Existem três correntes de pensamento que duelam sobre essa modalidade de prestação, a saber:

- a) trabalho subordinado: entende-se que há subordinação nessa atividade porque o motorista ou entregador não possui nenhum tipo de controle em relação ao preço das corridas e ao percentual a ser descontado do valor cobrado do passageiro pela empresa de aplicativo e que resultará no montante efetivamente entregue ao motorista que fez o transporte. A autonomia do trabalhador estaria restrita apenas à escolha de horários e corridas. Além disso, a empresa de aplicativos estabelece os parâmetros para aceitar determinados motoristas e faz

unilateralmente o desligamento do prestador caso este descumpra alguma norma interna. Essa corrente está mais consolidada no âmbito da Justiça do Trabalho. A Uber, por sua vez, impetrou recurso extraordinário (RE 1446336) no Supremo Tribunal Federal, que decidiu classificar a ação como ação de repercussão geral – Tema 1291. Não há, porém, decisão a respeito ainda (Brasil, 2024c);

- b)** trabalho parassubordinado: a parassubordinação é um conceito ainda em construção, em face das novas formas de organização do trabalho e das novas tecnologias de comunicação, que não se confunde com a autonomia nem com a subordinação e pauta-se pela colaboração e coordenação, ou melhor, pela colaboração coordenada. Assim, a autonomia do trabalhador é mesclada com certo controle exercido pelo tomador do serviço ou contratante;
- c)** trabalho autônomo: a Uber opera como uma plataforma tecnológica que conecta esses profissionais aos passageiros. Os motoristas utilizam veículos próprios para prestar serviços diretamente aos passageiros e têm total liberdade para escolher seus horários, definir sua carga de trabalho e decidir quais corridas aceitar, sem contrato de exclusividade. Com esses argumentos, a Uber defende que presta serviços de intermediação. Esse modelo permite que motoristas usufruam da tecnologia da Uber para empreender de forma independente no setor de transporte.

## 2.7 Impacto nos trabalhadores e na dinâmica do mercado

No mundo inteiro, a entrada da Uber no mercado de trabalho levantou preocupações em relação ao tratamento dos trabalhadores. Essa preocupação aumentou à medida que a empresa expandiu seu modelo para incluir serviços de equipe temporária por meio de iniciativas como a Uber Works. Trata-se de um serviço da Uber que conecta trabalhadores com empresas que precisam de mão de obra temporária, por meio de um aplicativo que permite que pessoas encontrem trabalhos em setores como limpeza, bares e depósitos, sem vínculo empregatício, e combinem trabalhos.

Pesquisas indicam que trabalhadores nesses papéis frequentemente enfrentam salários mais baixos e piores condições de trabalho em comparação com seus colegas em ambientes de emprego tradicionais (NELP, 2019). Essa mudança em direção ao emprego precário levanta questões críticas sobre a sustentabilidade e as implicações éticas da economia *gig*.

No Brasil, a Uber opera somente com a plataforma de transporte urbano de pessoas e mercadorias. No transporte de passageiro, pesquisas (IBGE, 2023) revelam que a maioria dos motoristas é do sexo masculino (81,3%), possui escolaridade de nível médio completo ou superior incompleto (61,3%), labora em média 46h por semana, e contribui pouco para previdência (35,7%). Os motoristas são quase que totalmente dependentes das plataformas (97,3%) e afirmaram ser o aplicativo que determina o valor a ser recebido e os clientes a ser atendidos.

A dinâmica do mercado de trabalho também evoluiu em resposta à economia *gig*. Diferentemente dos modelos de emprego tradicionais que permitem alguma segurança de longo prazo, o trabalho *gig* é caracterizado pela flexibilidade e também pela imprevisibilidade.

Os trabalhadores *gig* frequentemente enfrentam volatilidade de renda, o que complica o planejamento e a segurança financeira. Uma porcentagem significativa de trabalhadores *gig* utiliza seus ganhos como renda suplementar, não como sua principal fonte de renda, o que pode levar a desafios socioeconômicos mais amplos se esse problema não for abordado por meio de estruturas regulatórias apropriadas.

## 2.8 Enquadramento do trabalhador e suas consequências

A classificação dos trabalhadores de plataforma como contratados independentes, em vez de empregados, tem profundas implicações para direitos e proteções trabalhistas. Atualmente, os trabalhadores *gig* não têm acesso aos mesmos benefícios e direitos que os empregados tradicionais, como proteção de salário mínimo, seguro-desemprego e compensação por acidentes de trabalho. A distinção legal entre empregados e autônomos não apenas afeta os trabalhadores individualmente, mas também molda discussões mais amplas sobre políticas e regulamentações, com potenciais consequências para a viabilidade operacional das plataformas da economia *gig*.

## 2.9 Dimensões raciais, de gênero e socioeconômicas

O trabalho plataformizado proposto pela Uber se insere no ambiente socioeconômico já existente, e reflete questões sociais mais amplas, particularmente em relação a raça, gênero, status migratório e desigualdade econômica. Em razão disso, a inserção dos trabalhadores nas plataformas é moldada pelas desigualdades sistêmicas que exacerbam suas vulnerabilidades no local de trabalho. Esses componentes afetam não apenas as oportunidades de emprego, mas também o grau em que os trabalhadores dependem da renda baseada em aplicativos, o que os tornam mais suscetíveis à exploração. Além disso, a segurança pública destaca-se como uma preocupação significativa em relação às condições de trabalho, especialmente em países com altas taxas de criminalidade como o Brasil.

## 2.10 Desafios legislativos e a tentativa de regulamentação da Uber e demais aplicativos de viagem no Brasil

Tramitam no Congresso Nacional várias ideias legislativas para regulamentação do tema. Essas ideias têm em comum a obrigatoriedade da observância, em alguma medida, na relação contratual entre motoristas e plataformas, de normas gerais típicas da relação de emprego, como controle de jornada, piso salarial e irredutibilidade salarial, descanso intra e interjornadas, higiene laboral e férias, bem como prestações específicas como apólices de seguros com cobertura para invalidez permanente, morte acidental, diárias de internação, despesas médicas, auxílio-funeral e reposição de custos com o veículo.

Em face do conjunto normativo já posto, vislumbramos duas formas de se abordar a natureza jurídica dessas obrigações contratuais:

- a) como requisito para a prestação de serviços de transporte urbano, nos termos da Lei 12.587/2012, pelas empresas de aplicativo;

- b)** como prestação obrigatória na relação contratual de prestação de serviços entre motorista, entregadores e empresas prestadoras de serviços por aplicativos.

Abordando-se o tema do ponto de vista da alínea “a”, temos que o art. 4º da Lei 12.587/2012 (Lei de Mobilidade Urbana), traz as seguintes definições:

Art. 4º Para os fins desta Lei, considera-se:

I – transporte urbano: conjunto dos modos e serviços de transporte público e privado utilizados para o deslocamento de pessoas e cargas nas cidades integrantes da Política Nacional de Mobilidade Urbana;

II – mobilidade urbana: condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano;

[...]

Nos termos da lei, os serviços de transporte de pessoas e cargas por meio de empresas prestadoras de serviços por aplicativos são serviços de mobilidade urbana.

A prestação de serviço de transporte de pessoas por meio de aplicativos está bem definida na Lei, no inciso X do mesmo art. 4º:

Art. 4º[...]

X – transporte remunerado privado individual de passageiros: serviço remunerado de transporte de passageiros, não aberto ao público, para a realização de viagens individualizadas ou compartilhadas solicitadas exclusivamente por usuários previamente cadastrados em aplicativos ou outras plataformas de comunicação em rede.

[...]

O serviço é caracterizado como não aberto ao público, em diferenciação ao serviço tradicional de táxis, que apanha passageiros nas vias públicas para conduzi-los. De acordo com a norma, os serviços de aplicativos são fechados aos passageiros previamente cadastrados nas plataformas.

O inciso IX do mesmo artigo também define transporte urbano de cargas, mas não o faz de modo a distinguir a prestação de serviço de transporte de cargas por aplicativo das demais formas de prestação desse serviço. Expressa-o singelamente nos seguintes termos:

Art. 4º[...]

IX – transporte urbano de cargas: serviço de transporte de bens, animais ou mercadorias;

[...]

No capítulo II da Lei de Mobilidade Urbana (Das diretrizes para a regulação dos serviços de transporte público coletivo), são estabelecidas duas importantes normas sobre competência regulatória desses serviços:

Art. 11 Os serviços de transporte privado coletivo, prestados entre pessoas físicas ou jurídicas, deverão ser autorizados, disciplinados e fiscalizados pelo poder público competente, com base nos princípios e diretrizes desta Lei.

Art. 11-A. Compete exclusivamente aos municípios e ao Distrito Federal regulamentar e fiscalizar o serviço de transporte remunerado privado individual de passageiros previsto no inciso X do art. 4º desta Lei no âmbito dos seus territórios.

[...]

A atribuição de competência regulatória genericamente ao poder público, estabelecida no art. 11, é expressamente especificada no art. 11-A em favor dos municípios, no caso de transporte de pessoas por aplicativos. A lei não diz o mesmo sobre o transporte de mercadorias, mas havendo a mesma razão, deve haver o mesmo direito, de modo que podemos afirmar que a competência regulatória para esses serviços, no âmbito urbano, é do respectivo município.

O disposto no artigo 11-A da Lei de Mobilidade Urbana reflete o entendimento doutrinário e jurisprudencial já pacificado, no sentido de que a regulamentação do transporte de passageiros é assim dividida:

- União: tem competência para legislar sobre trânsito e transportes e para explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão, serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional (art. 22, I, da CF);
- estados: têm competência para explorar e regulamentar serviços de transporte público intermunicipal (art. 25, § 1º, f, da CF);
- municípios: têm competência para regulamentar e fiscalizar serviços de transporte urbano (art. 30, V, da CF).

De um ponto de vista eminentemente técnico, não poderia a União estabelecer requisitos muito específicos a título de diretrizes gerais para que o serviço seja autorizado no município, sob pena de quebra de autonomia política e administrativa das unidades federais e violação do princípio federativo, o que carrearía necessariamente à possibilidade de a norma ser atacada e declarada inconstitucional.

De todo modo, a competência tanto do serviço público municipal quanto do serviço privado prestado no âmbito do município deve ser regulada pelo ente local, especialmente no que diz respeito à prestação de caução por meio de apólices de seguros. No caso dessa exigência, observamos que, para além do problema da competência legislativa, não é viável, de um ponto de vista operacional, que a União estabeleça um valor de, digamos, R\$ 100.000,00 de maneira uniforme em todo território nacional. Trata-se de valor arbitrário que pode ser bastante adequado numa cidade como São Paulo, porém, absolutamente inadequado para uma cidade do interior de Minas Gerais. Evidentemente, o legislador federal não tem meios de fixar um valor adequado para todos os municípios do país.

O valor excessivamente alto simplesmente inviabilizaria o desenvolvimento dos serviços de mobilidade urbana, pois o preço do serviço teria de incorporar esse valor que pode ser incompatível com a renda gerada pela economia local.

Abordando-se o tema do ponto de vista da alínea “b”, qual seja, como prestação obrigatória na relação contratual de prestação de serviços entre o motorista e o entregador e empresas de aplicativos, temos uma situação bastante complexa, que remete às três correntes de pensamento que duelam em torno dessa modalidade de prestação: trabalho subordinado, parassubordinado e autônomo.

A Espanha destaca-se como um exemplo de ordem jurídica que buscou criar um estatuto jurídico próprio para essa modalidade de relação jurídica. A Lei 20/2007 e o Real Decreto 197/2009 daquele país criaram a figura do trabalhador autônomo economicamente dependente, atribuindo centralidade à dependência econômica e desprezando a necessidade de haver subordinação jurídica, como ocorre na relação de emprego clássica. O trabalhador autônomo economicamente dependente tem direito a algumas prestações típicas do empregado, como férias anuais e indenização por rescisão contratual.

No Brasil, a perspectiva de trabalho autônomo vem se impondo na prática, pois nas atividades de motorista e entregador não se pode apontar com segurança o elemento da subordinação jurídica, assim como se pode alegar haver total liberdade para aceitação de viagens e entregas e não haver exclusividade, já que os motoristas e entregadores podem se vincular simultaneamente a diversas plataformas. Some-se a isso o fato de que, desde 2019, o Decreto 9.792 permite que os motoristas e entregadores possam prestar seus serviços como microempreendedor individual (MEI), ou seja, tornarem-se pessoas jurídicas, o que definitivamente é incompatível com a relação de emprego.

Finalmente, deve se levar em conta que as pesquisas indicam que dois a cada três motoristas ou entregadores preferem ser classificados como trabalhadores por conta própria. (Uber, 2023).

Enquanto o STF não resolve o Tema 1291, o debate jurídico nos tribunais segue paralisado e o trabalho autônomo vai se firmando (Brasil, 2024b).

## 2.11 Proposições legislativas

Em termos de iniciativa legislativa, o PLP 12/2024 tem capitaneado o debate. A formação da proposta iniciou-se com grupo de trabalho, formado por representantes dos trabalhadores, das empresas e do governo, no intuito de se criar uma proposta de regulamentação das atividades executadas por intermédio de plataformas tecnológicas, conforme previsto no Decreto 11.513/2023. Apesar dos esforços, o grupo de trabalho enfrentou dificuldades para chegar a um consenso, principalmente em relação à remuneração mínima dos trabalhadores, que envolvia pagamento por hora e por quilômetro. Além da remuneração, outros pontos de impasse incluem vínculo empregatício, segurança e saúde, transparência algorítmica e sindicalização.

O grupo de trabalho concluiu suas atividades sem elaborar uma proposta que tratasse dos entregadores em motocicletas e bicicletas. O PLP 12/2024 contemplou apenas os motoristas de aplicativos de viagens em automóveis.

### *2.11.1 O conceito de empresas de aplicativo no PLP 12/2024*

Fruto de um acordo precário, num contexto de grandes dificuldades de entendimento entre as partes, já explorado aqui, o texto do art. 2º do projeto não privilegiou a melhor técnica legislativa e formulou um conceito de difícil assimilação para a ordem jurídica em vigor:

Art. 2º Para fins do disposto nesta Lei Complementar, considera-se empresa operadora de aplicativo de transporte remunerado privado individual de passageiros a pessoa jurídica que administra aplicativo ou outra plataforma de comunicação em rede e oferece **seus serviços de intermediação** de viagens a usuários e a trabalhadores previamente cadastrados. (grifo nosso)

Vê-se, com clareza, que as empresas de aplicativos são definidas na proposta de regulamentação como prestadoras de serviço, não como tomadoras. Além disso, os serviços prestados são de intermediação. Colocada a empresa de aplicativo na posição de intermediação entre dois polos, temos necessariamente que concluir que, de um lado, está o transportador, o motorista, e, de outro lado, o passageiro, o tomador do serviço.

Nessa situação, a empresa não figura nos polos de um contrato de prestação de serviços de transporte com um passageiro a ser transportado (art. 730 do Código Civil: “Pelo contrato de transporte alguém se obriga, mediante retribuição, a transportar, de um lugar para outro, pessoas ou coisas”).

Também não poderia se enquadrar tecnicamente como contratante em um contrato de prestação de serviços com o motorista, seja nos moldes civilistas (arts. 593 do Código Civil), seja no modelo celetista. Na verdade, por tal definição, a empresa de aplicativos figuraria como contratada e prestadora de serviços às partes, motorista e passageiro. A empresa não remunera o motorista, antes é por este remunerada. Examinando o parecer do relator da matéria, no substitutivo apresentado na Comissão de Indústria, Comércio e Serviços (CICS) (Brasil, 2024a), tal definição não foi alterada. Pensamos ser fundamental definir-se a posição jurídica que ocupará a empresa de aplicativo e assumirem-se as consequências jurídicas dessa decisão fundamental. Se, por exemplo, for mantida a condição de prestador de serviços de intermediação, é preciso aceitar-se o fato que não é possível derivarem-se direitos e deveres de natureza trabalhista decorrentes de tal relação em favor do motorista, que seria o contratante.

Assim, caso a empresa de aplicativo seja considerada como transportadora e empregadora nos termos da CLT, a atribuição de obrigações trabalhistas é um consectário lógico e o enquadramento legal necessário é a própria CLT.

Com tal enquadramento, a tarefa do legislador seria adaptar as fórmulas da CLT, moldadas para a prestação de serviços nas fábricas urbanas, sob os auspícios do fenômeno da Revolução Industrial, dos séculos XVIII e XIX, para o contexto da prestação de serviços de transporte

urbano por meio de plataformas tecnológicas, fruto da Revolução Digital, iniciada nos anos 70 e 80 do século XX.

A própria CLT já possui um capítulo com disposições especiais sobre duração e condições de trabalho (CLT – art. 224 e seguintes). Nesse capítulo, já se pode observar a existência de dispositivos que flexibilizam certos rigores do texto consolidado e os adapta às necessidades de determinados empreendimentos. Exemplo mais contemporâneo de tal flexibilização foi introduzido na CLT pela Lei 13.103/2015, que dispôs sobre transportador rodoviário de cargas e de passageiros. Observam-se, na seção introduzida por essa lei, várias disposições que contrariam as previsões celistas ordinárias. É certo que o conteúdo dessa lei ainda é objeto de debate sobre sua validade jurídica, porém, consideramos sua existência como um exemplo de precedente possível de ser seguido.

Por outro lado, na condição de mera intermediadora e prestadora de serviços aos motoristas, não vislumbramos a que fundamento jurídico apelar para atribuir à empresa tal obrigação, pois, como intermediadora a empresa presta serviços e não remunera o motorista, antes, ao contrário, o motorista remunera a empresa pelo serviço de intermediação prestado.

Finalmente, tendo em vista o estado da legislação já produzida, e caracterizando as empresas de aplicativos como transportadores, mas não como empregadores, temos, de um lado, a empresa de aplicativo como tomadora do serviço e, de outro lado, os motoristas como prestadores de serviços autônomos terceirizados.

O STF já decidiu que é lícita a terceirização em todas as etapas do processo produtivo, seja meio ou fim, ao julgar a Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPF) 324 e o Recurso Extraordinário (RE) 958252, com repercussão geral reconhecida. No caso, porém, a transferência da atividade fim, nos termos do art. 4º-A da Lei 6.019/1974, deve ser feita à pessoa jurídica de direito privado prestadora de serviços que possua capacidade econômica compatível com sua execução. Nesse caso, não seria lícito às empresas de aplicativos contratar motoristas pessoas físicas, mas apenas contratar empresas que, por sua vez, contratassem e assalariassem os motoristas. Nesse caso, seria necessária uma mudança no marco jurídico em vigor, para permitir, excepcionalmente, no transporte urbano, a terceirização da atividade fim diretamente a uma pessoa física e para, ato contínuo, estabelecer as garantias, os direitos e os deveres decorrentes dessa modalidade de terceirização.

Como se vê, é fundamental o estabelecimento da posição jurídica das partes envolvidas nos serviços de transporte urbano por meio de aplicativos, especialmente a definição quanto ao papel do aplicativo, se transportador ou se intermediador de serviços. Antes de tal definição, não vislumbramos condições de se estabelecerem encargos com vistas à proteção dos motoristas e entregadores.

### *2.11.2 A parassubordinação como novo modelo*

O trabalho parassubordinado, de fato, parece-nos mais adequado que o trabalho subordinado enquadrado dentro da CLT, em face das novas formas de organização do trabalho e

das novas tecnologias de comunicação. Porém, como já assinalamos aqui, trata-se de um conceito ainda em construção.

As normas espanholas – Lei 20/2007 (Estatuto do Trabalhador Aautônomo) e o Real Decreto-Ley 9/2021 (Ley Rider, como ficou conhecida) – seguem gerando acesos debates. Os críticos argumentam que a Ley Rider provocou impactos negativos como:

- **menos oportunidades de trabalho:** algumas plataformas reduziram a quantidade de entregadores ou saíram do mercado espanhol;
- **aumento da terceirização:** empresas como Uber Eats optaram por trabalhar com terceiros em vez de contratar diretamente os entregadores;
- **impacto na flexibilidade:** alguns trabalhadores preferem o modelo autônomo pela liberdade de horários e a possibilidade de ganhos maiores.

Apesar das críticas, o atual governo espanhol defende a lei como um passo necessário para garantir direitos trabalhistas e evitar a precarização do setor. Mesmo na Europa não se veem ainda desdobramentos do modelo espanhol.

A transformação do trabalho impulsionada pela tecnologia é um dos fenômenos mais marcantes da era digital. O caso da Uber exemplifica como plataformas digitais redefinem modelos de emprego e promovem inovação e eficiência, mas também levantam questões sobre direitos trabalhistas, segurança e remuneração justa.

## 2.12 Considerações finais

À medida que avanços tecnológicos continuam a moldar o mercado de trabalho, torna-se essencial o equilíbrio entre inovação e proteção social. O desafio é garantir que trabalhadores tenham condições dignas sem comprometer a flexibilidade e a competitividade que tornam esses serviços tão atraentes. O futuro da relação entre tecnologia e trabalho dependerá das políticas e regulamentações que busquem harmonizar progresso e equidade, para que todos possam se beneficiar dos avanços sem abrir mão de direitos fundamentais.

O futuro da relação entre tecnologia e trabalho dependerá diretamente das políticas públicas e das iniciativas privadas voltadas para harmonizar progresso econômico com equidade social. Governos e empresas precisam desenvolver estratégias que assegurem acesso a benefícios essenciais, proteção contra abusos, oportunidades de capacitação profissional e preparação dos trabalhadores para as mudanças contínuas no cenário tecnológico.

Além disso, o papel da educação e do treinamento profissional torna-se cada vez mais relevante para que trabalhadores possam adquirir novas habilidades e se adaptar às exigências do mercado. Investimento em qualificação da mão de obra não apenas favorece a inclusão, mas também fortalece a competitividade das economias no longo prazo.

Com políticas bem estruturadas e um compromisso coletivo com a equidade, é possível garantir-se que todos se beneficiem dos avanços tecnológicos sem abrir mão de seus direitos

fundamentais. Dessa forma, a inovação pode ser um vetor de crescimento sustentável e proporcionar um futuro mais justo e equilibrado para a sociedade como um todo.

### **3. POSSÍVEIS CENÁRIOS PARA A RELAÇÃO ENTRE TECNOLOGIA E TRABALHO NOS PRÓXIMOS ANOS**

#### **3.1 Introdução**

A relação entre tecnologia e trabalho evoluiu significativamente ao longo dos séculos, com mudanças cruciais que moldaram os mercados de trabalho e as estruturas sociais. A perspectiva histórica revela que as preocupações com o deslocamento de empregos devido aos avanços tecnológicos não são novas, pois remontam a séculos. A Revolução Industrial, que se estendeu do final do século XVIII a meados do século XIX, marcou um ponto de virada crítico nessa relação, introduzindo rápidos avanços na tecnologia e nos processos de fabricação que transformaram o crescimento econômico e o progresso social. Durante a Revolução Industrial, a introdução de maquinário alterou significativamente a dinâmica do trabalho. Por exemplo, a mecanização da fabricação de tecidos e o surgimento da indústria automobilística não apenas deslocaram certos empregos, mas também criaram novas indústrias e oportunidades. Cada onda de mudança tecnológica historicamente levou a temores de perda de empregos; no entanto, também resultou em maior produtividade e demanda por bens, o que frequentemente levou mais à criação do que à perda de empregos. O desenvolvimento de novas tecnologias ao longo do tempo, como o motor de combustão interna e a eletricidade, demonstra que tais mudanças geralmente se desenrolam por períodos prolongados em vez de instantaneamente, o que permite à sociedade adaptar-se gradualmente.

O início do século XX trouxe mais transformações, particularmente com o surgimento das técnicas de produção em massa em indústrias como a automobilística. Empresas como a Ford revolucionaram os métodos de produção e ocasionaram uma demanda por mão de obra semiqualficada enquanto diminuía a necessidade de trabalhadores não qualificados. Esse período não apenas testemunhou a industrialização e o crescimento econômico, mas também contribuiu para a mobilidade social e o surgimento de uma classe média robusta, remodelando o cenário socioeconômico.

No final do século XX e início do século XXI, o advento da tecnologia da informação e da internet inaugurou uma terceira era de avanço tecnológico. Inovações em semicondutores, computadores pessoais e a internet alteraram drasticamente a natureza do trabalho e o mercado de trabalho, frequentemente automatizando tarefas burocráticas e criando novos empregos digitais. À medida que tecnologias como IA e aprendizado de máquina ganham força, preocupações em torno do deslocamento de empregos ressurgiram, o que levou a discussões sobre a necessidade de requalificação da força de trabalho e considerações éticas no campo da IA.

### 3.2 Tendências atuais em tecnologia e trabalho

A tecnologia está transformando profundamente o ambiente de trabalho, impulsionando mudanças na maneira como colaboramos, nos comunicamos e realizamos nossas atividades profissionais. À medida que avançamos no tempo, algumas tendências-chave vão emergindo, em que se destaca a interseção entre tecnologia e trabalho.

Uma das mudanças mais significativas dos últimos anos foi a ampla adoção do trabalho remoto. O surgimento de ferramentas de comunicação digital e plataformas de colaboração na nuvem permitiu que funcionários trabalhassem de praticamente qualquer lugar e possibilitou às empresas o acesso a um *pool* global de talentos. Essa flexibilidade melhora o equilíbrio entre vida pessoal e profissional para muitos trabalhadores, embora também apresente desafios, como sentimentos de isolamento e a necessidade de as empresas cultivarem um senso de comunidade entre seus colaboradores remotos.

A automação, impulsionada pelos avanços em IA, está remodelando o cenário do trabalho em diversos setores. Tarefas rotineiras estão sendo cada vez mais realizadas por máquinas, o que leva à substituição de empregos de baixa e média qualificação, ao mesmo tempo em que cria oportunidades em funções especializadas que exigem formação avançada e expertise. À medida que as empresas buscam aumentar a eficiência e reduzir custos, os investimentos em tecnologias de automação devem continuar crescendo, o que possivelmente resultará em mudanças significativas na força de trabalho.

As tecnologias emergentes estão possibilitando formas inovadoras de colaboração. Ferramentas como videoconferências e quadros virtuais permitem a comunicação em tempo real entre equipes, independentemente das barreiras geográficas. Além disso, tecnologias como projeções holográficas de luz sólida têm o potencial de revolucionar a colaboração no ambiente de trabalho, criando espaços imersivos e interativos para reuniões e trabalho em equipe.

O ambiente físico de trabalho também está passando por transformações com soluções avançadas de gestão do espaço e tecnologias de realidade estendida. As empresas estão começando a implementar tecnologias de edifícios inteligentes que otimizam o uso de energia e melhoram o ambiente geral de trabalho. As ferramentas de realidade estendida estão possibilitando a membros de equipes remotas participarem de forma mais completa em tarefas colaborativas, o que reduz a distância entre interações físicas e virtuais.

### 3.3 Desafios pela frente

Apesar dos inúmeros benefícios que traz ao ambiente de trabalho, a tecnologia também apresenta desafios. O risco de substituição de empregos devido à automação exige um esforço coordenado para requalificação da força de trabalho, o que garante aos trabalhadores se adaptarem ao mercado de trabalho em constante evolução. As empresas e os formuladores de políticas precisarão investir em programas de treinamento e educação para apoiar os trabalhadores na aquisição das habilidades necessárias para prosperar nesse novo cenário.

### 3.4 Cenários possíveis para o futuro: a perspectiva distópica e a perspectiva otimista

A integração da tecnologia, especialmente de IA e de automação, no ambiente de trabalho está prestes a criar uma ampla variedade de futuros possíveis. Esses cenários não são predefinidos; pelo contrário, dependem das decisões e ações humanas em relação à adoção e à implementação dessas tecnologias.

Um cenário que tem atraído bastante atenção é uma possível distopia em que tecnologias de monitoramento no ambiente de trabalho, como reconhecimento facial e ferramentas de gestão de desempenho baseadas em IA, criam ambientes profissionais opressivos. Crescem as preocupações de que essas ferramentas possam viabilizar um regime de comando e controle, que reduziria a autonomia dos trabalhadores e intensificaria as pressões no emprego, resultando, assim, na deterioração da qualidade do trabalho. Se um futuro como esse se concretizasse, seria consequência das escolhas acumuladas ao longo do processo de integração tecnológica, não um resultado inevitável do avanço da tecnologia em si.

Por outro lado, uma visão mais otimista enfatiza o potencial da tecnologia para criar novas oportunidades de trabalho e aprimorar funções existentes. Estimativas indicam que, na próxima década, os avanços tecnológicos poderão levar à criação de novas indústrias e ocupações, especialmente em áreas onde o julgamento humano, a criatividade e a comunicação são essenciais. Embora se espere que certos empregos sejam eliminados devido à automação, há esperança de que essa mudança impulse a requalificação da força de trabalho e permita que os trabalhadores façam a transição para novas funções que valorizem habilidades exclusivamente humanas.

Um futuro híbrido parece ser o cenário mais provável, caracterizado tanto pela substituição de empregos quanto pela criação de novas oportunidades. No entanto, pela rapidez com que caracteristicamente avançam as transformações tecnológicas, é de se esperar que funções em quantidade substancial sejam automatizadas ou transformadas por ferramentas de IA em poucos anos. Nesse contexto, o papel dos empregadores será fundamental; as empresas precisarão repensar processos para maximizar a sinergia entre tecnologia e habilidades humanas e garantir aos trabalhadores prosperidade junto às tecnologias em evolução.

### 3.5 Fatores que influenciam cenários futuros

De todo modo, o mercado de trabalho será influenciado por diversos fatores interligados. Destacamos três que consideramos chaves: os avanços tecnológicos, a dinâmica do mercado laboral e as questões socioeconômicas.

A integração de tecnologias avançadas, como a IA, automação e Internet das Coisas (IoT), está remodelando o cenário do trabalho. Essas inovações não apenas transformam as funções dos empregos, mas também alteram a natureza fundamental do trabalho em si e levam à criação de novos papéis enquanto tornam outros obsoletos.

Embora possa eliminar a necessidade de pessoas executarem certas tarefas rotineiras, a automação também abre portas para funções analíticas e técnicas de nível mais elevado, o que exige uma força de trabalho capaz de navegar por essas mudanças. Além disso, tecnologias emergentes podem perturbar indústrias e práticas estabelecidas o que exige dos trabalhadores adaptação contínua às novas demandas.

A incorporação bem-sucedida dessas tecnologias ao ambiente e aos processos de trabalho depende amplamente das decisões tomadas por trabalhadores e empregadores em relação ao desenvolvimento de habilidades e ao desenho dos cargos e funções.

A evolução dos mercados de trabalho em resposta aos avanços tecnológicos é outro fator crítico na definição de cenários futuros. Cada vez mais, mesmo nos setores intensivos em mão de obra, como a agricultura e a construção civil, o manejo de equipamentos será exigido na execução das tarefas. Nos setores de produção de maior valor agregado (automóveis, química, engenharia, bens e serviços tecnológicos, finanças e bancos, etc.) cada vez mais funções rotineiras serão substituídas por outras que agregam mais capacidades técnica, analítica e gerencial.

Em países que enfrentam problemas históricos com seus sistemas de educação, como o Brasil, a defasagem na capacitação da força de trabalho para acompanhar essas novas tecnologias representará um significativo desafio para a empregabilidade dos trabalhadores, além de dificultar a difusão da inovação em larga escala nas economias.

É interessante observarmos a crescente aceitação do trabalho remoto e como essa modalidade está transformando as dinâmicas entre empregadores e funcionários. De um lado, o trabalho remoto permite que empresas acessem talentos globais e ofereça aos trabalhadores maior flexibilidade e equilíbrio entre vida pessoal e profissional. De outro lado, porém, já se observa um consistente movimento de empresas no sentido de reduzir ou mesmo abandonar o trabalho remoto e exigir que os trabalhadores retornem ao trabalho presencial. Essa mudança tem sido observada em empresas de diversos setores, incluídas grandes corporações do mercado norte-americano, como a Amazon, Disney e DELL, entre outras.

O crescimento do trabalho remoto representa uma mudança significativa que pode redefinir estruturas organizacionais e expectativas da força de trabalho nos próximos anos. A redução nas oportunidades para interações pessoais e informais tem se revelado um impacto negativo no trabalho em equipe que afeta a produtividade e ergue um obstáculo para a inovação e o desenvolvimento dos projetos. Além disso, o excesso de reuniões, a dificuldade de assimilar iniciantes, os problemas de liderança e a perda da cultura organizacional são possíveis elementos impactados pelo trabalho remoto.

Fatores socioeconômicos, incluídos o aumento da desigualdade e as mudanças demográficas, também desempenharão papel crucial na definição de cenários futuros. À medida que impulsionam o crescimento econômico, os avanços tecnológicos podem, simultaneamente, agravar a desigualdade de renda, beneficiando desproporcionalmente aqueles com habilidades mais avançadas.

Além disso, o envelhecimento da população em muitas grandes economias exige maior foco na produtividade, no qual a inovação tecnológica desempenha papel fundamental para sustentar o crescimento econômico diante da queda nas taxas de participação da força de trabalho.

As decisões tomadas por governos, organizações e indivíduos em relação aos investimentos em educação, treinamento e adaptação de políticas públicas são essenciais para determinar a inclusão no crescimento econômico e o sucesso na integração da tecnologia no ambiente de trabalho. Uma abordagem proativa na formulação de políticas pode facilitar melhores resultados para os trabalhadores e ajudar a moldar um futuro do trabalho mais equitativo.

### 3.6 Setores produtivos sujeitos a maior impacto

Tentar antecipar quais empregos podem ser afetados ou criados pela IA melhora significativamente as possibilidades de os governos e as organizações implementarem medidas proativas para reestruturação da força de trabalho.

Pesquisas (Datarails, 2023; McKinsey & Company, 2023) tentam prever quais, entre as diversas indústrias, estão prestes a passar pelas mudanças mais profundas devido às tecnologias de automação e IA. Setores como saúde, finanças, varejo, educação e transporte estão entre os mais afetados, com potencial elevado de deslocamento e criação de empregos.

Por exemplo, no setor varejista o aumento de tecnologias de autoatendimento e a gestão de estoque baseada em IA estão remodelando funções tradicionais e criando demandas por novos conjuntos de habilidades.

É preciso destacarmos, porém, que tais pesquisas se vinculam às condições de desenvolvimento da economia local e ao estado do desenvolvimento tecnológico local. Também as diferenças entre perfil demográfico e renda, bem como a relação entre a renda e o nível de desemprego dos diferentes países ditarão um ritmo próprio dos impactos previstos nesses setores para cada localidade.

### 3.7 Ferramentas de enfrentamento das mudanças

Duas ferramentas podem se destacar no enfrentamento das mudanças que estão ocorrendo e das que ainda estão por vir, ainda que tais mudanças não possam ser totalmente previstas e guardem sempre um aspecto inusitado em relação ao passado.

A primeira é um conceito reciclado do sistema já existente de formação e capacitação de mão de obra, ou seja, recapacitação e adaptação da força de trabalho. O termo em português corresponde ao termo *reskilling* (Beecroft, 2024) no inglês. O conceito de recapacitação surge como uma estratégia crucial para enfrentamento dos desafios impostos pelo deslocamento de empregos. A recapacitação envolve o desenvolvimento de novas habilidades ou o reaproveitamento das habilidades já conquistadas, em linha com as demandas do mercado em constante mudança devido aos avanços tecnológicos.

Estudos (Mckinsey & Company, 2018) na área sugerem que o alinhamento dos programas educacionais às necessidades da indústria é essencial para garantir que os trabalhadores deslocados possam fazer a transição para novas funções, reduzindo assim os efeitos adversos da automação.

A segunda ferramenta é o desenvolvimento de políticas públicas, com regulamentações e programas de apoio aos trabalhadores deslocados, como acesso à educação, benefícios de desemprego e práticas trabalhistas éticas. Tais políticas são fundamentais para a implementação de estratégias que promovam a sustentabilidade do emprego juntamente com o progresso tecnológico, fomentando, assim, uma economia mais estável no futuro.

### 3.8 Considerações finais

Antecipar-se às futuras mudanças no mercado de trabalho é uma tarefa possível, embora cercada de limitações. As mudanças tecnológicas seguem padrões que podem ser analisados e permitem aos especialistas identificar tendências e fazer projeções sobre o futuro do mercado de trabalho.

Os estudos com esse objetivo devem levar em conta:

- a análise de tendências históricas, observando como avanços anteriores afetaram setores e profissões, para estimar impactos futuros;
- os estudos sobre automação e IA, pesquisando quais funções podem ser substituídas por máquinas e quais exigirão habilidades humanas mais complexas;
- o estudo de modelos econômicos e dados do mercado, especialmente com uso dos modernos algoritmos, que conseguem analisar grandes volumes de informações para prever áreas de crescimento e declínio.

Para se aprimorar a compreensão da relação entre tecnologia e trabalho, os estudos nessa área devem incorporar conjuntos de dados diversos e perspectivas multidisciplinares. Essa abordagem enriquecerá a análise do impacto da IA em diferentes disciplinas, regiões e tipos de literatura, proporcionando assim uma visão mais abrangente dos desafios e das oportunidades que aguardam no mercado de trabalho em evolução.

## REFERÊNCIAS

BEECROFT, James. **The impact of AI-driven automation on job displacement in the North American retail industry**. [S. l.]: LinkedIn, 18 abr. 2024. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/impact-ai-driven-automation-job-displacement-north-retail-beecroft-gdpwc>. Acesso em: 24 maio 2025.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 12/2024**. Dispõe sobre a relação de trabalho intermediada por empresas operadoras de aplicativos de transporte remunerado privado individual de passageiros em veículos automotores de quatro rodas e estabelece mecanismos de inclusão previdenciária e outros direitos. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2024a. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_pareceres\\_substitutivos\\_votos?idProposicao=2419243](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_pareceres_substitutivos_votos?idProposicao=2419243). Acesso em: 24 maio 2025.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Recurso Extraordinário nº 1.446.336**. Tema nº 1.291: Incidência de contribuição previdenciária sobre os valores pagos por empresas aos segurados empregados a título de terço constitucional de férias gozadas. Relator: Min. André Mendonça. Brasília, DF, 2024b. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/jurisprudenciaRepercussao/verAndamentoProcesso.asp?incidente=6679823&numeroProcesso=1446336&classeProcesso=RE&numeroTema=1291>. Acesso em: 2 mar. 2026.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **STF mantém validade de norma da reforma trabalhista que prevê contrato de trabalho intermitente**. Brasília, DF: STF, 4 mar. 2024c. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=528592&ori=1>. Acesso em: 23 maio 2025.

CHUBB SEGUROS BRASIL S.A. **Bilhete de seguro de viagem**: condições gerais. São Paulo: Chubb, [2024?]. 1 arquivo PDF. Disponível em: [https://meusegurochubb.com.br/Travel/Download/ksugaiVUUzEI\\_VDRTx00pA](https://meusegurochubb.com.br/Travel/Download/ksugaiVUUzEI_VDRTx00pA). Acesso em: 29 maio 2025.

DATARAILS. **Industries impacted by AI**: from healthcare to finance. [S. l.]: Datarails, 12 out. 2023. Disponível em: <https://www.datarails.com/industries-impacted-by-ai/>. Acesso em: 24 maio 2025.

DEMAND SAGE. **Gig economy statistics (2026)**: growth & market size. [S. l.]: Demand Sage, 12 jan. 2026. Disponível em: <https://www.demandsage.com/gig-economy-statistics/>. Acesso em: 27 fev. 2026.

GARCIA, Diego. **Entregadores de aplicativos anunciam greve para os dias 31 de março e 1º de abril**. São Paulo: Folha de S.Paulo, 26 mar. 2025. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2025/03/entregadores-de-aplicativos-anunciam-greve-para-os-dias-31-de-marco-e-1o-de-abril.shtml>. Acesso em: 29 maio 2025.

IFOOD. **Seguro pessoal**: saiba como funciona e como acionar. [S. l.]: iFood para Entregadores, 2024. Disponível em: <https://entregador.ifofood.com.br/vantagens/seguro-pessoal/>. Acesso em: 29 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Em 2022, 1,5 milhão de pessoas trabalharam por meio de aplicativos de serviços no país**. Rio de Janeiro: IBGE, 25 out. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38160-em-2022-1-5-milhao-de-pessoas-trabalharam-por-meio-de-aplicativos-de-servicos-no-pais>. Acesso em: 23 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Número de trabalhadores por aplicativos cresceu 25,4% entre 2022 e 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 12 dez. 2025. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/44806-numero-de-trabalhadores-por-aplicativos-cresceu-25-4-entre-2022-e-2024>. Acesso em: 2 mar. 2026.

MCKINSEY & COMPANY. **The economic potential of generative AI**: the next productivity frontier. [S. l.]: McKinsey Digital, 14 jun. 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier>. Acesso em: 24 maio 2025.

MCKINSEY & COMPANY. **What can history teach us about technology and jobs?** [S. l.]: McKinsey Global Institute, 13 mar. 2018. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/what-can-history-teach-us-about-technology-and-jobs>. Acesso em: 25 maio 2025.

NATIONAL EMPLOYMENT LAW PROJECT. **Uber's dangerous expansion into temporary labor.** New York: NELP, 11 dez. 2019. Disponível em: <https://www.nelp.org/ubers-dangerous-expansion-temporary-labor/>. Acesso em: 25 maio 2025.

REZENDE, Alana. **Seguro para motorista de aplicativo: saiba regras na Uber, 99 e mais.** Rio de Janeiro: TechTudo, 26 jun. 2024. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/listas/2024/06/seguro-para-motorista-de-aplicativo-saiba-regras-na-uber-99-e-mais-edapps.ghhtml>. Acesso em: 29 maio 2025.

STANDOUT CV. **Gig economy: definition, statistics & trends.** [S. l.]: StandOut CV, 20 jan. 2024. Disponível em: <https://tinyurl.com/ye2t3mfh>. Acesso em: 23 maio 2025.

UBER. **Datafolha revela que motoristas e entregadores preferem ser profissionais independentes, mas desejam mais proteção.** [S. l.]: Uber Newsroom, 10 out. 2023. Disponível em: <https://www.uber.com/pt-BR/newsroom/datafolha-revela-que-motoristas-e-entregadores-preferem-ser-profissionais-independentes-mas-desejam-mais-protecao/>. Acesso em: 20 maio 2025.

# Inteligência artificial, automação do trabalho e impactos sobre a Previdência Social

Ígor M. Moreira Lima<sup>21</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da inteligência artificial (IA) e da automação nos últimos anos, pode-se levantar a questão sobre o risco de aumento do desemprego ou mesmo de desemprego em massa, os quais, além dos possíveis impactos diretos sobre o bem-estar dos trabalhadores, também poderiam, em tese, desequilibrar a previdência social – sistema que promove a proteção social dos segurados em caso de impossibilidade de autossustento – e causar-lhe outros impactos, pois esse sistema de proteção social depende, em grande medida, de contribuições incidentes sobre as remunerações dos empregados.

No presente capítulo, procuraremos analisar alguns estudos que enfrentaram a questão do possível impacto da IA e de outras tecnologias sobre o mercado de trabalho para, em seguida, tratar sobre como uma eventual concretização dessas previsões poderia impactar a previdência social, em especial no tocante ao equilíbrio entre custeio e despesas. A seleção dos estudos não é exaustiva, mas pensamos que abarca visões diversas sobre a temática, que são importantes para a compreensão de alguns dos possíveis desafios que deverão ser enfrentados em decorrência dos efeitos da adoção da IA.

## 2. VISÕES SOBRE O IMPACTO DA IA NO MERCADO DE TRABALHO

Em estudo desenvolvido por Frey e Osborne (2013, p. 37), da Universidade de Oxford, concluiu-se que 47% dos empregos nos EUA estariam sob alto risco de automação. De acordo com Ripani *et al.* (2020, p. 12), os resultados do estudo deram início a uma série de análises sobre a quantidade de ocupações que se encontravam sob risco de ser automatizadas – o que alimentou o medo da robotização –, como o estudo do McKinsey Global Institute (2017, p. 2), o qual estimou que 50% das tarefas realizadas por trabalhadores em 46 países, correspondentes a quase 90% da força de trabalho global, poderiam ser substituídas por novas tecnologias.

---

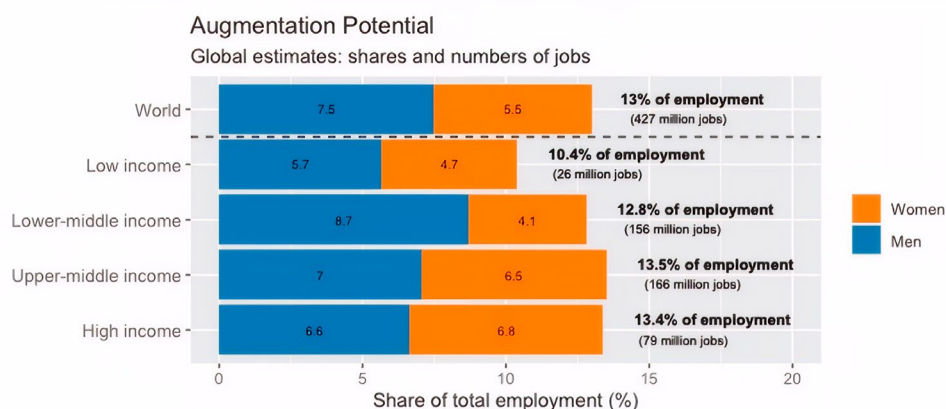
21 Consultor legislativo da área XXI, Previdência e Assistência Social.

Mais recentemente, em estudo desenvolvido no âmbito da Organização Mundial do Trabalho (OIT), Gmyrek *et al.* (2023, p. 8) procederam a uma análise global sobre o potencial de exposição de ocupações à inteligência artificial generativa, em especial da tecnologia *Generative Pre-trained Transformer (GPT)*, um tipo de modelo de aprendizado de máquina baseado em redes neurais. Para tanto, a pesquisa utilizou o GPT-4<sup>22</sup> para estimar pontuações de exposição potencial de tarefas, bem como os efeitos potenciais no emprego em nível global e por grupos de países, de acordo com o nível de renda.

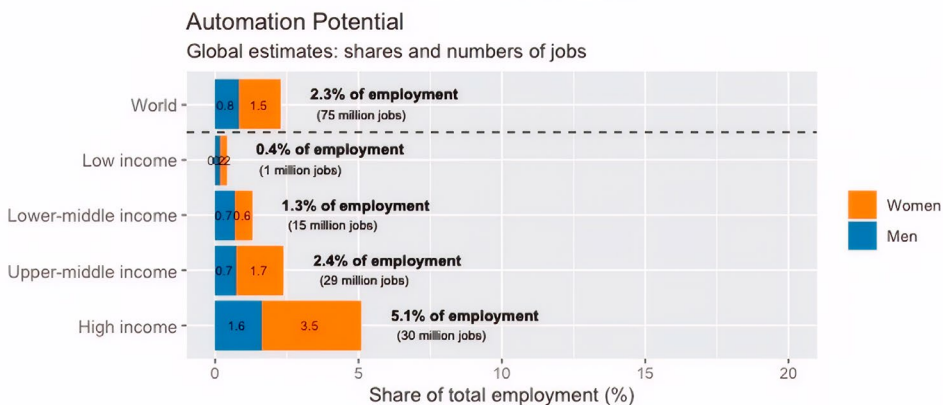
Para a apresentação dos resultados, a pesquisa classificou as ocupações em: (i) com potencial de automação (*automation potential*), assim compreendidas aquelas em que a maioria das tarefas estariam sujeitas à automação, estando, portanto, sob maior risco; (ii) profissões com potencial de aumento (*augmentation potential*), sob menor risco de substituição dos trabalhadores, considerando-se a nota média baixa recebida na avaliação quanto à suscetibilidade de suas tarefas à substituição. Embora apresentem algumas tarefas facilmente substituíveis, essas profissões apresentam outras que dificilmente serão substituídas, de modo que “a tecnologia provavelmente terá efeito aumentador, eliminando-se algumas das tarefas mais expostas, mas ainda exigindo-se o elemento humano para o desempenho geral do trabalho” (Gmyrek *et al.*, 2023, p. 25, tradução nossa).

Os resultados estratificados por grupos de países divididos em níveis de renda (baixa, média baixa, média alta e alta) e sexo são apresentados no gráfico 1.

GRÁFICO 1 – ESTIMATIVAS GLOBAIS: EMPREGOS COM POTENCIAL DE AUMENTO DA PRODUTIVIDADE E AUTOMAÇÃO COMO PORCENTAGEM DO EMPREGO TOTAL.



22 O GPT-4 é definido pela OpenAI (2023), empresa que o criou, como “um grande modelo multimodal (que aceita entradas de imagem e texto, e emite resultados em texto) que, embora menos capaz que os seres humanos em muitos cenários do mundo real, exibe um desempenho de nível humano em vários *benchmarks* profissionais e acadêmicos”.



Fonte: Gmyrek *et al.* (2023, p. 35). Tradução: augmentation potencial (potencial de aumento); automation potential (potencial de automação); global estimates: shares and numbers of jobs (estimativas globais: participação e número de empregos); global estimates: shares and numbers of jobs (estimativas globais: participação e número de empregos.); World (Mundo); low income (baixa renda); lower-middle income (renda média-baixa); upper-middle income (renda média-alta); high income (alta renda); employment (empregos); share of total employment (parcela do emprego total); women (mulheres); men (homens).

As profissões com potencial de aumento representam parcela significativamente superior àquelas com potencial de automação. No tocante às ocupações com maior potencial de automação, evidencia-se que esse potencial aumenta conforme a renda é maior. Enquanto nos países pobres a fração das ocupações sujeitas à automação chega a 0,4%, nos países ricos esse percentual chega a 5,1%.

Para Gmyrek *et al.* (2023, p. 34),

uma vez que os aspectos da dimensão e da distribuição do emprego de cada país são considerados na estimativa, globalmente, a parcela de empregos potencialmente expostos à automação com IA generativa, de propriedades semelhantes às da atual tecnologia GPT, cresce com a renda, e o mesmo acontece com a parcela de empregos que têm um elevado potencial de sofrer efeitos de aumento. Em outras palavras, os países mais ricos provavelmente enfrentarão efeitos mais perturbadores na transição tecnológica e maiores ganhos líquidos do processo. (tradução nossa)

A participação feminina nas profissões sujeitas à automação cresce mais que a dos homens, conforme aumenta a renda dos países, e chega a mais que o dobro da participação masculina nos países ricos. Considerando-se os dados globais, 3,7% dos empregos femininos seriam potencialmente automatizáveis, quantidade significativamente superior à dos empregos masculinos sob o mesmo risco, que corresponderiam a 1,4%. Por outro lado, as mulheres apresentariam maior percentual de empregos classificados como de potencial aumento em todos os níveis de renda, o que poderia representar uma oportunidade de fortalecimento feminino se a transição tecnológica for bem administrada, na visão dos autores.

A explicação para os efeitos potenciais da automação serem maiores conforme aumenta a renda dos países é que, nos países mais ricos, há maior participação de ocupações de escritório, como secretárias, auxiliares de contabilidade e caixas de banco. Além disso, a pesquisa

destaca que essas profissões são proporcionalmente mais ocupadas por mulheres que por homens, o que também explica os efeitos maiores sobre o mercado de trabalho feminino.

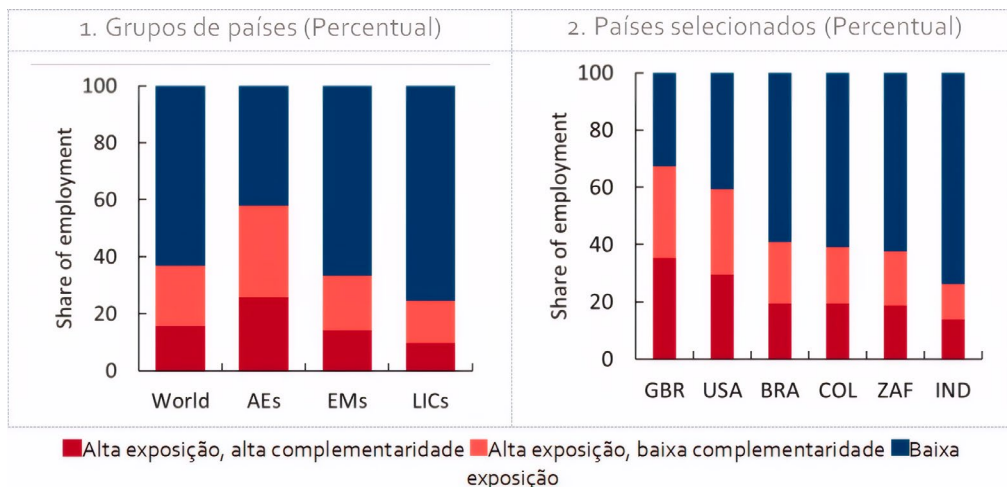
No âmbito do Fundo Monetário Internacional (FMI), Cazzaniga *et al.* (2024, p. 6) também se debruçaram sobre a IA generativa e o futuro do trabalho. Para tanto, procuraram refinar uma estrutura conceitual normalmente utilizada para medir a exposição e a complementaridade do trabalho humano com a IA. Além de analisar o efeito da inovação tecnológica nos empregos, por meio da adoção do conceito de ocupações individuais como um conjunto de tarefas e considerar aquelas que podem ser substituídas ou complementadas pela tecnologia, o estudo utiliza um índice de potencial complementaridade da IA que leva em consideração informações sobre o contexto social, ético e físico das profissões, bem como os níveis de competências exigidos. Assim, procura-se definir o grau de proteção de uma profissão contra o deslocamento profissional provocado pela IA e, na hipótese de elevada exposição a essa tecnologia, procura-se dar uma indicação do potencial de complementaridade com a IA.

Como exemplo, cita-se a profissão de juiz, que, em tese, estaria altamente exposta à IA, em decorrência dos avanços na análise textual. Ainda assim, teria alta proteção, uma vez que seria improvável que a sociedade delegue decisões judiciais a uma IA não supervisionada. Desse modo, para o estudo, espera-se que a IA exerça papel complementar ao trabalho desses profissionais e aumente sua produtividade, em vez de substituí-los.

Dessa forma, a análise da exposição das profissões à IA em conjunto com a complementaridade indicaria as possíveis evoluções do mercado de trabalho: nas ocupações com elevada exposição e em que a IA pode concluir tarefas autonomamente, espera-se uma redução na procura por mão de obra, com o conseqüente pagamento de salários mais baixos; já a produtividade e a procura por profissionais em atividades nas quais a supervisão humana da IA é necessária poderiam crescer, o que poderá resultar em aumentos salariais.

No gráfico 2 são apresentados alguns resultados da pesquisa que indicam as frações dos empregos mais expostos, bem como seu grau de complementaridade, segmentado por grupos de países e também considerados alguns países selecionados.

GRÁFICO 2 – PARCELAS DE EMPREGO POR EXPOSIÇÃO E COMPLEMENTARIDADE  
À IA: GRUPOS DE PAÍSES E PAÍSES INDIVIDUAIS SELECIONADOS



Nota: Códigos dos países usam Padrão de Organismos Internacionais (ISO). AE = advanced economies (economias avançadas); EM = emerging market economies (economias de mercados emergentes); LIC = low-income countries (países de baixa renda); World = all countries in the sample (todos os países da amostra). A percentagem de empregos dentro de cada grupo de países é calculada como a média ponderada da população em idade ativa. GBR - United Kingdom (Reino Unido). USA - United States (Estados Unidos). BRA - Brazil (Brasil); COL - Colombia (Colômbia); ZAF - South Africa (África do Sul); IND - India (Índia).

Fonte: adaptado de Cazzaniga *et al.* (2024, p. 8).

Os dados globais indicam que cerca de 40% dos trabalhadores ocupam profissões altamente expostas à IA, com metade em profissões com alta e a outra metade em profissões com baixa complementaridade. Considerando-se a renda dos países, estariam sujeitos a alta exposição: 60% dos empregos nos países de economia avançada (27% e 33% em profissões com alta e baixa complementaridade, respectivamente); 40% nas economias emergentes (16% e 24% em profissões com alta e baixa complementaridade); e 26% nos países de baixa renda (8% e 18% em profissões com alta e baixa complementaridade).

Para os autores, a composição da força de trabalho dos países poderia explicar a maior parte das diferenças constatadas em termos de exposição e complementaridade. No Reino Unido, por exemplo, uma parte significativa dos empregos é composta por ocupações profissionais e de gestão, que apresentam alta exposição e alta complementaridade, bem como por trabalhadores de apoio administrativo e ocupações técnicas, que geralmente apresentam elevada exposição e baixa complementaridade. A Índia, por outro lado, apresenta muitos artesãos e trabalhadores agrícolas pouco qualificados, considerados de baixa exposição.

Alerta-se que, mesmo com alta complementaridade, é possível que haja deslocamentos, caso os trabalhadores não tenham as competências relacionadas com a IA, ou caso os empregadores não invistam na tecnologia.

No âmbito do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Ripani *et al.* (2020, p. 18), diferentemente de outros estudos, não procuraram realizar previsões sobre potencial de

automatização de ocupações, mas avaliar dados históricos da adoção de automação e seu impacto sobre o emprego.

A pesquisa teve como foco os países da América Latina e Caribe. Como essa região recebe apenas cerca de 0,6% dos robôs produzidos mundialmente, em razão dos baixos custos da mão de obra na região comparados aos dos robôs, a pesquisa não procurou identificar os efeitos diretos da automatização na região, mas os possíveis efeitos que a introdução de robôs nos EUA, no período de 2011 a 2016, teve sobre a probabilidade de trabalhadores brasileiros, mexicanos e colombianos perderem seus empregos formais, bem como sobre a probabilidade de um trabalhador sem emprego formal encontrar uma posição formal nesses países.

Os resultados da pesquisa não foram homogêneos. Para o Brasil e a Colômbia, os efeitos sobre o emprego e os salários foram negativos, ao passo que, para o México, foram positivos:

As descobertas desse novo estudo mostram **impactos negativos para o Brasil e a Colômbia em emprego e salários nos anos correspondentes**. Os robôs incorporados nos Estados Unidos produzem efeito negativo no emprego no Brasil (-0,137%) e na Colômbia (-0,14%), além de redução de salários (-9,41% no Brasil e -1,78% na Colômbia) entre 2011 e 2016. Além disso, ao se estudar o impacto que a automação tem nos Estados Unidos sobre a probabilidade de um empregado do setor formal nesses países perder seu emprego, observa-se efeito positivo. No entanto, a probabilidade de que um trabalhador desempregado seja contratado no setor formal é negativa. Dessa forma, vemos que já são observados em nossas economias impactos dos robôs no emprego, até quando a chegada direta de robôs não é ainda tão significativa.

Será essa a realidade para todos os países? A resposta é não. **Ao se analisarem os efeitos no México, observa-se aumento tanto no nível de emprego (0,2%) como de salários (1,95%). Além disso, transições entre desemprego e emprego aumentam 0,02%**. (Ripani *et al.*, 2020, p. 20, tradução e destaques nossos)

Os mecanismos teóricos que explicam os possíveis impactos da adoção de robôs nos países desenvolvidos sobre países em desenvolvimento resultam em efeitos opostos, o que poderia nos ajudar a entender os resultados da pesquisa. Por um lado, a existência de robôs mais baratos facilitaria o aumento de sua densidade nos países desenvolvidos, modificando-se a vantagem comparativa das indústrias impactadas. Com maior produtividade e redução dos custos de produção nos países desenvolvidos, haveria um incentivo ao retorno da produção a esses países (*reshoring*), o que afetaria negativamente o emprego nos países em desenvolvimento, os quais, em uma fase anterior, haviam recebido multinacionais, em decorrência, entre outros fatores, de sua mão de obra barata (*offshoring*).

Por outro lado, o aumento da produtividade das indústrias nos países desenvolvidos, em decorrência da utilização de robôs, incrementaria a demanda por insumos produzidos por indústrias provedoras nos países em desenvolvimento: “uma maior produção de veículos em Detroit exige mais *chips* para novos painéis tecnológicos de carros, e esses *chips* são fabricados no México” (Ripani *et al.*, 2020, p. 21). Consequentemente, o aumento da produtividade

proporcionado pelos robôs nos países desenvolvidos poderia resultar na criação de novos empregos nos países em desenvolvimento.

### **3. POSSÍVEIS IMPACTOS DA IA SOBRE O EQUILÍBRIO FINANCEIRO E ATUARIAL DA PREVIDÊNCIA SOCIAL**

Uma vez apresentadas as diferentes visões sobre impactos da IA e da automação sobre os empregos, no presente tópico procuraremos ressaltar os principais achados, convergências e divergências entre os estudos, bem como alguns dos possíveis impactos previdenciários dessas análises, em especial sobre o equilíbrio entre as fontes de custeio e as despesas com benefícios.

A previdência social é um sistema de proteção social contributivo que fornece aos trabalhadores e seus dependentes proteção em casos de impossibilidade de geração de renda, tais como incapacidade laboral, maternidade e idade avançada. Para o Brasil, de acordo com os dados mais recentes divulgados, existem mais de 60,7 milhões de contribuintes (Brasil, 2024a, p. 5) e 33,4 milhões de benefícios ativos no Regime Geral de Previdência Social (RGPS) (Brasil, 2024b).

Mesmo que não se leve em conta um possível impacto negativo da IA e da automação, a sustentabilidade desse sistema já pode ser considerada no mínimo desafiadora. Há um alto grau de informalidade, uma vez que cerca de um terço dos trabalhadores ocupados de 16 anos de idade ou mais não contribuem para a previdência social (Costanzi, 2023). Dados de 2019 indicam que, na população em idade ativa, de 20 a 59 anos, a quantidade de contribuintes era de 54,6 milhões, inferior à de não contribuintes, que chegava a 64,6 milhões, dos quais 44% eram informais, 40,8% estavam fora da força de trabalho e 15,2% estavam desempregados (Costanzi, 2023).

A longo prazo, a projeção demográfica para o Brasil tende a potencializar o desafio da sustentabilidade previdenciária. De 2023 para 2100, a população com 65 anos ou mais deve praticamente triplicar, de 22 milhões para 62 milhões, o que aumenta a respectiva participação na população total de 10,2% para 33,5%. Já a população de 20 a 64 anos, que concentra a maior parte dos potenciais contribuintes, deve se reduzir de 135 milhões para 90,8 milhões. Com isso, a quantidade de potenciais contribuintes de 20 a 64 anos para cada potencial beneficiário de 65 anos ou mais deve se reduzir de 6 para 1,5. A relação efetiva entre contribuintes e beneficiários é inferior a esse potencial, em razão de diversos fatores, como inatividade, desalento, desemprego e informalidade (Costanzi, 2023).

Um possível quadro de desemprego em massa em decorrência do desenvolvimento da IA ou outras tecnologias poderia, em tese, agravar ainda mais o desequilíbrio previdenciário. Se esse fenômeno ocorrer, muito provavelmente os efeitos não serão restritos aos trabalhadores diretamente atingidos, mas poderão afetar negativamente ainda mais o sistema previdenciário, pois, em um regime de repartição simples, como o adotado no modelo brasileiro, os benefícios não são sustentados por uma poupança previamente formada pelos próprios

beneficiários ao longo de sua vida produtiva, mas por meio de contribuições daqueles que estão atualmente no mercado de trabalho e empregadores, a partir do que se convencionou chamar de “pacto intergeracional”.

Conforme a visão dos pesquisadores em relação à possível perda de empregos gerada pela IA ou outras tecnologias, que poderíamos chamar de otimista ou pessimista<sup>23</sup>, os impactos sobre a previdência social poderiam ser considerados também mais ou menos intensos. Contudo, é preciso considerarmos que a própria literatura especializada apresenta ponderações sobre diversos fatores que poderiam alterar os impactos estimados.

Assim como os estudos de Frey e Osborne (2013) e da consultoria McKinsey (2017) apresentam números mais preocupantes, com estimativas de que cerca de metade das ocupações enfrentam alto risco de automação, outros estudos utilizam metodologias que estimam a probabilidade de determinada profissão ser desenvolvida por robôs. Se aplicada a países da América Latina, esse tipo de metodologia redundaria em resultados não alentadores, chegando-se a uma possível automação de cerca de três em cada quatro postos de trabalho em alguns países da região, conforme Ripani *et al.* (2020, p. 12).

Contudo, há críticas às metodologias adotadas por esses estudos, pois “assumem que ocupações inteiras, em vez de tarefas de trabalho, são automatizadas pela tecnologia”, o que:

pode levar a uma superestimação da possibilidade de automatização do trabalho, uma vez que as profissões rotuladas como profissões de alto risco ainda contêm muitas vezes uma percentagem substancial de tarefas difíceis de automatizar. (Arntz *et al.*, 2016, p. 4, tradução nossa)

Outro ponto a ser considerado é que muitas pesquisas avaliam o potencial teórico de automação de determinadas profissões ou tarefas. Contudo, a existência de tecnologias que permitiriam a substituição de mão de obra não significa sua adoção. Um dos aspectos relevantes diz respeito à análise de custo-benefício. As empresas fazem uma análise dos possíveis benefícios e custos da sua adoção, em comparação ao custo de contratação de mão de obra humana, o que, muitas vezes, não resulta em uma decisão de aquisição da tecnologia. Para a Organização das Nações Unidas (ONU, 2017, p. 2), “os baixos salários explicam em parte por que a maioria dos países em desenvolvimento com mão de obra abundante e barata não foram até agora visivelmente afetados pela automação”.

Sabe-se, também, que América Latina e Caribe recebem apenas cerca de 0,6% dos robôs produzidos mundialmente, em razão do baixo custo de sua mão de obra. Segundo Ripani *et al.* (2020, p. 13), por exemplo, existe um robô capaz de assentar mil tijolos por hora, o que supera largamente a capacidade de um trabalhador da construção civil. Contudo, o elevado

---

23 Adotamos os termos “otimista” ou “pessimista” levando em consideração o possível impacto inicial da adoção da tecnologia na extinção de empregos e no deslocamento de trabalhadores. Contudo, os adjetivos podem deixar de fazer sentido ou mesmo ter seus sinais invertidos à luz de diversos fatores, como a possível migração desses trabalhadores para outras ocupações, o que se pode se também, em tese, para melhores e mais bem remuneradas profissões.

custo desse equipamento permitiria o pagamento dos salários de dez pedreiros por dez anos no México, o que gera poucos incentivos para a aquisição dessa tecnologia.

Além disso, pode haver especificidades em certos setores com características determinantes para a adoção ou não de determinada solução tecnológica, em especial questões regulatórias, tais como o uso da IA na saúde, que depende, entre outros aspectos, da prévia definição de regras de responsabilidade, para que seja possível uma eventual substituição do trabalho humano pela IA (ONU, 2017, p. 2).

Alguns estudos procuraram superar, ao menos em parte, as críticas já expostas, em especial mediante o desenvolvimento de metodologias que consideram não uma profissão como um todo, mas suas tarefas de forma individualizada. Dessa forma, só preconizam a susceptibilidade à automação caso parte significativa das tarefas de cada profissão seja passível de automação.

Essas pesquisas defendem que existem profissões que serão afetadas pela IA, mas não serão extintas, uma vez que determinadas tarefas não poderiam ser substituídas, havendo, portanto, grande potencial de complementaridade, que, também, supera a potencialidade de extinção de ocupações, embora com números divergentes em alguns aspectos.

Nesse sentido, a avaliação de Gmyrek *et al.* (2023) converge em alguns aspectos com a visão de Cazzaniga *et al.* (2024), com destaque para a opinião de que países de renda alta sofrerão mais os impactos da IA no mercado de trabalho.

A magnitude dos efeitos, no entanto, apresenta importantes diferenças. Enquanto os primeiros autores apontam que 31,4% das profissões em todo mundo estariam altamente expostas à IA, os segundos indicam que cerca de 40% dos empregos estariam expostos. A diferença fica ainda mais evidente quando se comparam os empregos que estariam sob risco de extinção, em razão da baixa complementaridade, que chegam a 5,1% na primeira pesquisa, e a cerca de 20% na segunda. Nas economias avançadas, a primeira pesquisa indica que 10,7% dos empregos teriam potencial de automação, índice que chega a 33% na segunda pesquisa, considerando-se a categoria correspondente (alta exposição, baixa complementaridade).

Em países de renda média-alta, como o Brasil, Gmyrek *et al.* (2023, p. 35) indicam que 5% dos empregos estariam sob potencial de automação, ao passo que Cazzaniga *et al.* (2024, p. 8) indicam, especificamente em relação ao Brasil, que essa quantidade chega a aproximadamente 20%.

Seja em maior ou menor magnitude, esses números poderiam, aparentemente, apoiar uma visão negativa do impacto da IA sobre o mercado de trabalho e, conseqüentemente, sobre o equilíbrio da previdência social. Contudo, há diversos outros elementos a serem considerados.

Uma constatação em torno da qual convergem as pesquisas mais recentes é que nem todo impacto se traduzirá em substituição de mão de obra, pois uma fração de trabalhos poderá se utilizar de tais ferramentas como instrumentos de trabalho. Ou seja, para algumas

profissões, a IA deverá exercer papel complementar ao trabalho humano, como no desenvolvimento de algoritmos para auxiliar patologistas e radiologistas na interpretação de exames (ONU, 2017, p. 6). A razão é que muitas tarefas presentes nessas profissões dificilmente poderão ser executadas por essa tecnologia.

Para Gmyrek *et al.* (2023, p. 43), por exemplo, as chamadas “profissões do conhecimento” estão apenas parcialmente expostas “sugerindo um potencial de aumento mais forte e benefícios de produtividade, em vez de deslocamento de empregos”.

Por outro lado, para a ONU (2017, p. 1), uma peculiaridade das transformações tecnológicas atuais parece ser colocarem-se em risco profissões outrora consideradas protegidas, devido a habilidades humanas consideradas até recentemente insubstituíveis: “as tecnologias estão invadindo áreas onde as habilidades humanas já foram consideradas indispensáveis, ameaçando fazer pela capacidade cognitiva o que máquinas faziam para a força muscular”.

Outro importante aspecto, tratado em algumas análises, diz respeito à possível criação de novas ocupações. Para Cazzaniga *et al.* (2024, p. 11), a adoção da IA pode eliminar alguns empregos, mas também pode criar ou melhorar outros.

Dessa forma, a longo prazo, deverá haver uma adaptação de parte dos trabalhadores às novas exigências de competências e às mudanças setoriais. Para Ripani *et al.* (2020, p. 23), habilidades interpessoais, como as relacionados a vendas, recursos humanos, cuidados e educação, além das tecnológicas, terão forte demanda no mercado de trabalho.

Para a ONU (2017, p. 1), as transformações tecnológicas atuais devem afetar áreas outrora consideradas protegidas, que requerem maiores habilidades cognitivas e maior nível educacional, como médicos, arquitetos e programadores, em especial no caso de utilização de robôs comandados por inteligência artificial. Trabalhadores com altas habilidades, flexibilidade, criatividade, capacidade de resolução de problemas e habilidades interpessoais provavelmente serão menos afetados, ao passo que trabalhadores com baixas e médias habilidades, tanto em trabalhos manuais como cognitivos, deverão sofrer maiores impactos em decorrência da adoção de máquinas e IA.

Portanto, um fator fundamental diz respeito à capacidade de trabalhadores atingidos pelo desemprego migrarem tanto para novas profissões como para profissões já existentes, nas quais a IA tende a exercer papel complementar ao trabalho humano. Para Cazzaniga *et al.* (2024, p. 12), via de regra, há uma flexibilidade limitada na adaptação aos mercados de trabalho em evolução, uma vez que, em geral, os trabalhadores alternam entre tipos de profissões semelhantes. No entanto, destacam que há uma fração significativa de mudanças entre profissões com diferentes níveis de exposição à IA, o que pode fornecer evidências sugestivas sobre possíveis movimentos de trabalhadores após a adoção da IA. Nesse sentido, ressaltam que mais de um terço das pessoas que deixam empregos de baixa complementaridade mudam para funções com maior complementaridade de IA, o que demonstra uma via potencial para o crescimento do emprego. Entre os fatores que facilitam essa mudança estaria a formação universitária, uma vez que os trabalhadores com essa formação apresentam

historicamente maior capacidade de transição para empregos que atualmente apresentam elevado potencial de complementaridade (Cazzaniga *et al*, 2024, p. 10).

Para a ONU (2017, p. 1-2), em outros episódios históricos de adoção de novas tecnologias com substituição de mão de obra, observou-se também aumento da produtividade dos trabalhadores e criação de novos mercados, produtos e ocupações, o que, conforme preconiza, também poderia ocorrer com as novas tecnologias como IA, impressão 3D e robótica. Assim, não só poderia ser anulado o efeito destrutivo sobre empregos, como ainda ocorreria aumento da demanda por trabalho humano: “Se a história servir de guia, as novas tecnologias inovadoras não enfraquecerão – e poderão, em vez disso, reforçar – a procura global de trabalho humano a longo prazo” (ONU, 2017, p. 4, tradução nossa).

De forma cautelosa, no entanto, a própria instituição admite que não se pode excluir a possibilidade de que os empregos perdidos não sejam compensados pela geração de novos empregos, em “um cenário extremo”, de “desemprego generalizado e convulsão social” (ONU, 2017, p. 7). Na visão da ONU, a definição sobre se essas tecnologias geram tantos empregos quanto eliminam depende de diversos fatores, como o tipo de tecnologia, a velocidade de sua difusão, e as condições, políticas públicas e instituições de cada país.

Ainda assim, a publicação adota, em nossa visão, um tom otimista acerca dos efeitos da adoção de novos avanços tecnológicos, considerando-se, em especial, exemplos históricos de como a longo prazo o progresso tecnológico trouxe ganhos para a sociedade mediante melhoras no padrão de vida. A mecanização da agricultura, por exemplo, apesar de ter gerado desemprego nesse setor, com conseqüente reorganização das economias e das sociedades em torno dos centros urbanos e industriais, permitiu importantes ganhos de produtividade (ONU, 2017, p. 1).

Por fim, em alguns casos, a preocupação com possíveis efeitos negativos das tecnologias no mercado de trabalho parece se reduzir em razão da falta ou escassez de profissionais em atividades que poderão ser eventualmente realizadas com utilização da IA. Para Cazzaniga *et al*. (2024, p. 9), por exemplo, nos países emergentes, a IA poderá ajudar a reduzir ou eliminar déficits em áreas com escassez de competências, como na saúde e na educação.

#### **4. OUTROS POSSÍVEIS IMPACTOS DA IA SOBRE A PREVIDÊNCIA SOCIAL**

Além de possíveis efeitos da IA sobre a questão do emprego e, conseqüentemente, sobre o equilíbrio financeiro e atuarial previdenciário, há algumas tendências apontadas pelas pesquisas com importantes repercussões sobre a previdência social.

Alguns autores apresentam argumentos no sentido de que a IA e outras tecnologias não necessariamente levarão a desemprego em massa, conforme procuramos demonstrar por meio de algumas das variáveis que poderão interferir na extinção de empregos, como a possibilidade de realocação dos trabalhadores atingidos.

Ainda assim, não são menosprezados alguns riscos decorrentes dessas tecnologias, especialmente no curto prazo, motivo pelo qual Gmyrek *et al*. (2023, p. 39) ressaltam a importância

de proteções sociais e programas de desenvolvimento de habilidades que mitiguem os efeitos negativos da automação.

Cazzaniga *et al.* (2024, p. 5) também ressaltam riscos decorrentes da adoção da IA para ao menos uma parte dos trabalhadores. Entendem que, a longo prazo, parte dos trabalhadores estará adaptada às novas exigências de competências e às mudanças setoriais, mesmo com mudança de parte desses trabalhadores para funções com elevada complementaridade de IA. Outros, entretanto, especialmente os trabalhadores de maior idade, poderão ter dificuldades de adaptação. Empiricamente foi o que constataram Ripani *et al.* (2020, p. 21), ou seja, que os resultados negativos no emprego em países latino-americanos, em razão da utilização de robôs nos EUA, deram-se principalmente no grupo de trabalhadores de idade mais avançada, por terem mais dificuldades de aprender novas habilidades.

Para a ONU (2017, p. 1), o impacto das novas tecnologias sobre o mercado de trabalho não é predeterminado, pois depende da combinação de políticas e arranjos institucionais. Assim, reforça-se a importância de adaptações na formação escolar e universitária, que levem em conta que as transformações tecnológicas devem atingir de forma mais significativa trabalhadores de baixa e média qualificação, tanto em trabalhos manuais quanto cognitivos, com menor impacto sobre trabalhadores com altas habilidades, com alto grau de flexibilidade e com habilidades interpessoais e de resolução de problemas.

Dessa forma, é importante levarmos em conta como a IA impactará a desigualdade, que possui diversas possíveis repercussões previdenciárias, como na contribuição que poderá ser recolhida pelos segurados, refletindo no valor de seus benefícios. Para Cazzaniga *et al.* (2024, p. 19), nas economias emergentes, os efeitos na desigualdade dependem da desigualdade inicial. Em caso de desigualdade inicial alta, e a depender do grau de complementaridade, por um lado a IA tenderia a agravar as disparidades de riqueza, mas por outro poderia reduzir em maior extensão as disparidades salariais, devido à maior concentração de trabalhadores expostos à IA no topo da distribuição de rendimentos. Ressaltam, por outro lado, possíveis efeitos positivos, como a potencial melhora dos serviços públicos, a modernização das finanças e o aprimoramento de certos setores, com benefícios para a produtividade:

**Nos mercados emergentes e nas economias em desenvolvimento com maior desigualdade inicial, a IA poderia amplificar as disparidades de riqueza e reduzir em maior medida a disparidade salarial, mas, se a exposição à IA for menor e generalizada, poderá atenuar esses efeitos.** Uma questão importante é como os resultados do modelo podem mudar quando se consideram dois aspectos pertinentes aos mercados emergentes e às economias em desenvolvimento: (1) níveis iniciais mais elevados de desigualdade de rendimento e riqueza; e (2) menor exposição à IA. As simulações sugerem que um rendimento inicial mais elevado e a desigualdade de riqueza podem exacerbar a disparidade de riqueza, porque os ganhos associados à IA revertem predominantemente para os que ganham mais. Ao mesmo tempo, a desigualdade dos rendimentos do trabalho poderá diminuir ainda mais devido a maior concentração de trabalhadores expostos à IA no topo da distribuição

de rendimentos. **O efeito final, porém, depende do grau de complementaridade, como no caso das economias avançadas.** Numa economia com menos trabalhadores expostos à IA, o impacto direto da IA tanto na distribuição do rendimento como na distribuição da riqueza pode ser menos pronunciado, dado que menos pessoas poderão se beneficiar da IA. Por último, **o potencial da IA para melhorar os serviços públicos, modernizar as finanças e reforçar setores como a agricultura e os cuidados de saúde poderia impulsionar a inclusão e a produtividade nos mercados emergentes e nas economias em desenvolvimento.** (Cazzaniga *et al*, 2024, p. 19, tradução e destaques nossos)

No tocante aos possíveis impactos previdenciários desses fenômenos no Regime Geral de Previdência Social, as contribuições dos trabalhadores estão limitadas a um teto de salários, atualmente fixado em R\$ 8.475,55 (Brasil, 2026), também aplicável ao benefício concedido aos servidores públicos vinculados a regimes próprios de previdência que ingressaram no serviço público após a instituição de regime complementar. Dessa forma, pode-se cogitar a hipótese de que eventual redução da desigualdade de rendimentos do trabalho não gere necessariamente redução na desigualdade de benefícios de forma proporcional, ao menos nos benefícios concedidos no sistema de repartição simples, caso os trabalhadores no topo dos rendimentos já tenham seus benefícios reduzidos em função de limitação ao teto.

Já um possível aumento da disparidade de riqueza, decorrente de eventual redistribuição de ganhos entre capital e trabalho, suscita diversas reflexões. Mesmo alguns estudos que demonstram certo otimismo com os efeitos da IA, especialmente a longo prazo, e que apresentam diversas ressalvas a seus impactos, admitem a possível necessidade de políticas redistributivas, além de políticas que facilitem a readaptação dos trabalhadores. Nesse sentido:

Ao mesmo tempo, **políticas proativas são necessárias para garantir que os ganhos sejam amplamente compartilhados e que os trabalhadores deslocados recebam apoio.** Se a tecnologia mudar a natureza do trabalho e interromper os sistemas tradicionais de seguro social, as políticas podem reduzir as vulnerabilidades expandindo os sistemas de proteção social. Se a tecnologia levar a uma distribuição de renda menos igualitária, as políticas serão chamadas a redistribuir a renda. Se as novas tecnologias mudarem a natureza das habilidades exigidas nos mercados de trabalho, os currículos nas escolas e universidades poderão ser adaptados e as oportunidades de aprendizagem no trabalho e ao longo da vida poderão ser promovidas (ONU, 2017, p. 2, tradução e destaques nossos).

No mesmo sentido, para Cazzaniga *et al.* (2024), embora considerem prováveis ganhos de produtividade de longo prazo, os riscos no período de transição devem demandar a adoção de soluções que mantenham a coesão social, especialmente mediante medidas que facilitem a readaptação dos trabalhadores:

**As potenciais implicações da IA exigem uma abordagem proativa por parte dos decisores políticos, orientada para a manutenção da coesão social.** Embora sejam prováveis ganhos de produtividade a longo prazo provenientes da IA, **durante a transição o deslocamento de empregos e as mudanças na distribuição de rendimentos poderão ter implicações substanciais na economia política.** A história mostra que as pressões econômicas podem levar à agitação social e à

exigência de mudanças políticas. Garantir a coesão social é fundamental. **As políticas devem promover a integração equitativa e ética da IA e formar a próxima geração de trabalhadores nessas novas tecnologias; devem também proteger e ajudar a reciclar os trabalhadores atualmente em risco de perturbações.** A natureza transfronteiriça da IA amplifica seus desafios éticos e de segurança de dados e apela à cooperação internacional para garantir uma utilização responsável, tal como recentemente estabelecido na Declaração de Bletchley, assinada por 28 países e pela UE. Os países têm capacidades variadas para resolver essas questões, o que realça a necessidade de princípios globais harmonizados e de legislação local. (Cazzaniga *et al.*, 2024, p. 23, tradução e destaques nossos)

No mesmo sentido, Ripani *et al.* (2020, p. 24) ressaltam que, para minimização dos riscos decorrentes da Quarta Revolução Industrial<sup>24</sup>, devem ser adotadas ações que permitam a identificação dos setores mais afetados pela automação, não apenas internamente, ou seja, por meio de seus efeitos domésticos, mas também em razão da adoção por outros países. Em seguida, recomendam que sejam desenvolvidos planos de carreira e de formação que permitam a adequação das habilidades dos trabalhadores e a facilitação da transição para ocupações em crescimento. Por fim, recomendam que os países acompanhem as transições dos trabalhadores, incluídos os benefícios que recebem dos serviços públicos de emprego. Nesse sentido, consideram interessante a ideia de um seguro de obsolescência, que buscaria proteger os trabalhadores, ampliando o seguro social, para cobrir a depreciação de habilidades e o financiamento da formação escolhida pelos trabalhadores, sempre que cumpram padrões de qualidade e de pertinência.

Em nossa visão, além de políticas redistributivas, podem ser necessários aprofundamentos sobre a conveniência de possíveis alterações no custeio da previdência social. A Constituição (Brasil, 1988) dispõe que a seguridade social, tripé de proteção social composto pela previdência social, saúde e assistência social, deve ser financiada por um conjunto amplo de fontes, que abarcam contribuições dos empregadores e dos trabalhadores sobre folha de salários, contribuições sobre a receita, faturamento e lucro, entre outras. Tradicionalmente, são consideradas previdenciárias as contribuições sobre a folha de salários, que são cotejadas com as despesas dos benefícios previdenciários, a fim de se averiguar o equilíbrio ou o desequilíbrio do sistema.

Eventual deslocamento da riqueza do trabalho em direção a maiores lucro ou faturamento das empresas poderia introduzir um novo elemento nos debates sobre as fontes de financiamento da previdência social. Se a arrecadação decorrente das contribuições sobre a folha de salários restar enfraquecida em detrimento da que poderia ser obtida de outras bases, como lucro ou faturamento, poderiam as contribuições sobre a folha ser substituídas por contribuições incidentes sobre outra base de cálculo, como o lucro?

24 A Quarta Revolução Industrial, baseada na Terceira (caracterizada pela eletrônica e tecnologia da informação para automatizar a produção) é marcada “por uma fusão de tecnologias que está borrando as linhas entre as esferas física, digital e biológica” (Fórum Econômico Mundial, 2016, tradução nossa).

Em princípio, essa alteração estaria vedada em nosso ordenamento jurídico, salvo por meio de alteração do texto constitucional, pois a Emenda Constitucional 103/2019 (Brasil, 2019c), proibiu novas substituições de bases de cálculo das contribuições das empresas incidentes sobre folha de pagamentos por outras bases, como faturamento.

Essa medida surgiu com o propósito de proteger as fontes de sustento da previdência social. Com exceção das hipóteses já existentes na época de sua promulgação, a medida proibiu a criação de novas autorizações legais para que as empresas pudessem contribuir mediante determinados percentuais do faturamento, em substituição à contribuição sobre a folha de salários, com alíquotas que resultavam via de regra em reduções dos montantes que seriam devidos pelas empresas – política de substituição de fontes que ficou conhecida como “desoneração da folha de pagamentos”.

Caso se confirmem as previsões sobre possível aumento das disparidades de renda em decorrência de novas tecnologias, pode-se argumentar que a finalidade de proteção às fontes de financiamento buscada pelo constituinte poderia ser alcançada, nesse novo contexto, justamente por uma substituição de base de cálculo, mas com propósito e características diferentes da política de desoneração da folha de pagamentos, ou seja, com o objetivo de preservação das fontes de custeio previdenciárias, não de redução dos encargos.

A questão merece maiores reflexões, uma vez que há outros fatores a serem considerados, como a vinculação entre benefícios e contribuições sobre a folha:

Também não se deveria perder de vista que a vinculação do financiamento da previdência com a folha de salários não é uma coincidência, mas, pelo contrário, um resultado quase natural do fato de que os valores dos benefícios que serão pagos no futuro, em geral, são calculados a partir dos salários dos trabalhadores. Nesse sentido, a contribuição previdenciária sobre a folha também é decorrente da conexão entre salários e benefícios. Outras bases, como o faturamento, geram o risco de se perder essa vinculação com o que serve como base para o cálculo dos benefícios. (Costanzi, 2023)

Tomando-se como exemplo histórico a Lei 12.546/2011 (Brasil, 2011), em sua redação original e sucessivas alterações, as contribuições substituídas foram apenas as chamadas “patronais”, mantida a contribuição dos empregados incidente sobre a folha de salários e, portanto, a base de cálculo para a concessão dos benefícios desses trabalhadores. No entanto, do ponto de vista do trabalhador, o risco de desproteção social não seria afastado, em princípio, por essa eventual alteração, em especial se não reabsorvido pelo mercado de trabalho.

Além disso, há evidente risco de distorção de nova autorização para substituição de base de cálculo com o fim de preservação de custeio da previdência, dado que, historicamente, esse mecanismo vem sendo utilizado com outro fim, qual seja, de redução dos encargos previdenciários a fim de se estimularem a manutenção de empregos e as contratações.

No mesmo contexto, é preciso levarmos em conta o risco não apenas interno de aumento da desigualdade de renda, mas também entre os países. Para Cazzaniga *et al.* (2024, p. 22),

os países de economia avançada e algumas economias de mercado emergentes estão mais expostos à IA, mas também mais bem posicionados para aproveitar a IA do que a maioria dos mercados emergentes e das economias em desenvolvimento, o que sugere “potencial alargamento da exclusão digital e da disparidade global de rendimentos”.

No tocante aos grupos que deverão ser mais impactados pela IA, há convergência entre Gmyrek *et al.* (2023) e Cazzaniga *et al.* (2024) no que diz respeito à possível exposição mais elevada dos empregos predominantemente ocupados por mulheres.

Para Gmyrek *et al.* (2023, p. 35), do total de empregos em risco nos países de renda média-alta, como o Brasil, a quantidade de empregos sob risco ocupados por mulheres (3,7%) chega a quase três vezes a quantidade de empregos ocupados por homens sob mesmo risco (1,3%). Por outro lado, a mesma pesquisa também indica que as mulheres apresentam maior percentual de empregos classificados como de potencial aumento em todos os níveis de renda.

Para os autores dessa pesquisa, esse dado indica uma oportunidade de fortalecimento feminino se a transição tecnológica for bem administrada. Nesse sentido, sugerem investimento no setor do cuidado, tradicionalmente ocupado por mulheres, que sofre com baixos investimentos. Com o envelhecimento populacional, espera-se um aumento da demanda por essas trabalhadoras, que sofrem de más condições de trabalho.

No mesmo sentido, Cazzaniga *et al.* (2024, p. 9) também ressaltam que a exposição é mais elevada para as mulheres, em razão de sua forte presença no setor dos serviços. Por outro lado, tal risco é mitigado por maior potencial de complementaridade com a IA entre as mulheres, do que concluem que estas enfrentam maiores riscos e gozam de maiores oportunidades.

Nesse contexto, no Brasil, a legislação previdenciária tradicionalmente estabelece requisitos diferenciados para a aposentadoria programada das mulheres. Até 2019, as mulheres faziam jus, via de regra, a uma redução de cinco anos no tempo de contribuição e na idade para a concessão da aposentadoria.

A Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 6/2019 (Brasil, 2019a), buscou, ao menos nas regras permanentes, a extinção dessa diferenciação na idade, remetendo a definição do tempo mínimo de contribuição às normas transitórias, com os seguintes argumentos:

25. Mudanças na sociedade. Vivenciamos tipos simultâneos de transição: demográfica, caracterizada por baixas taxas de mortalidade, diminuição da fecundidade e esperança de vida mais longa, resultando no processo acelerado de envelhecimento populacional; e socioeconômica (caracterizada pelas mudanças nas relações de mercado de trabalho, novos arranjos familiares, mudança de valores, **melhora da inserção da mulher no mundo laboral** e revolução tecnológica com substituição de postos de trabalho que exigem menor qualificação ou maior esforço físico por novas tecnologias como, por exemplo, a mecanização na agricultura). (destaques nossos)

A proposta foi aprovada com modificações, como Emenda Constitucional 103/2019 (Brasil, 2019c), que reduziu a diferença na idade mínima entre homens e mulheres de cinco para

três anos na concessão de aposentadoria. Dessa forma, os homens podem se aposentar, na regra permanente, com 65 anos de idade e as mulheres com 62 anos. O tempo de contribuição para aqueles que ingressaram no RGPS após a publicação da EC 103/2019, foi fixado em 15 anos para mulheres e 20 anos para homens.

Nas audiências públicas realizadas com o objetivo de subsidiar a apreciação da proposta, foram levantadas questões relativas às diferenças de taxa de desemprego entre homens e mulheres, bem como o maior encargo de cuidados familiares atribuídos às mulheres em relação aos homens. Vale ressaltar, entre outras, a seguinte síntese de exposição apresentada à comissão especial designada para apreciar a PEC, conforme voto do relator apresentado à referida comissão (BRASIL, 2019c):

Joana Mostafa

A expositora trouxe alguns dados sobre o mercado de trabalho. Segundo ela, a taxa de desemprego masculina foi de 10% no quarto trimestre de 2018, e a das mulheres, de 13,4%, uma diferença de 35% a mais. Os salários são 29% menores, em média. Apontou que hoje, no Brasil, 85% das pessoas com deficiência são cuidadas por mulheres; 75% dos idosos que necessitam de cuidado estão sob responsabilidade de mulheres.

Na aposentadoria por tempo de contribuição, em que a pessoa precisa ficar ao longo de uma vida inteira contribuindo, as mulheres representam apenas 38%. Nas aposentadorias por idade, 62% são concedidas às mulheres. No regime rural, 56% das aposentadorias por idade rural são de mulheres. De acordo com ela, portanto, a aposentadoria por idade é a chance que a previdência tem de incluir mulheres.

Por um lado, as pesquisas citadas indicam que as mulheres ocupam fração maior de empregos em risco que os homens, o que poderia dificultar uma aproximação maior entre as regras aplicáveis a homens e a mulheres. Por outro lado, a pesquisa de Gmyrek *et al.* (2023, p. 35) também indica que as mulheres apresentam maior percentual de empregos classificados como de potencial aumento em todos os níveis de renda, o que pode indicar uma possibilidade de fortalecimento do emprego feminino.

Ressalte-se, ainda, que outro ponto de atenção para a previdência apresentado por Gmyrek *et al.* (2023, p. 39) diz respeito ao próprio desenvolvimento da IA, que, em muitos casos, depende de trabalho humano repetitivo na execução de pequenas tarefas (microtarefas), muitas vezes obtido por meio de contratos civis, sem proteções trabalhista e previdenciária.

Gmyrek *et al.* (2023, p. 40) destacam também o problema da chamada gestão algorítmica, não só em aplicativos, mas também em outros setores econômicos, como armazéns e outras indústrias *off-line*, nas quais trabalhos humanos são atribuídos, otimizados e avaliados, com definição do ritmo de trabalho, por meio de algoritmos.

Dessa forma, para Gmyrek *et al.* (2023, p. 38), é importante que os trabalhadores sejam ouvidos a respeito da forma de implementação de tecnologias, como a IA, bem como de normas que regulem a aplicação dessa tecnologia no mercado de trabalho, que levem em conta a disparidade de poder entre empregados e empregadores.

A questão merece ser aprofundada, em nossa visão, em estudos específicos sobre o tema, em razão dos possíveis efeitos dessa forma de gestão sobre a saúde física e mental, bem como seus impactos sobre a previdência social, em especial sobre a concessão de benefícios por incapacidade.

## 5. CONCLUSÃO

O desafio do tratamento dos impactos da IA e da automação sobre a previdência soma as dificuldades inerentes à já difícil trajetória de desequilíbrio entre receitas e despesas previdenciárias às incertezas decorrentes da correta compreensão do fenômeno, em desenvolvimento, da integração de novas tecnologias ao sistema de produção.

Os estudos analisados lançam luzes sobre os caminhos que se descortinam não só para o Brasil, mas para a humanidade, o que permite, em tese, um grau de reflexão e planejamento que outros grandes desafios não proporcionaram, como no caso da pandemia do coronavírus causador da Covid-19, que demandou a adoção de rápidas soluções políticas para o desafio do sustento das famílias privadas da renda, em função das medidas de isolamento social que se fizeram necessárias.

No caso da IA e de outras formas de automação, por outro lado, há grande grau de incerteza sobre os cenários mais prováveis. Como admitem alguns autores, os impactos da IA sobre o mercado de trabalho são de difícil previsão, comparando-se a outras revoluções tecnológicas: “As implicações exatas da IA para as economias e as sociedades são difíceis de prever, incorporando um nível de incerteza que lembra as introduções anteriores de tecnologias de uso geral, como a eletricidade” (Cazzaniga *et al.*, 2024, p. 22).

Diversos fatores podem interferir na concretização de cenários de desemprego, como: se de fato as tecnologias serão adotadas; os impactos internos e os reflexos da adoção em outros países; quão complementares serão as tecnologias adotadas; se serão adotadas medidas que facilitem a transição dos trabalhadores atingidos para profissões que eventualmente estejam em crescimento, entre outros.

Há, ainda, limitações metodológicas em algumas pesquisas que, em tese, impossibilitariam a captação de fenômenos relevantes, que poderiam impactar as previsões de impacto. Na pesquisa de Gmyrek *et al.* (2023, p. 1), por exemplo, a metodologia utilizada baseia-se no máximo que as capacidades tecnológicas poderiam fornecer no momento em que a pesquisa foi realizada, o que pode não ocorrer em países pobres, com limitações de infraestrutura. Leva-se em conta, ainda, que é utilizado o GPT-4 para a previsão de pontuações, o que tende a levar a um otimismo tecnológico que pode ser difícil de se operacionalizar. Além disso, esse estudo não procurou levar em conta a criação de possíveis novas ocupações.

É natural que exista preocupação sobre os efeitos das tecnologias e se, de fato, poderá haver uma situação de desemprego em massa, como já ocorreu em outros momentos históricos, com episódios de “ansiedade generalizada” a respeito dos efeitos destrutivos de empregos das tecnologias (ONU, 2017, p. 3).

Contudo, é importante ressaltarmos, na linha de argumento defendido pela ONU (2017, p. 1), a importância da adoção de novas tecnologias para o progresso tecnológico, o crescimento econômico e a melhora dos padrões de vida a longo prazo, por meio do aumento da produtividade, da renda e do consumo. No caso da IA, sua capacidade de resolução autônoma de problemas complexos é vista como meio capaz de possivelmente remodelar a economia e a sociedade, em diversas áreas, como tecnologia digital, biotecnologia e nanotecnologia, graças ao “aumento do poder computacional com custos decrescentes, conjuntos de dados em rápido crescimento e avanços nos algoritmos de ‘aprendizagem profunda’” (ONU, 2017, p. 5). Ainda assim, políticas públicas podem se fazer necessárias a fim de amenizar os riscos no período de transição e manter a coesão social, especialmente mediante medidas que facilitem a readaptação dos trabalhadores. Além disso, as transformações tecnológicas podem gerar impactos importantes na produção global, o que reforça a importância de que esses ganhos não fiquem limitados aos países desenvolvidos, mas também beneficiem os países em desenvolvimento, com importantes repercussões na capacidade de a previdência social oferecer benefícios dignos, pois “deve-se ter clareza que a construção de melhores sistemas de previdência depende de melhores mercados de trabalho, com menor nível de informalidade, maiores níveis de rendimentos e ganhos de produtividade” (Costanzi, 2023).

## REFERÊNCIAS

- ARNTZ, Melanie, GREGORY, Terry; ZIERAHN, Ulrich. The risk of automation for jobs in OECD countries. **OECD Social, Employment and Migration Working Papers**, n. 189. Paris: OECD Publishing, 2016. Disponível em: [https://www.oecd.org/en/publications/the-risk-of-automation-for-jobs-in-oecd-countries\\_5jlz9h56dvq7-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/the-risk-of-automation-for-jobs-in-oecd-countries_5jlz9h56dvq7-en.html). Acesso em: 12 mar. 2025.
- BRASIL. Presidência da República. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 18 mar. 2025.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 12.546, de 14 de dezembro de 2011**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12546.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12546.htm). Acesso em: 19 mar. 2025.
- BRASIL. Poder Executivo. **Proposta de Emenda à Constituição n. 6, de 2019a**. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2192459>. Acesso em: 18 mar. 2025.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. Comissão Especial destinada a proferir parecer à Proposta de Emenda à Constituição nº 6, de 2019. **Parecer do Relator, Dep. Samuel Moreira, à Proposta de Emenda à Constituição nº 6, de 2019**. Brasília, DF, 13 jun. 2019b. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1764444&filename=PRL+2+PEC00619+%3D%3E+PEC+6/2019](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1764444&filename=PRL+2+PEC00619+%3D%3E+PEC+6/2019). Acesso em: 18 mar. 2026.
- BRASIL. Presidência da República. **Emenda Constitucional nº 103, de 12 de novembro de 2019c**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/emendas/emc/emc103.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc103.htm). Acesso em: 18 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. Secretaria de Regime Geral de Previdência Social. **Boletim Estatístico da Previdência Social**, nov. 2024a, vol. 29, n. 11. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/Dados-estatisticos-previdencia-social-e-inss/boletins-da-previdencia-social>. Acesso em: 18 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. Secretaria de Regime Geral de Previdência Social. **Anuário Estatístico Da Previdência Social: AEPS 2023**. Atual. 9 dez. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/Dados-estatisticos-previdencia-social-e-inss/boletins-da-previdencia-social>. Acesso em: 18 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. Ministério da Fazenda. **Portaria Interministerial MPS/MF n. 13, de 9 de janeiro de 2026**. Disponível em: <https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/rpps/documentos/PortariaInterministerialMPSMF13de9dejaneirode2026.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2026.

CAZZANIGA, Mauro [*et al.*]. **Gen-AI**: artificial intelligence and the future of work. IMF Staff Discussion Note. SDN2024/0001. Washington: Fundo Monetário Internacional, 2024. Disponível em: <https://www.imf.org/en/Publications/Staff-Discussion-Notes/Issues/2024/01/14/Gen-AI-Artificial-Intelligence-and-the-Future-of-Work-542379>. Acesso em: 7 fev. 2025.

COSTANZI, Rogério Nagamine. **Desafios das políticas públicas de previdência social**. Brasília: Associação Nacional dos Especialistas em Políticas Públicas e Gestão Governamental (Anesp), 2023. Disponível em: <https://anesp.org.br/todas-as-noticias/desafios-das-polticas-pblicas-de-previdncia-social>. Acesso em: 18 mar. 2025.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **The Fourth Industrial Revolution**: what it means, how to respond. Disponível em: <https://www.weforum.org/stories/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>. Acesso em: 24 abr. 2025.

FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael A. **The future of employment**: how susceptible are jobs to computerization? Oxford: University of Oxford, 2013. Disponível em: [https://oms-www.files.svdcdn.com/production/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](https://oms-www.files.svdcdn.com/production/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf). Acesso em: 7 fev. 2025.

GMYREK, Paweł; BERG, Janine; BESCOND, David. Generative AI and jobs: a global analysis of potential effects on job quantity and quality. **ILO Working Paper**, [s. l.], n. 96. Genebra: Organização Internacional do Trabalho, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.54394/FHEM8239>. Acesso em: 7 fev. 2025.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Jobs lost, jobs gained**: workforce transitions in a time of automation – Executive Summary. New Jersey: Mckinsey&Company, 2017. Disponível em: [https://www.mckinsey.com/~/\\_media/mckinsey/industries/public%20and%20social%20sector/our%20insights/what%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/mgi-jobs-lost-jobs-gained-executive-summary-december-6-2017.pdf](https://www.mckinsey.com/~/_media/mckinsey/industries/public%20and%20social%20sector/our%20insights/what%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/mgi-jobs-lost-jobs-gained-executive-summary-december-6-2017.pdf). Acesso em: 12 mar. 2025.

OPENAI. GPT-4. 2023. Disponível em: <https://openai.com/pt-BR/index/GPT-4-research/>. Acesso em: 25 fev. 2026.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais.

**The impact of the technological revolution on labour markets and income distribution,**

2017. Disponível em: [https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/publication/2017\\_Aug\\_Frontier-Issues-1.pdf](https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/publication/2017_Aug_Frontier-Issues-1.pdf). Acesso em: 19 set. 2024.

RIPANI, Laura *et al.* **El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe: ¿Cuál es el impacto de la automatización en el empleo y los salarios?** Washington: Banco Interamericano de Desarrollo, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18235/0002960>. Acesso em: 5 mar. 2025.

# Educação, inteligência artificial generativa e trabalho docente: questões, práticas e desafios

Renato S. P. Gilioli<sup>25</sup>

Cintia Silva<sup>26</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Em um mundo em constante transformação, a educação precisa adaptar-se às necessidades emergentes do estudante, o que se aplica adaptar-se também à ferramenta representada pela Inteligência Artificial Generativa (IAG). A educação escolar é chamada a incorporar tecnologias que atendam às novas demandas dos alunos e que promova um aprendizado relevante e significativo. Assim, o uso de tecnologias IAG na educação pode representar oportunidade para se repensarem abordagens pedagógicas tradicionais, bem como aponta para a necessidade do desenvolvimento de novas competências dos profissionais da educação.

Neste texto objetivamos analisar potencialidades e desafios do uso da IAG na educação, em especial na formação e no trabalho docente. Para tanto, recuperamos conceitos de inteligência artificial (IA) e sua inserção no âmbito mais amplo das tecnologias da informação e da comunicação (TIC), em especial aplicadas ao ensino e à aprendizagem. Abordamos formação (inicial e continuada) e as práticas docentes na contemporaneidade, bem como sua interação com as tecnologias. Por fim, discutimos as relações entre IAG, *design* educacional e a aplicação prática da IAG sob a forma de sistemas tutores inteligentes (STI). Nesse sentido, quais são os limites e possibilidades de a IAG alterar as dinâmicas do trabalho docente em sala de aula? Como a IAG se inserirá de forma crítica e eficaz na formação e na prática docente, assim como no aprendizado dos alunos?

## 2. A IA NO ÂMBITO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E DA COMUNICAÇÃO E A IAG

IA é um conceito que remonta ao menos à década de 1950, e consiste em um arco de diversas definições possíveis.

---

25 Consultor legislativo da área XV, Educação, Cultura e Desporto.

26 Consultora legislativa da área XV, Educação, Cultura e Desporto.

Em 1956, o termo “inteligência artificial” foi cunhado por John McCarthy, durante a Conferência de Dartmouth, que é frequentemente citada como o ponto de partida oficial da IA como disciplina acadêmica. Durante essa conferência, pesquisadores como Marvin Minsky, Allen Newell e Herbert A. Simon discutiram a possibilidade de criar máquinas que pudessem simular processos de pensamento humano. (Farias *et al.*, 2024, p. 33)<sup>27</sup>

Como referencial para apresentar conceitos relacionados à IA, adotamos o elenco apresentado em Shimisaki *et al.* (2023), para os quais IA consiste em

[...] automação de atividades que consideramos como pensamento humano, incluindo tomada de decisões, resolução de problemas e aprendizado [...]; tentativa de fazer os computadores pensarem e refere-se a máquinas com mentes no sentido literal [...]; arte de criar máquinas que executam funções que, se feitas por humanos, exigiria inteligência [...]; capacidade de computadores realizarem tarefas que atualmente são melhor executadas por pessoas [...]; estudo do projeto de agentes inteligentes, onde a ênfase é na ação e comportamento racional [...]; desempenho inteligente de artefatos, focando nos resultados e na eficácia da ação [...]. (2023, p. 508 e 509).

Nos termos de Oliveira *et al.* (2024):

a inteligência artificial (IA) refere-se a sistemas computacionais capazes de simular habilidades cognitivas humanas, como aprendizado, raciocínio e tomada de decisões. Esses sistemas podem analisar dados, identificar padrões e aprender com a experiência para melhorar seu desempenho ao longo do tempo.

Para Silva *et al.*, “a Inteligência Artificial (IA) é um campo da ciência da computação que se concentra no desenvolvimento de sistemas capazes de realizar tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana” (2024, p. 10). Mais adiante, os autores esclarecem, também, que “a capacidade dos sistemas de IA em simular processos cognitivos humanos, como o raciocínio lógico e a resolução de problemas complexos, é um aspecto crucial dos conceitos básicos da IA” (Silva *et al.*, 2024, p. 10).

Por sua vez, de acordo com Sidinei Faria *et al.*:

A década de 1990 marcou um período de revitalização para a IA, com avanços significativos em algoritmos e técnicas de aprendizado de máquina. O desenvolvimento de algoritmos mais eficientes e a disponibilidade crescente de dados e poder computacional permitiram que os sistemas de IA alcançassem novos níveis de desempenho. Em 1997, a IA alcançou um marco importante com a vitória do programa de xadrez da IBM, Deep Blue, sobre o campeão mundial Garry Kasparov. (Farias *et al.*, 2024, p. 34)

Destacamos, ainda, a conceituação da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e adotada pelo governo federal, no documento *Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial* (Brasil, 2021). Para a OCDE,

---

27 Sobre a temática, ver também Nascimento (2024, p. 18).

[...] “um sistema de IA é um sistema baseado em máquina que pode, para um determinado conjunto de objetivos definidos pelo homem, fazer previsões, recomendações ou tomar decisões que influenciam ambientes reais ou virtuais. Os sistemas de IA são projetados para operar com vários níveis de autonomia”. Ainda conforme a OCDE, um sistema de IA consiste em três elementos principais: sensores, lógica operacional e atuadores. Os sensores coletam dados brutos do ambiente, processados pela lógica operacional para fornecer saídas para os atuadores, que por sua vez agem para alterar o estado do ambiente. Este ciclo é repetido inúmeras vezes, e como o ambiente é alterado pelo sistema de IA, a cada ciclo a lógica operacional pode ser aperfeiçoada. (Brasil, 2021, p. 8)

O avanço tecnológico no campo da IA foi bastante acelerado:

O início do século XXI trouxe uma nova era para a IA, marcada pelo crescimento exponencial do aprendizado de máquina e, especialmente, do aprendizado profundo (*deep learning*). O aprendizado profundo, que utiliza redes neurais artificiais com múltiplas camadas (redes neurais profundas), permitiu avanços significativos em tarefas como reconhecimento de imagem, processamento de linguagem natural e tradução automática. Em 2012, um modelo de aprendizado profundo desenvolvido pela equipe de Geoffrey Hinton venceu a competição ImageNet, demonstrando a superioridade das técnicas de aprendizado profundo em comparação com abordagens anteriores. (Farias *et al.*, 2024, p. 34)

Um dos marcos desse avanço foi a abertura do ChatGPT em 2022:

Em novembro de 2022 houve uma certa euforia e também assombro quando a empresa OpenAI abriu, para acesso ao público, a sua inteligência artificial denominada ChatGPT. Trata-se de uma IA generativa, ou seja, que é capaz de produzir conteúdo a partir de uma imensa base de dados distribuída pela Internet ou localmente. Esta produção, apesar de ser aparentemente autoral, por não ser detectável em termos de plágio ou cópia, funciona sob uma lógica computacional denominada modelagem de linguagem, na qual o computador, depois de terem sido inseridos os parâmetros de pesquisa, gera uma resposta prevendo os textos e palavras seguintes a partir de sua ampla base de dados e aprendizagens realizadas. (Arruda, 2024, p. 1)

Quando nos referimos à IA, contemporaneamente, o foco incide especialmente sobre a IAG, na qual a máquina é alimentada com informações e algoritmos (tal como em qualquer IA), mas faz uso dessas variáveis para a elaboração **intensiva e em larga escala** – o que constitui distinção da produção anterior a ela – de conteúdos diversos, entre os quais textos e expressões audiovisuais, bem como para a interação com humanos.

Um dos principais conceitos na IA é o de algoritmos, que são sequências de instruções utilizadas para resolver problemas ou executar tarefas específicas. Esses algoritmos são a base para o funcionamento dos sistemas de IA, permitindo que eles processem dados, aprendam com exemplos e tomem decisões.

Outro conceito importante é o de aprendizado de máquina, uma subárea da IA que se concentra no desenvolvimento de algoritmos capazes de aprender a partir dos dados. O aprendizado de máquina permite que os sistemas de IA melhorem seu

desempenho ao longo do tempo, ajustando seus modelos com base nas informações recebidas. (Silva *et al.*, 2024, p. 10)

De forma similar à IA “tradicional”, a IA generativa não produz nada de maneira “espontânea”: é programada e alimentada com informações criadas e expressões fornecidas por seres humanos, as quais são processadas em altas taxas de velocidade e com crescente sofisticação, por vezes dando a impressão de serem similares às criações humanas *stricto sensu*.

É necessário questionarmos em que medida a IA generativa incide apenas sobre tarefas operacionais e manuais ou se interfere no próprio ato criativo humano, tendo em vista que os algoritmos que a programam podem impor contornos específicos e predeterminados e restringir uma diversidade de outras ideias possíveis. Nesse contexto, emerge a preocupação com o chamado preconceito algorítmico, uma vez que os resultados gerados pelas IAG dependem diretamente dos dados utilizados para o treinamento dos algoritmos e, portanto, os vieses presentes nesses dados podem ser replicados e reproduzir desigualdades, preconceitos e discursos discriminatórios. Reflexão acerca da temática consta na obra *Racismo algorítmico: inteligência artificial e discriminação nas redes digitais* (Silva, 2022).

É por essa razão que qualquer consideração sobre IAG deve ter como marco a seguinte reflexão:

Toda proposição tecnológica emerge como um resultado do desenvolvimento histórico e social, essencialmente manifestando-se como uma ferramenta concebida para resolver questões específicas de um dado período e contexto [...]. A IA, portanto, não foge a esta regra. A perspectiva histórica da tecnologia deixa clara, também, a não neutralidade dessas ferramentas. Elas representam o produto de um determinado contexto e, assim sendo, carregam diversos pressupostos, conceitos e vieses inerentes aos seres humanos. (Durso, 2024, p. 4)

A noção de não neutralidade de qualquer tecnologia, incluída a IAG, é um elemento fundamental para sua compreensão e regulação, mesmo para sua aplicação como ferramenta educacional.

### 3. A IAG NO ENSINO E NA PESQUISA: QUESTÕES ÉTICAS E PRÁTICAS

Nos últimos anos, o que tem ocorrido é a aplicação de máquinas de IA em todos os campos da vida, desde a ciência até o entretenimento. Um propósito comum, no caso da IAG, quando aplicada às ciências, é usá-la para criar, aperfeiçoar, visualizar e operacionalizar modelos (teóricos e práticos), com sua integração entre dados e variáveis, que possam contribuir para responder às problematizações criadas no âmbito das investigações científicas. Do ponto de vista curricular, cursos superiores completos de graduação e de pós-graduação *lato sensu* e disciplinas em outros cursos que tratam da temática inteligência artificial têm sido disponibilizados pelas instituições de ensino superior.

No entanto, no campo da modelagem de pesquisas, com ou sem uso da IAG, o fundamental para uma investigação científica é fazer boas e relevantes perguntas para o desenvolvimento da ciência e das sociedades, trabalho insubstituível de seres humanos. Sem uma boa

pergunta de pesquisa e de atuação docente, a IAG pouco pode auxiliar os pesquisadores e professores a obterem melhores desempenhos. Após as perguntas bem elaboradas, também o processamento das informações feito pela IAG precisa ser analisado pelo pesquisador ou pelo professor para que as informações, dados e metodologias trabalhados possam se converter em evidências científicas, hipóteses, propostas de inovação tecnológica, compreensão de fenômenos sociais e naturais e outras dimensões do trabalho científico ou docente.

O acesso às IAG mais sofisticadas (não apenas as aplicações gratuitas ou com valores reduzidos) também se apresenta como desafio, na medida em que uma função das instituições de ensino pode ser disponibilizar esse acesso, bem como a formação para o uso das melhores IAG sobretudo para os docentes e, na medida do possível, para os estudantes. Nesse sentido, a intencionalidade pedagógica é um elemento central no uso das IAG na educação: o que se deseja que o estudante aprenda? Sem que essa pergunta seja anteriormente respondida, não há como se pensar o uso das IAG, o que vale, aliás, para qualquer ferramenta educacional.

Além de alinhada aos objetivos educacionais, a intencionalidade pedagógica deve estar comprometida com o uso crítico e ético das IAG, a fim de preservar a essência da educação que é a relação humana, sendo o papel do professor, portanto, insubstituível: “os professores continuarão a ser fundamentais como mentores, facilitadores e orientadores do aprendizado dos alunos. Eles serão responsáveis por projetar experiências de aprendizado significativas” (Oliveira *et al.*, 2024). Ainda assim, “a IA permite automatizar processos, analisar grandes volumes de dados e criar soluções adaptadas, transformando não apenas o aprendizado, mas também a maneira como professores e alunos interagem” (Oliveira *et al.*, 2024). Nesse sentido, a relação entre docente e estudante em um processo pedagógico no qual a IAG é um componente adquire novos contornos e sentidos, com potencialidades e desafios.

Outro aspecto a ser considerado de maneira permanente é a garantia da proteção dos dados pessoais – regulada, no Brasil, pela Lei 13.709/2018, Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) – e da privacidade de docentes e estudantes. “É essencial garantir que os sistemas de IA estejam em conformidade com regulamentações de proteção de dados e que os alunos tenham controle sobre suas informações pessoais” (Oliveira *et al.*, 2024). Por vezes, as IAG não cumprem os requisitos mínimos de proteção de dados de professores e alunos, entre outros integrantes das comunidades escolares, de modo que o uso não criterioso de IAG no processo pedagógico está exposto aos riscos inerentes a como as informações são obtidas, armazenadas, protegidas e utilizadas. A coleta de dados de alunos deve ser cuidadosa, de modo a não invadir a privacidade do estudante – e também do próprio docente, na medida em que a IAG coleta muitos dados sobre o perfil desse profissional.

Ademais, há a questão dos direitos autorais: muitos aplicativos de IAG fazem uso de bases de dados para emitir as respostas, frequentemente apenas copiando informações e partes de obras protegidas por direitos autorais, sem fazer a devida citação. Do mesmo modo, as criações dos docentes, igualmente objeto de proteção da propriedade intelectual, não devem ser desrespeitadas em sua autoria original – sob o manto da “criação colaborativa” ou de noções congêneres, e o algoritmo da máquina deve ser adequadamente programado para não recair no desrespeito à própria autonomia docente.

Por essa razão, há riscos e necessidades de aperfeiçoamento da IAG para que essa ferramenta não crie dificuldades em vez de ser facilitadora do processo de ensino e aprendizagem. Nunca é demais destacar que o art. 206 da Constituição Federal de 1988 determina que o ensino será ministrado com base em uma série de princípios, entre os quais, “II – liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar o pensamento, a arte e o saber; III – pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas”. A velocidade da máquina, a economia de tarefas e, principalmente, os vieses dos algoritmos não podem, sob pena de descumprir o preceito constitucional, ferir a liberdade do docente (de ensinar) e do discente (de aprender e elaborar interpretações de forma diversa, livre e não condicionada a parametrizações pre-determinadas por máquinas), bem como não tolher o aprendizado, a prática da pesquisa e da difusão plural de saberes.

O documento governamental *Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial* propugna o equilíbrio regulatório:

No centro de tais debates encontra-se a preocupação em estabelecer um ponto de equilíbrio entre: (i) a proteção e a salvaguarda de direitos, inclusive aqueles associados à proteção de dados pessoais e à prevenção de discriminação e vies algorítmico; (ii) a preservação de estruturas adequadas de incentivo ao desenvolvimento de uma tecnologia cujas potencialidades ainda não foram plenamente compreendidas; e (iii) o estabelecimento de parâmetros legais que confirmem segurança jurídica quanto à responsabilidade dos diferentes atores que participam da cadeia de valor de sistemas autônomos. (Brasil, 2021, p. 16)

Especificamente no que se refere aos algoritmos, a transparência e a auditabilidade em sua estruturação e aplicação são essenciais, pois estes

[...] podem ser influenciados por preconceitos inconscientes [e, cabe acrescentarmos à citação: a preconceitos e valores nem tão inconscientes assim] presentes nos dados utilizados para treiná-los, o que pode resultar em decisões ou recomendações discriminatórias. É crucial implementar práticas de desenvolvimento de IA éticas e transparentes para mitigar esse problema e garantir que o uso da IA na educação seja justo e equitativo para todos os alunos. (Oliveira *et al.*, 2024)

Para tanto, é necessário “divulgar como os algoritmos de IA são desenvolvidos, treinados e utilizados, bem como garantir que os alunos e educadores entendam claramente como a IA está impactando seu aprendizado e ensino” (Oliveira *et al.*, 2024). Igualmente,

Os sistemas de IA devem ser projetados para reduzir disparidades e promover oportunidades iguais para todos os alunos, independentemente de sua origem socioeconômica, raça, gênero ou habilidades. Isso envolve eliminar vies algorítmico nos sistemas de IA e garantir que todos os alunos tenham acesso igualitário aos recursos educacionais impulsionados pela IA. (Oliveira *et al.*, 2024)

Nessa linha de questionamentos, Silva *et al.* alertam: “Quem deve ser responsabilizado em caso de erros ou decisões prejudiciais causadas por algoritmos de IA? Como atribuir responsabilidades quando as decisões são tomadas por sistemas automatizados?” (2024, p. 33).

A responsabilização das empresas que fornecem ferramentas baseadas na IAG, o acesso aberto aos algoritmos e uma regulação rigorosa dessa estrutura são fundamentais.

Outro ponto importante é a necessidade de atualização constante das práticas de segurança cibernética. Com o aumento das ameaças virtuais, as instituições educacionais devem investir em tecnologias avançadas de proteção de dados e capacitar seus profissionais para lidar com possíveis incidentes de segurança. (Silva *et al.*, 2024, p. 38)

Outros usos da IA generativa envolvem, também, a busca de um processo pedagógico específico para pessoas com deficiência (PCD), que pode proporcionar acessibilidade e inclusão com auxílio de tutores virtuais. De fato, “por meio de tecnologias como reconhecimento de voz, legendas automáticas e tradução em tempo real, a IA torna o aprendizado mais acessível para todos os estudantes, independentemente de suas limitações” (Silva *et al.*, 2024, p. 43).

De acordo com Eduardo Zanini, diretor da Geekie, empresa que oferece suporte pedagógico a escolas para uso de tecnologias, entre as quais recursos de IAG, para oferecer, segundo a descrição de seu sítio, educação personalizada e inteligência de dados aplicada ao ensino e à aprendizagem:

No contexto das neurodivergências, por exemplo, a IA generativa possibilita que o aluno tenha o conteúdo que precisa para avançar dentro das suas possibilidades. “Quando você vai fazer uma atividade de inclusão, é para o Lucas que tem TEA (Transtorno do Espectro Autista) e hiperfoco em animais. Daí, você gera uma questão com enunciado objetivo, imagem, poucas alternativas”. (Balmant, 2024b).

Para Silva *et al.*,

a personalização do ensino com IA também contribui para uma educação mais inclusiva e acessível. Ao adaptar o conteúdo educacional às necessidades específicas de cada aluno, independentemente de suas habilidades ou limitações, as tecnologias baseadas em IA garantem que todos os estudantes tenham oportunidades iguais de aprendizado e desenvolvimento. (2024, p. 17)

#### **4. FORMAÇÃO E PRÁTICA DOCENTE NO SÉCULO XXI: PERSPECTIVAS OFERECIDAS PELA IAG**

A Lei 14.533/2023, que instituiu a Política Nacional de Educação Digital (PNED), reflete a importância da formação inicial e continuada de professores para assegurar o desenvolvimento de competências digitais na educação. A PNED busca aprimorar políticas públicas para ampliar o acesso da população brasileira a recursos, ferramentas e práticas digitais, com prioridade às populações vulneráveis por meio da articulação entre programas, projetos e ações de diferentes níveis e setores governamentais. Organizada em quatro eixos estruturantes: inclusão digital, educação digital escolar, capacitação e especialização digital, e pesquisa e desenvolvimento (P&D) em TIC, a norma prevê que:

Art. 3º[...]

§ 1º Constituem estratégias prioritárias do eixo Educação Digital Escolar:

[...]

IX – promoção da formação inicial de professores da educação básica e da educação superior em competências digitais ligadas à cidadania digital e à capacidade de uso de tecnologia, independentemente de sua área de formação;

X – promoção de tecnologias digitais como ferramenta e conteúdo programático dos cursos de formação continuada de gestores e profissionais da educação de todos os níveis e modalidades de ensino.

Art. 4º [...]

§ 1º Constituem estratégias prioritárias do eixo Capacitação e Especialização Digital:  
[...]

VIII – promoção de ações para formação de professores com enfoque nos fundamentos da computação e em tecnologias emergentes e inovadoras;

Alinhada a tendências inovadoras no contexto educacional mundial, a proposta da Lei 14.533/2023 é preparar os cidadãos para um mundo em constante evolução tecnológica e com novas demandas de competências.

O estudo *A formação continuada dos professores e a política nacional de educação digital* (Turchi, Codes e Araújo, 2024), desenvolvido pelo Ipea, apresenta um panorama dos desafios estruturais e formativos a serem enfrentados para a efetivação da PNED, que ainda se encontra em fase de regulamentação. Além das desigualdades regionais, nas dimensões social, econômica e de infraestrutura tecnológica, o documento aponta que as experiências de formação de professores sobre tecnologias digitais também são muito diversas, em qualidade e abrangência. Nesse sentido, os autores defendem a necessidade de se repensarem estratégias de formação mais amplas e integradas às políticas educacionais nacionais.

Do lado da realidade prática, a lei vai encontrar uma diversidade de situações no território nacional – e, como as evidências internacionais apontam, não há uma única solução, modelo de estratégia ou política de inclusão digital. Seria utópico almejar uma “uniformidade” em termos de condições de digitalização no país, haja vista a variedade de experiências e a inexistência de um caminho único, constatadas em diferentes países. Mas trabalhar pela redução de desigualdades é possível e desejável chamando atenção para a “convergência na literatura acerca da pouca eficácia de cursos esporádicos sem orientação definida pela política educacional do país”. (Turchi, Codes e Araújo, 2024, p. 16)

A formação docente no contexto da educação digital, portanto, precisa considerar as diversas realidades brasileiras. Ademais, deve estar alinhada às demandas das práticas digitais e das tecnologias emergentes, incluídas as IAG, enquanto ações estruturadas nos sistemas de ensino e conectadas às exigências do século XXI.

Se, por um lado, os desafios relacionados às necessidades formativas dos docentes frente às mudanças tecnológicas são vastos e complexos, por outro, podemos considerar as tecnologias como produtos de uma sociedade e de uma cultura, criadas e reinterpretadas durante os diferentes usos pelo homem, como propõe Pierre Levy (2010), ou seja, como processo socio-técnico, histórico e culturalmente situado, a IAG no contexto educacional é constantemente

ressignificada ao mesmo tempo em que reconfigura práticas pedagógicas e impõe novas demandas à formação docente.

Em 2023, o estudo *Inteligência artificial aplicada à educação profissional e tecnológica* (Brasil, MEC; GIZ-GMBH; Senai, 2023)<sup>28</sup> buscou fomentar o diálogo sobre as potencialidades do uso de tecnologias educacionais baseadas em IA. O trabalho incluiu o mapeamento e a seleção de ferramentas voltadas para atividades pedagógicas não presenciais, além da realização de um *workshop* com professores e gestores de instituições de educação profissional e tecnológica (EPT). O objetivo do *workshop* foi avaliar as tecnologias que melhor atenderiam às necessidades dos estudantes e docentes, considerando-se contextos regionais e educacionais. Entre as ferramentas analisadas estavam os *chatbots*, as plataformas de escrita de redações, os aplicativos de treinamento personalizado, os tutores inteligentes, dentre outras, destacando-se, na avaliação dos profissionais participantes, o ChatGPT, e o EssayAILab, *chatbot* projetado para sugerir trechos ou parágrafos em redações, ajustando-se a gramática e o plágio.

Ao final do evento, alguns participantes levantaram questões importantes a serem consideradas quanto à introdução de ferramentas de IAG e outras ferramentas na educação, como: a importância de se discutir o uso da IAG e se conhecerem as funcionalidades das ferramentas; a necessidade do desenvolvimento de "nova didática" para uso pedagógico da IAG em ambientes virtuais de ensino; a oferta de orientações específicas para docentes e estudantes e no letramento digital; a importância da acessibilidade tecnológica e a urgência de regulamentação sobre uso da IAG na EPT, a fim de garantir que sua aplicação seja ética, segura e alinhada às diretrizes educacionais nacionais. De forma geral, reforçou-se o entendimento de que, embora a IAG apresente significativo potencial transformador, o papel do professor permanece indispensável na mediação do processo de aprendizagem.

No que diz respeito à prática dos profissionais da educação, apesar de a tecnologia ser bem-vinda pela maioria, ainda é relativamente subutilizada na área, conforme constata o seguinte levantamento:

[...] Uma pesquisa do Instituto Simesp, realizada com 444 professores da educação básica em março de 2024, mostra que 74,8% dos docentes enxergam a tecnologia e a IA como aliadas no ensino. No entanto, enquanto a tecnologia acelera o acesso à informação, os professores também percebem que ela traz diversos desafios como a dispersão dos alunos.

Curiosamente, apesar do reconhecimento de seus benefícios, apenas 39,2% dos professores afirmam utilizar essas ferramentas com regularidade em sala de aula. Esse dado evidencia que há uma distância entre o potencial da tecnologia e sua implementação cotidiana. (Balmant, 2024a).

---

28 O estudo foi desenvolvido no âmbito do projeto Profissionais do Futuro, coordenado pelo Ministério de Educação (MEC) e pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ-GMBH), tendo sido financiado pelo Ministério Federal Alemão para a Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ). Contou, ainda com a cooperação do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai).

Apesar do amplo reconhecimento de suas potencialidades, o uso da IAG na educação ainda suscita dúvidas e preocupações, especialmente em relação à sua aplicabilidade prática. Esses receios podem gerar tanto resistência por parte dos educadores quanto a adoção irrefletida dessas tecnologias, sem o devido alinhamento com os objetivos pedagógicos.

De acordo com a pesquisadora Carlota Boto, diretora da Faculdade de Educação da USP, “a inteligência artificial pode ser uma aliada valiosa no preparo das atividades em sala de aula, mas, para que isso ocorra de forma eficaz, é preciso que o professor tenha domínio tanto da ferramenta quanto do conteúdo a ser trabalhado” (Balmant, 2024a).

Recentemente, a Unesco identificou em seu radar um conjunto de áreas de conhecimento que considera importantes a serem ensinadas e desenvolvidas na formação docente (Unesco, 2023). Dentre elas, a IA emergiu como área prioritária para ser desenvolvida na Educação, conforme detalhamento presente no Consenso de Beijing (Unesco, 2019), que aborda as relações da IA com a Educação. Complementarmente, a Unesco publicou um guia avançado defendendo que gestores educacionais se apropriem do conhecimento sobre a IA (Unesco, 2021). O documento descreve definições, técnicas e métodos da área da IA. Ele aborda de forma detalhada as implicações da IA sobre o ensino e a aprendizagem, destacando tendências emergentes. (Webber e Flores, 2023, p. 2)

A formação e a prática docente têm, com a IAG, novas perspectivas para se defrontar. No entanto, uma das vantagens, no trabalho docente é que esta ferramenta permite o acompanhamento da dinâmica de desempenho estudantil no tempo e detectar movimentos quase no presente, subsídio que pode ser precioso para (re)orientar o processo pedagógico e a atenção aos alunos que precisem de acompanhamento mais específico, por meio de análise de desempenho:

Outra maneira como a IA está moldando novas abordagens de ensino é através da análise preditiva. Com a capacidade de processar grandes volumes de dados, a IA pode analisar o desempenho de estudantes ao longo do tempo e identificar padrões que apontam para riscos ou oportunidades. Por exemplo, um sistema de IA pode prever quais alunos estão em risco de queda de desempenho, permitindo que os educadores intervenham antes que o problema se torne mais grave. (Oliveira *et al.*, 2024).

Ainda sobre a análise preditiva “e recomendação inteligente, os sistemas de IA podem sugerir materiais didáticos adequados ao nível de conhecimento de cada aluno, tornando o processo de aprendizagem mais relevante e envolvente” (Silva *et al.*, 2024, p. 11). Portanto, a IAG é um instrumento que deve ser objeto de aprendizado, para efeitos de formação docente, seja a inicial ou a continuada, e de inserção na prática dos profissionais em exercício.

Além disso, a IA está contribuindo para a automação de tarefas administrativas. Ferramentas baseadas em IA podem corrigir exames automaticamente, agendar aulas e até mesmo organizar relatórios e planilhas. Isso libera os professores para se concentrarem mais no ensino e na interação com os alunos, ao invés de gastarem tempo com tarefas burocráticas e repetitivas. (Oliveira *et al.*, 2024)

O Sistema Integrado de Suporte ao Sucesso Acadêmico, conhecido como Plataforma Sissa (Brasil, MEC, 2024), por exemplo, utiliza a abordagem preditiva com o objetivo de combater a evasão escolar. Trata-se de uma solução experimental baseada em IAG para a previsão da evasão acadêmica e para apoiar intervenções pedagógicas na educação superior, desenvolvida pelo Ministério da Educação em parceria com o Centro de Excelência em Inteligência Artificial (Ceia), da Universidade Federal de Goiás (UFG), cuja implantação inicial está sendo realizada no formato de pilotos em instituições de educação superior e tecnológica.

A plataforma reúne dados acadêmicos que auxiliam na tomada de decisões estratégicas por parte de gestores educacionais e suas funcionalidades incluem integração de informações acadêmicas, indicadores de sucesso estudantil, suporte mediado por *chatbot*, capacitação de tutores e apoio individualizado aos alunos.

Embora essas tecnologias possuam potencial para transformar diferentes processos na educação e em outros setores da sociedade, a efetividade dos resultados depende fundamentalmente da interação, do conhecimento e da ação humana.

Para um exemplo de referência acerca de uma ferramenta de IAG, o ChatGPT, Nascimento discorre a respeito da relevância de se fazerem boas perguntas para a IAG, sem as quais não se podem obter boas respostas da ferramenta. É uma temática que converge plenamente com a formação docente (inicial ou continuada) e com o fomento de práticas na preparação e execução de aulas:

A compreensão e a eficiência na utilização de *prompts* são essenciais para aproveitar ao máximo a interação com o ChatGPT. Para Alcarde (2023, p. 10), “o *prompt*, em sua essência, é uma instrução, um estímulo, um convite à IA para que ela processe informações e, a partir disso, gere respostas, *insights* ou, até mesmo, novas perguntas.” Em outras palavras, *prompt* é uma palavra, frase ou texto formulado para se iniciar uma conexão dialógica com o ChatGPT. Assim, a função do *prompt* é iniciar ou continuar uma conversa ou solicitar uma resposta específica da inteligência artificial.

Nesse sentido, a maneira como os *prompts* são elaborados implicará na qualidade das respostas fornecidas pela IA. Um *prompt* claro e bem definido pode levar a uma resposta mais precisa e útil, enquanto um *prompt* vago ou ambíguo pode resultar em uma resposta menos relevante ou até mesmo confusa.

[...] Logo, desenvolver uma compreensão de como construir *prompts* efetivos pode levar a uma interação mais produtiva com o ChatGPT, contribuindo para transformar essa ferramenta em um aliado poderoso para resolver dúvidas, gerar *insights* ou auxiliar em diversos campos de pesquisa e aplicação. (Nascimento, 2024, p. 24)

[...] o ChatGPT se apresenta como uma ferramenta multifacetada para o aprimoramento educacional. Sua aplicação em plataformas de ensino digitais, aplicações colaborativas e programas de edição de texto promove a comunicação, enriquece a interatividade e facilita a criação de conteúdo didático. A utilidade do ChatGPT se expande ainda mais quando empregado em sistemas de aprendizado adaptativo, proporcionando um ensino customizado através da identificação das exigências dos estudantes e oferecendo orientações específicas. (Nascimento, 2024, p. 26)

Para Silva *et al.*

a IA possibilita uma avaliação mais abrangente e individualizada, levando em consideração não apenas o resultado final das atividades, mas também o processo de aprendizagem de cada aluno. Isso permite aos educadores compreender melhor as necessidades específicas de cada estudante e ajustar suas estratégias pedagógicas conforme necessário. (2024, p. 21)

Acresce-se a esse panorama o fato de que “a realidade virtual e aumentada também desempenhará um papel importante, proporcionando experiências imersivas e interativas que transcendem as limitações físicas e geográficas das salas de aula tradicionais” (Oliveira *et al.*, 2024). A realidade virtual na educação

pode ser utilizada para simular experimentos científicos, visitas virtuais a locais históricos ou até mesmo treinamentos profissionais em ambientes seguros e controlados. Essas aplicações práticas permitem aos alunos vivenciar situações do mundo real sem sair da sala de aula, enriquecendo significativamente o processo educacional. (Silva *et al.*, 2024, p. 28)

No mesmo livro, Silva *et al.* comentam o seguinte a respeito da realidade aumentada (RA):

ao contrário da realidade virtual, que cria ambientes totalmente virtuais, a RA combina elementos do mundo real com informações digitais, ampliando as possibilidades educacionais:

[...] os alunos podem visualizar modelos tridimensionais sobrepostos ao ambiente real, facilitando a compreensão de conceitos abstratos e promovendo a interatividade.

Além disso, a RA na educação permite simular experimentos científicos complexos de forma segura e prática. Os estudantes podem realizar atividades práticas em laboratórios virtuais, explorar estruturas moleculares em escala real ou até mesmo interagir com personagens históricos em cenários reais, enriquecendo significativamente o processo educacional. (2024, p. 30)

Ou seja, a IAG, quando associada a outros recursos tecnológicos na educação, traz inúmeros impactos, com os desafios específicos apontados ao longo deste artigo, e repercute também no uso das demais ferramentas educacionais e TIC existentes.

Um dos possíveis efeitos do uso indiscriminado de IAG em âmbito educacional é apontado por Nascimento, o que se aplica não somente a alunos, mas também a docentes, que para o exercício mais apropriado de sua profissão devem ser sempre professores-pesquisadores e não “delegar” em larga escala a contraface de investigação científica do docente a uma máquina (no caso uma IAG):

[...] há especialistas que chamam a atenção para o fato de que a utilização desmedida de inteligência artificial generativa pode ocasionar o efeito Dunning-Kruger, que se caracteriza por uma distorção na percepção, fazendo com que indivíduos acreditem que detêm mais conhecimento do que na realidade possuem. Isso pode conduzir a uma sensação equivocada de segurança e culminar na escolha de decisões inadequadas [...]. (Nascimento, 2024, p. 27)

Em livro resultante de dissertação de mestrado em ciências em tecnologias emergentes na Must University (Florida, EUA), Nascimento apresenta os resultados de entrevistas de vários docentes acerca da familiaridade, do uso e das impressões sobre o ChatGPT como ferramenta educacional e, deles, depreende o seguinte:

[...] a análise dos dados sugere que a precisão do ChatGPT é valorizada por muitos, mas também é vista com cautela e crítica por outros, dependendo do contexto de uso e das expectativas do usuário. Por isso, é essencial não apenas a capacitação dos docentes para a utilização da ferramenta, mas também um aprimoramento constante na formulação de *prompts*, buscando a maximização da eficácia na obtenção de respostas precisas e relevantes. (Nascimento, 2024, p. 40)

Como roteiro sugestivo de inserção da IAG em contextos educacionais, em especial quando se aplicam na formação, na capacitação e nas práticas docentes, Webber e Flores propõem os seguintes passos, ao que denominam “roteiro metodológico”: 1. seleção de um problema e contextualização; 2. exploração da capacidade da IA; 3. seleção da ferramenta de *software*; 4. desenvolvimento de protótipo; 5. refinamento e aprimoramento; 6. análise ética e comparativa (2023, p. 10).

## 5. ESCOLAS E TECNOLOGIAS: A IAG, O DESIGN EDUCACIONAL E OS SISTEMAS Tutores INTELIGENTES

Um campo no qual a IAG se aplica ao se tratar de educação é como ferramenta de apoio à autoria de projetos, atividades e produções de docentes e estudantes. Conforme Ney Lemke, professor do Instituto de Biologia e responsável pela Coordenadoria de Tecnologia da Informação (CTInf), na Universidade Estadual Paulista (Unesp),

temos investido na área que está vinculada à formação de docentes da universidade, com vários cursos ministrados para a preparação dos docentes. A gente quer que a universidade disponibilize de forma disseminada acesso às inteligências artificiais. Estamos discutindo como verbalizar isso. Provavelmente, já vamos ter algum protótipo ainda no início do ano que vem. (Okumura, 2024)

De acordo com Oliveira *et al.* (2024),

[...] a personalização do aprendizado proporcionada pela IA pode levar a melhores resultados educacionais. Ao identificar as necessidades individuais de cada aluno, os educadores podem oferecer suporte mais direcionado, promovendo uma experiência de aprendizado mais envolvente e eficaz. Além disso, a IA pode auxiliar em tarefas administrativas, como a correção automática de exames e a gestão de horários, liberando os professores para se concentrarem mais no ensino e menos em atividades burocráticas.

Com a chegada da inteligência artificial, a educação passou para um novo nível. A IA pode processar dados de maneira inteligente, identificar padrões e aprender com eles, possibilitando abordagens de ensino mais personalizadas. Uma das inovações mais significativas é a introdução de tutores virtuais, que utilizam algoritmos para fornecer suporte individualizado aos alunos. Esses tutores podem responder perguntas, propor exercícios adaptados ao nível do aluno e até mesmo monitorar o progresso, fornecendo *feedback* em tempo real. (Oliveira *et al.*, 2024)

STI são *softwares* educacionais que fazem uso da IAG e dão instruções individualizadas a alunos, adaptando-se às peculiaridades, necessidades e planos de estudo pessoais. Os STI atuam como se fossem “professores digitais particulares”, capazes de detectar até os estados de ânimo do estudante, por suas expressões faciais.

O estudo da aplicação de IA em Sistemas de Tutores Inteligentes expressa a necessidade da utilização de uma ferramenta para o auxílio dos professores e alunos no processo de ensino e de aprendizagem. Um sistema tutor inteligente de acordo com Pozzebon (2008, p. 1) “é um sistema para auxiliar na aprendizagem que requer uma grande compreensão das várias dimensões envolvidas no processo de ensino”. (Shimizaki, 2023, p. 509)

A interação com assistentes virtuais (*chatbots*) é um dos mecanismos nesse processo, que pode auxiliar com mentoria digital, retornos ao estudante (*feedbacks*), sugestões, uso de jogos no processo pedagógico (*gamification*) e mesmo resolução de exercícios, com disponibilidade em tempo integral ao estudante. Para Oliveira *et al.* (2024),

Esses sistemas, baseados em algoritmos de aprendizado de máquina, interagem com os alunos de maneira semelhante a um tutor humano. Eles podem responder a perguntas, fornecer orientações personalizadas e adaptar os exercícios ao nível de cada aluno. Por exemplo, um tutor virtual de matemática pode identificar áreas de dificuldade para um aluno específico e recomendar exercícios para reforçar seu aprendizado, ajustando-se ao ritmo individual do estudante.

O uso dos STI pode estimular o raciocínio, despertar maior interesse e produzir engajamento mais significativo dos estudantes, bem como oferecer uma abordagem totalmente individualizada do programa de estudos de cada aluno. Os STI teriam o intuito de cobrir uma atividade que não é propósito de existência do professor. É, no entanto, necessário fazermos a ressalva de que um *software* baseado em STI é complexo e precisa ser desenvolvido para cada área do conhecimento específica, pois combina saberes da ciência da computação, da psicologia e precisa dispor de ferramenta avançada de captura de sinais faciais e sonoros de emoções.

Os STI também podem ser aplicados como ferramenta educacional de apoio a metodologia dos professores, com insumos informacionais aceitos pela comunidade de especialistas da área e com possibilidade de implantação rápida. Como exemplo disso, o *software* de apoio docente denominado “MAZK depende consideravelmente da capacidade do professor de expor o seu conteúdo de forma apropriada, conectando-o com uma metodologia de ensino” (Shimizaki, 2023, p. 511).

Para Guimarães *et al.*,

o uso adequado dos mecanismos tecnológicos na sala de aula pelo docente, além de melhorar o aprendizado, permite que ele se aproxime ainda mais de seus alunos, o que é essencial para que consiga compreendê-los de maneira ampla, entendendo seus interesses e necessidade e facilitando a criação de estratégias de aprendizagem significativas e com sentido para todos. (2023, p. 9)

Se, por um lado, a IAG permite acelerar a produção de conteúdos e a aplicação interdisciplinar destes pelos professores, a criação de materiais baseadas em IAG poderá também sobrecarregar mais os docentes, que terão de revisar produções provenientes dessa fonte (por exemplo, materiais didáticos elaborados por meio de IAG fornecidos por secretarias de educação). Afinal, qualquer possível imprecisão do material disponibilizado aos professores não pode deixar de ser filtrada e retificada antes de chegar aos alunos, destinatários finais do processo pedagógico.

Ademais, “a introdução de IA no sistema educacional levanta questões sobre a redução do contato humano no processo de ensino, o que pode impactar negativamente a interação professor-aluno, um elemento crucial para muitos estudantes” (Oliveira *et al.*, 2024).

Para Farias *et al.*,

[...] o uso crescente de IA na educação também levanta questões éticas significativas, especialmente em relação ao papel dos professores e à preservação dos valores fundamentais da prática docente. A introdução de tecnologias de IA desafia o equilíbrio tradicional entre o julgamento humano e a automação, exigindo uma reflexão crítica sobre como essas ferramentas podem ser utilizadas de maneira responsável e ética. Dentre as principais preocupações éticas estão a transparência e a explicabilidade dos algoritmos, o respeito à privacidade e à proteção de dados dos estudantes, a equidade no acesso a essas tecnologias e o impacto potencial sobre o emprego e a autonomia dos professores. (2024, p. 32)

Um alerta a respeito da IAG no contexto educacional é muito bem descrito por Durso:

[...] tem-se notado, nos últimos anos, um movimento internacional marcado pela presença de EdTechs, que são empresas de tecnologias voltadas exclusivamente para o setor educacional [...]. Essas entidades, em muitos casos, têm recebido aporte de grandes conglomerados educacionais, presentes em todos os níveis de Educação, os quais são orientados por um viés econômico agressivo e fortemente pressionados pela geração de retornos aos seus acionistas. É factível, portanto, assumir que o desenvolvimento tecnológico nessas organizações não necessariamente será pautado pela potencialidade do uso da tecnologia na sala de aula, mas sim por um viés econômico de redução de custos [...]. (Durso, 2024, p. 2)

## 6. EDUCAÇÃO E TRABALHO: DESAFIOS PARA A IAG

A preocupação com a supressão de postos no mercado de trabalho é um dos temas recorrentes quando se trata de IAG. Não somente o debate acadêmico aponta os riscos do fenômeno, mas também a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (Ebia) aponta esse quadro:

O estudo *The future of employment* prevê que a maioria dos trabalhadores em ocupações de transporte, logística, de suporte administrativo e de escritório e o trabalho em ocupações de produção está em risco. À medida em que a tecnologia avança, os trabalhadores de baixa qualificação serão realocados para tarefas não suscetíveis à informatização. Dessa forma, para os trabalhadores ganharem a corrida terão que adquirir habilidades criativas e sociais.

[...] Embora não haja consenso acerca do exato impacto que a IA trará para o mercado de trabalho, acredita-se que importantes mudanças ocorrerão, envolvendo criação de novos empregos e desaparecimento ou transformação de outros. Estudo da OCDE (*The future of work*. OECD Employment Outlook, 2019) estima que empregos de média qualificação são crescentemente expostos a riscos: 14% dos empregos existentes podem vir a desaparecer como resultado da automação nos próximos 15-20 anos, e adicionalmente 32% podem sofrer mudanças radicais à medida em que tarefas individuais venham a ser automatizadas. Em paralelo, seis entre cada dez adultos não possuem as competências adequadas para os empregos emergentes.

Desse modo, haverá crescente demanda por habilidades ligadas à tecnologia, tanto no campo de competências digitais básicas como também na área de competências tecnológicas avançadas, como a programação de computadores, habilidades avançadas em literacia digital, pensamento crítico e resolução de problemas. A competição por trabalhadores altamente qualificados tende a aumentar, ao passo que se reduzirá a demanda por trabalhadores de menor qualificação, o que agravará a tendência de desigualdade de renda e redução de empregos de faixa salarial intermediária. (Brasil, 2021, p. 31)

Nesse sentido, a implementação da IAG pode aprofundar as desigualdades sociais com o aumento do desemprego decorrente da extinção de determinadas ocupações. Isso afeta de maneira especial os trabalhadores menos qualificados, com pouco acesso à educação e à formação tecnológica.

Um estudo desenvolvido por Albuquerque *et al.* (2019), sobre a probabilidade de automação de ocupações no Brasil, aponta que mais da metade dos trabalhadores brasileiros correm o risco de perder seus empregos para máquinas nos próximos 30 anos:

[...] novos avanços tecnológicos levaram tanto à motivação sobre a capacidade dos algoritmos de aprendizado de máquina quanto à automação para impulsionar o crescimento econômico e também à preocupação com o destino dos trabalhadores humanos em um mundo no qual os algoritmos de computador podem executar muitas das funções humanas. (Albuquerque *et al.*, 2019, p. 2)

Para os autores, “o desenvolvimento de novas tecnologias, por si só, representa o advento de novas necessidades e, conseqüentemente, a criação de novas profissões associadas a supervisionar, manter e incrementar as tecnologias recém-introduzidas” (Idem, p. 8).

A articulação entre políticas públicas nas áreas de trabalho e educação é prioridade clara diante do cenário indicado, no sentido de se promoverem formas para que os trabalhadores possam, ao menos, mitigar efeitos negativos da progressiva ampliação do uso da IAG no mercado laboral. A formação para o trabalho deve ser repensada e adaptada às novas circunstâncias, com enfoque no desenvolvimento de habilidades de reconhecimento dos possíveis vieses dos algoritmos e de progressivo aprendizado de competências relativas a mão de obra humana, que a IAG não pode substituir.

A educação pode ser, do mesmo modo, afetada pelas novas dinâmicas da IAG. Para Oliveira *et al.* (2024), “a IA na educação pode levar a preocupações sobre a substituição de educadores

humanos. Embora possa ser útil para tarefas administrativas e correção automática de exames, a automação não deve substituir o papel essencial dos professores no processo educacional”. Para os autores:

[...] a IA pode gerar preocupações relacionadas à substituição de empregos. Embora a automação de tarefas rotineiras possa liberar tempo para os professores se concentrarem em atividades mais significativas, também levanta questões sobre o futuro do emprego no setor educacional e a necessidade de desenvolver habilidades que complementem as capacidades da IA. (Oliveira *et al.*, 2024)

Na seara da educação profissional, o educador Guilherme de Souza Dias, supervisor de Tecnologias Educacionais do Senai, afirma que os professores da instituição trabalham a IAG, nos currículos, em três diferentes aspectos pedagógicos:

- de neutralidade, que considera as poucas profissões que não serão impactadas pela IA;
- de complementaridade, com atualização de competências nas propostas curriculares e criação de cursos livres;
- e no cenário de substituição.

Um exemplo é o estatístico. Hoje, com base em IA, inclusive generativa, esse profissional tende a ser substituído. Mas, temos um outro perfil em ascensão, o cientista de dados. Transformar um estatístico em cientista de dados é um caminho mais curto e mais econômico do que começar do zero. Conseguimos aproveitar bons profissionais que em um curto espaço de tempo possam se recolocar no mercado. (Balmant, 2024b)

Além do clima de incerteza acerca da potencial eliminação de postos de trabalho, existem outras implicações ao se considerar a IAG no contexto da educação profissional e na formação da nova força de trabalho. A maneira como a IAG coleta e utiliza dados pode não apenas influenciar o futuro profissional dos alunos, mas também acarretar riscos significativos, especialmente no que diz respeito à equidade nas oportunidades de emprego. Isso se deve ao potencial uso indevido dessas informações por empregadores e instituições de formação profissional, que podem depreciar o valor atribuído àquele futuro contingente da força de trabalho.

Ademais, nos “casos em que sistemas automatizados influenciam escolhas acadêmicas ou profissionais dos alunos, é essencial definir claramente quem assume a responsabilidade por eventuais erros ou consequências negativas decorrentes dessas decisões” (Silva *et al.*, 2024, p. 93).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo discorreu sobre relevantes mudanças que a educação e o trabalho docente estão enfrentando em um mundo cada vez mais permeado pela IA. As dinâmicas do trabalho pedagógico estão se transformando e exigem reflexão sobre a formação inicial e continuada dos educadores, que precisam se adaptar a novas realidades e demandas.

Nesse contexto, a inclusão de práticas educacionais inovadoras, especialmente com uso de IAG, mostra-se promissora, mas também complexa, uma vez que traz à tona desafios éticos significativos, como questões relacionadas à privacidade, direitos autorais e até preconceitos algorítmicos.

A análise dos STI, por exemplo, revela tanto o potencial para enriquecer o processo de ensino-aprendizagem quanto para gerar preocupação, como aquelas relativas aos riscos associados à desumanização do ensino. É fundamental que os profissionais da educação, em especial docentes, sejam preparados e capacitados para não apenas dominar novas ferramentas tecnológicas, mas também compreender as implicações pedagógicas e éticas que estas produzem.

Além disso, a preocupação com o impacto da IAG nos postos de trabalho, mesmo na educação, é questão que não deve ser ignorada. A possibilidade de que a automação e a IAG substituam funções tradicionalmente desempenhadas por educadores faz parte de um debate necessário sobre o papel do professor em um contexto em que a tecnologia vem assumindo papel de destaque. Essa transição requer uma abordagem propositiva, que considere uma formação docente que inclua não apenas habilidades técnicas, mas também uma sólida compreensão das dimensões sociais envolvidas.

Portanto, urgência é fundamental para que instituições educacionais, políticas públicas e a sociedade em geral busquem soluções capazes de integrar inovação e responsabilidade e garantir que a educação se mantenha como espaço de desenvolvimento humano e social, e a tecnologia sirva como aliada na construção do processo de aprendizagem. Essa ponderação aplica-se não apenas à educação em geral, mas também à educacional profissional e a todas as interfaces entre educação e trabalho, em especial no que se refere à formação e ao trabalho docente.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Pedro H. [et al.]. Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimção da probabilidade de automação de ocupações no Brasil. **Mercado de Trabalho**: conjuntura e análise, n. 66, ano 25, 2019, Brasília, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).

ARRUDA, Eucídio Pimenta. Inteligência artificial generativa no contexto da transformação do trabalho docente. **Educação em Revista**, [s. l.], p. 1-6, n. 40, 2024. Disponível em: [scielo.br/j/educ/a/WMcSGNHJbgMKzh3WgTh4MSb/?format=pdf&lang=pt](https://scielo.br/j/educ/a/WMcSGNHJbgMKzh3WgTh4MSb/?format=pdf&lang=pt). Acesso em: 19 nov. 2024.

BALMANT, Ocimara. Como a inteligência artificial vai mudar o trabalho do professor? **O Estado de S. Paulo**, “Educação”, São Paulo, 14 out. 2024, 2024a.

BALMANT, Ocimara. Inteligência artificial é bem-vinda na educação, mas precisa de regulação, defendem especialistas. **O Estado de S. Paulo**, “Educação”, São Paulo, 29 out. 2024, 2024b. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/educacao/inteligencia-artificial-educacao-regulacao-especialistas>. Acesso em: 19 nov. 2024.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 14.533, de 11 de janeiro de 2023**. Institui a Política Nacional de Educação Digital e altera as Leis n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), n. 9.448, de 14 de março de 1997, n. 10.260, de 12 de julho de 2001, e n. 10.753, de 30 de outubro de 2003. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2023/lei/l14533.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/l14533.htm). Acesso em: 8 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (Ebía)**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, Secretaria de Empreendedorismo e Inovação, jul. 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivos/inteligenciaartificial/ebia-documento\\_referencia\\_4-979\\_2021.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivos/inteligenciaartificial/ebia-documento_referencia_4-979_2021.pdf). Acesso em: 26 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Sistema Integrado de Suporte ao Sucesso Acadêmico (Sissa)**. Brasília: Ministério da Educação, 2024. Disponível em: <https://sissa.ufg.br/#servicos>. Acesso em: 8 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit-Gesellschaft mit beschränkter Haftung; Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Inteligência artificial aplicada à educação profissional e tecnológica**. Brasília: MEC; SENAI; Berlim: GIZ-GMBH; Ministério Federal Alemão para a Cooperação Econômica e do Desenvolvimento, jul. 2023. Disponível em [https://www.gov.br/mec/pt-br/areas-de-atuacao/ept/profissionais-futuro/2023\\_07\\_28\\_IA\\_na\\_EPT\\_MEC\\_\\_002\\_1.pdf](https://www.gov.br/mec/pt-br/areas-de-atuacao/ept/profissionais-futuro/2023_07_28_IA_na_EPT_MEC__002_1.pdf). Acesso em: 8 jan. 2025.

DURSO, Samuel de Oliveira. Reflexões sobre a aplicação da inteligência artificial na educação e seus impactos para a atuação docente. **Educação em Revista**, [s. l.], n. 40, p. 1-6, 2024. Disponível em: [scielo.br/j/edur/a/3mh8D6366By9w9THf8bThQ/?format=pdf&lang=pt](https://scielo.br/j/edur/a/3mh8D6366By9w9THf8bThQ/?format=pdf&lang=pt). Acesso em: 19 nov. 2024.

FARIAS, Sidinei *et al.* O uso de Inteligência Artificial (IA) na educação e as suas implicações sobre a ética docente. **IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS)**, [s. l.], v. 29, issue 9, series 1, p. 31-35, Sept. 2024. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jhss/papers/Vol.29-Issue9/Ser-1/F2909013135.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2024.

GUIMARÃES, Ueudison Alves Guimarães *et al.* Metodologias ativas: docência com Inteligência Artificial. **Recima21 – Revista Científica Multidisciplinar**, [s. l.], v. 4, n. 7, p. 1-9, 2023. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/3535/2593>. Acesso em: 19 nov. 2024.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Tradução: Carlos Irineu da Costa. 3. ed., São Paulo: Editora 34, 2010.

NASCIMENTO, José Leônidas Alves do. **O impacto da inteligência artificial na educação: uma análise do potencial transformador do CHATGPT**. Formiga, SP: MultiAtual, 2024. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/748605/2/O%20Impacto%20da%20Inteligência%20Artificial%20na%20Educação.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2024.

OKUMURA, Renata. IA nas ciências naturais: como preparar alunos e docentes para a utilização da tecnologia? **O Estado de S. Paulo**, “Educação”, São Paulo, 14 nov. 2024. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/educacao/ia-nas-ciencias-naturais-como-preparar-alunos-e-docentes-para-a-utilizacao-da-tecnologia>. Acesso em: 19 nov. 2024.

OLIVEIRA, Radames Lima *et al.* A transformação da educação na era da inteligência artificial: impactos e perspectivas. **Revista FT**, [s. l.], v. 18, ed. 134, maio 2024. Disponível em: <https://revistaft.com.br/a-transformacao-da-educacao-na-era-da-inteligencia-artificial-impactos-e-perspectivas>. Acesso em: 19 nov. 2024.

SHIMISAKI, Rodrigo *et al.* Uso de inteligência artificial em Sistemas Tutores Inteligentes. **Ensino, Educação e Ciências Humanas**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 507-512, 2023. Disponível em: <https://revistaensinoeducacao.pgsscogna.com.br/ensino/article/view/12547>. Acesso em: 26 nov. 2024.

SILVA, Josué Jorge Gonçalves da *et al* (org.). **O futuro da educação na era da Inteligência Artificial**: um guia completo para educadores entenderem e aplicarem as novas tecnologias. São Paulo: EBPCA, 2024. Disponível em: [https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/868429/2/Ebook\\_O\\_Futuro\\_Educação.pdf](https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/868429/2/Ebook_O_Futuro_Educação.pdf). Acesso em: 19 nov. 2024.

SILVA, Tarcízio. **Racismo algorítmico**: inteligência artificial e discriminação nas redes digitais. Rio de Janeiro: Edições Sesc, 2022. Disponível em: <https://racismo-algoritmico.pubpub.org>. Acesso em: 15 jan. 2025.

TURCHI, Lenita; CODES, Ana Luiza; ARAÚJO, Herton. **Formação continuada dos professores e a política nacional de educação digital**. Texto para discussão n. 2983. Brasília, DF: Ipea, abr. 2024. Disponível em [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/13500/1/TD\\_2983\\_web.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/13500/1/TD_2983_web.pdf). Acesso em: 8 jan. 2025.

WEBBER, Carine G.; FLORES, Diego. Roteiro para a integração da inteligência artificial em experiências de ensino. **#Tear – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 1-17, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/6861/3489>. Acesso em: 19 nov. 2024.

# Possíveis impactos da inteligência artificial na economia

Leonid Garnitskiy<sup>29</sup>

## 1. VARIÂNCIA DAS PREVISÕES

Prever com alguma acurácia os impactos que o aumento do uso da inteligência artificial (IA) e o desenvolvimento de novos modelos de IA terão na economia é tarefa extremamente difícil e sujeita a incertezas. Uma evidência disso é a altíssima variância que se observa nas previsões de diferentes pesquisadores na literatura: enquanto as projeções mais otimistas são de crescimento de 100% do PIB ao longo dos próximos 10 anos, podendo chegar até 300% (Korinek e Suh, 2024) – uma trajetória de crescimento “explosiva” –, outros preveem ganhos bem mais modestos, de menos de 2% do PIB ao longo de 10 anos (Acemoglu, 2024, p. 35). No meio desses extremos, há variadas projeções intermediárias: economistas do Goldman Sachs (2023) preveem que o aumento do uso de novas ferramentas de IA generativa (IAG) poderá resultar no incremento de 7% do PIB global e aumentar o crescimento da produtividade em 1,5 ponto percentual no período de 10 anos.

Diferentes premissas adotadas por especialistas podem explicar tamanha variação no conjunto das projeções: previsões mais “arrojadas” costumam assumir que grande parte dos trabalhos que hoje são feitos por humanos será executada pelas ferramentas de IA. Isto é, o grau de penetração da IA nas atividades pode ser fundamental para determinar seu impacto no produto gerado na economia.

## 2. MODELO BÁSICO: ECONOMIA PELO LADO DA OFERTA

O arcabouço básico para se tentar estimar os impactos do aumento do uso da inteligência artificial sobre as variáveis macroeconômicas chave, tais como PIB e produtividade, é o modelo de ciclos reais de negócios. Os principais pressupostos desse modelo são os seguintes:

1. todos os agentes econômicos se otimizam (os indivíduos maximizam suas funções utilidade e as firmas maximizam lucros);
2. os mercados se equilibram de modo que não existe nenhum excesso de demanda (vale a Lei de Walras).

---

29 Consultor legislativo da área IX, Política e Planejamento Econômicos, Desenvolvimento Econômico e Economia Internacional

Assim como na tradição do pensamento econômico clássico, o crescimento econômico depende da disponibilidade dos fatores de produção (capital, trabalho, recursos naturais e tecnologia). As causas das flutuações do PIB e do emprego são originárias de variações nas oportunidades reais do setor privado da economia. Vale a dicotomia clássica (variáveis nominais não afetam variáveis reais), de modo que a moeda é superneutra e não afeta a atividade nem mesmo no curtíssimo prazo.

O que causa as flutuações de atividade, seja no curto, seja no longo prazos, são os choques reais. Entre tais choques, podem-se mencionar:

- choques tecnológicos: avanços ou quebras tecnológicas;
- mudanças na carga tributária;
- variação das condições ambientais (como, por exemplo, terremotos, enchentes);
- alterações nos custos de matérias-primas decorrentes das condições de oferta (por exemplo, primeiro (1973) e segundo (1979) choques do petróleo);
- mudanças nas preferências individuais entre trabalho e lazer (os indivíduos dão peso maior ou menor ao lazer na sua função utilidade);
- mudanças nas regulações governamentais;
- choques sociais, políticos e sanitários (como, por exemplo, guerras, pandemias).

No modelo de ciclos reais de negócios, o forte incremento do uso da inteligência artificial pode ser representado por um choque tecnológico positivo. Esse choque poderia aumentar, a princípio, tanto a produtividade marginal do trabalho (pois o mesmo trabalhador realizaria as mesmas tarefas em espaço de tempo menor graças ao uso de inteligência artificial) quanto a produtividade marginal do capital (tornando as máquinas mais produtivas, realizando as mesmas tarefas mais rápido e aumentando a quantidade de tarefas que conseguem realizar num mesmo período de tempo), assim como a produtividade total dos fatores (também conhecida como “resíduo de Solow” na contabilidade do crescimento), que é uma variável que representa o progresso técnico.

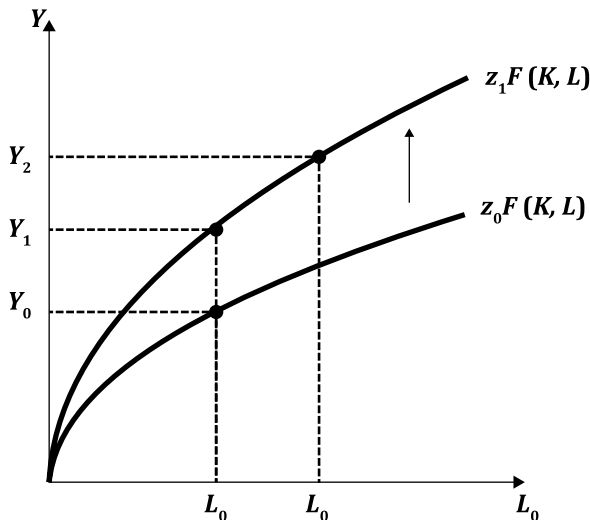
No arcabouço básico, existe um agente representativo na economia que produz um único bem. A função de produção é expressa por:

$$Y_t = z_t F(K_t, L_t)$$

em que  $Y_t$  é o produto da economia,  $z_t$  é o choque real exógeno (nesse caso, choque tecnológico do uso mais intensivo de inteligência artificial), e  $K_t$  e  $L_t$  são, respectivamente, as quantidades de capital e de trabalho empregados a cada período. Na figura 1, é possível visualizarmos o efeito que esse choque tecnológico positivo teria sobre o PIB, tudo o mais constante. Inicialmente, a economia opera no ponto  $(L_0, Y_0)$  e emprega a quantidade  $L_0$  de horas de trabalho para produzir a quantidade  $Y_0$  de produto. Após a ocorrência do choque tecnológico positivo, a função produção se desloca para cima, de  $z_0 F(K, L)$  para  $z_1 F(K, L)$ . Com isso, o trabalhador se torna mais produtivo pois, empregando a mesma quantidade de trabalho  $L_0$ , consegue produzir maior quantidade do bem,  $Y_1 > Y_0$ .

Nesse exemplo, em que o choque tecnológico aumenta a produtividade marginal do trabalho, pode, adicionalmente, ocorrer aumento ainda maior do PIB se o agente aumentar a quantidade de horas de trabalho oferecidas, em decorrência do aumento da sua produtividade. Isso pode acontecer, por exemplo, se o agente não perceber o choque como permanente e decidir aproveitar o aumento da produtividade do seu trabalho no período  $t=1$ , sacrificando mais lazer em prol do trabalho, tendo menos tempo para consumir e poupando mais para períodos futuros, quando acredita que os efeitos do choque cessarão. Com isso, o agente, em  $t=1$ , passaria a dedicar  $L_1 > L_0$  horas ao trabalho, e a economia se deslocaria ao longo da curva  $z_1F(K, L)$ , do ponto  $(L_0, Y_1)$  para o novo equilíbrio  $(L_1, Y_2)$ . Porém, se o choque tecnológico for percebido como permanente, o que talvez seria mais razoável se supor no caso de introdução de novas tecnologias da inteligência artificial – avanço tecnológico que parece ser irreversível –, nesse caso a economia pode continuar operando no ponto  $(L_0, Y_1)$ .

FIGURA 1. O DESLOCAMENTO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO EM DECORRÊNCIA DE CHOQUE TECNOLÓGICO.



Fonte: elaboração própria.

De qualquer forma, o modelo básico apresentado aqui ajuda-nos a visualizar que haverá algum impacto positivo no PIB em decorrência do aumento do uso de inteligência artificial nas atividades produtivas. Para se estimar qual será a magnitude desse impacto, ou seja, a distância entre  $Y_0$  e  $Y_1$ , introduzem-se algumas hipóteses adicionais e sofisticções ao modelo.

Uma abordagem particularmente relevante é a de Acemoglu (2024), que construiu “um modelo baseado em tarefas, em que a produção de um único bem final requer uma série de tarefas a serem executadas, e essas tarefas podem ser alocadas tanto ao trabalho quanto ao capital, que têm vantagens comparativas diferentes” (tradução nossa). O pesquisador identifica que possíveis ganhos do uso de inteligência artificial – por exemplo, o aumento do produto médio por trabalhador ou o crescimento da produtividade total dos fatores – podem provir dos seguintes canais:

- automação, que corresponde à expansão do conjunto de tarefas que são produzidas pelo capital, incluídos ferramentas digitais e algoritmos e envolve os modelos de IA que reduzem os custos em determinadas tarefas. No caso da IA generativa (IAG), várias tarefas administrativas de nível intermediário, como resumo de textos, classificação de dados, reconhecimento de padrões e tarefas de visão computacional, estão entre as que podem ser lucrativamente automatizadas;
- complementaridade de tarefas, *que* pode aumentar a produtividade em tarefas não totalmente automatizadas e também até aumentar a produtividade marginal do trabalho. Por exemplo, trabalhadores no desempenho de certas tarefas podem ter uma informação melhor ou acesso a outros insumos complementares. Alternativamente, a IA pode automatizar algumas subtarefas e permitir, ao mesmo tempo, aos trabalhadores se especializar e aumentar sua produtividade em outros aspectos do seu trabalho;
- aprofundamento da automação, que pode ocorrer aumentando-se a produtividade do capital nas tarefas que já foram automatizadas. Por exemplo, a já automatizada tarefa de segurança em TI pode ser desempenhada com mais sucesso pela IAG;
- novas tarefas, que podem ser criadas graças à IA as quais podem impactar a produtividade de todo o processo produtivo (tradução nossa, p. 10-11).

### 3. TEOREMA DE HULTEN

Como destacado na introdução, o tamanho do impacto do uso de inteligência artificial sobre a atividade econômica dependerá da amplitude de adoção dessas novas tecnologias em diversos setores, ou seja, de qual proporção dos setores e das tarefas desempenhadas será afetada pela introdução da IA. Conforme Acemoglu (2024),

quando os efeitos microeconômicos da IA são proporcionados pela economia de custos (ou, equivalentemente, pela melhora na produtividade) no nível de tarefa – devido à automação ou à complementaridade de tarefas –, suas consequências macroeconômicas serão dadas por uma versão do teorema de Hulten: os ganhos de PIB e da produtividade agregada podem ser estimados pela fração das tarefas que são impactadas e pela economia média de custos em nível de tarefa. Essa equação disciplina quaisquer efeitos da IA sobre o PIB e a produtividade. Apesar da sua simplicidade, a aplicação dessa equação é longe de ser trivial, porque existe uma enorme incerteza sobre quais tarefas vão ser automatizadas ou complementadas, e quais serão economias de custos. (tradução nossa)

Assim, o teorema de Hulten (1978) é fundamental para estimar como os possíveis impactos de IA no nível microeconômico podem ser quantificados no agregado. Esse teorema mostra

que, sob algumas hipóteses mínimas<sup>30</sup>, o impacto que um choque idiossincrático na produtividade de algum produtor (setor), em nível micro, tem sobre a produtividade total dos fatores (TFP) é igual ao peso do valor de vendas desse produtor (setor) no PIB:

$$\frac{d \log \text{TFP}}{d \log A_i} = \sum_{i=1}^N \delta_i$$

em que  $A_i$  é o choque recebido pelo produtor  $i$  e

$$\delta_i = \frac{p_i y_i}{\sum_{i=1}^N p_i c_i}$$

é o peso de Domar, que representa o valor de vendas do produtor  $i$  como proporção do PIB, com  $y_i$  que denota a produção do bem  $i$ ,  $p_i$  o seu preço e  $c_i$  o consumo desse bem.

No modelo de Acemoglu (2024), as tarefas, denotadas por  $z$ , para  $z \in [0, N]$ , são equivalentes à noção de produto ou setor em Hulten (1978). Ou seja, o PIB pode ser expresso como a soma dos produtos resultantes das tarefas,  $y(z)$ , ponderada pelos preços:

$$Y = \int_0^N p(z)y(z)dz$$

Logo, a proposição de Hulten fica:

$$d \log \text{TFP} = \int_0^N \chi(z) d \log y(z) dz$$

em que

$$\chi(z) = \frac{p(z)y(z)}{Y}$$

é o peso de Domar e  $d \log y(z)$  representa o aumento de produtividade ou a economia de custos na tarefa  $z$  proporcionada pela inteligência artificial. O impacto total sobre o PIB então fica:

$$d \log Y = d \log \text{TFP} + s_k d \log K$$

em que  $s_k$  é a participação do capital no PIB.

30 A economia com  $N$  bens opera na fronteira da eficiência com os mercados perfeitamente competitivos. O único insumo é a mão de obra, cuja oferta é inelástica. As preferências são homotéticas, de modo que a função de utilidade é linearmente homogênea.

Dado esse arcabouço, a questão principal para se estimar  $d \log TFP$  e, portanto,  $d \log Y$  passa a ser a previsão de quais tarefas serão impactadas pela inteligência artificial e qual será o tamanho desse impacto.

#### 4. ESTIMATIVAS DE IMPACTOS DA IA SOBRE AS ATIVIDADES

Para estimar qual parcela do PIB será impactada pela inteligência artificial, Acemoglu (2024) adapta os resultados obtidos por Eloundou *et al.* (2023) para que possam ser utilizados no cálculo das participações dessas tarefas no PIB. De acordo com Eloundou *et al.* (2023),

Nós investigamos as possíveis implicações de Grandes Modelos de Linguagem (LLM), tais como transformadores pré-treinados generativos (GPT), no mercado de trabalho dos EUA, focando em aumento de capacidades proveniente de software com LLM comparado com LLM por si só. Utilizando uma nova rubrica, avaliamos as ocupações com base em seu alinhamento com as capacidades do LLM, integrando a expertise humana e as classificações do GPT-4. Nossos resultados mostram que cerca de 80% da força de trabalho dos EUA pode ter pelo menos 10% das suas tarefas afetadas pela introdução dos LLM, enquanto aproximadamente 19% dos trabalhadores podem ter pelo menos 50% de suas tarefas impactadas. [...]

Nossa análise sugere que, com acesso a um LLM, cerca de 15% de todas as tarefas dos trabalhadores nos EUA poderiam ser concluídas significativamente mais rápido e com o mesmo nível de qualidade. Ao incorporar software e ferramentas desenvolvidos com base em LLM, essa participação aumenta para entre 47% e 56% de todas as tarefas. Essa descoberta implica que o software baseado em LLM terá um efeito substancial na ampliação dos impactos econômicos dos modelos subjacentes. (tradução nossa)

Para estabelecer a correspondência entre os resultados obtidos por Eloundou *et al.* (2023) e as proporções do PIB que tais resultados representam, Acemoglu (2024, p. 25) realizou o seguinte cálculo:

combino tarefas em ocupações, e depois agrego as ocupações usando as folhas de salários, obtidas das estimativas de empregos e salários do Departamento Nacional de Estatísticas de Trabalho dos EUA agrupadas ao longo dos anos de 2019-2022. Esse procedimento gera a proporção das ocupações expostas, ponderadas por folhas de salários, igual a 19,9%. Eu interpreto esse número como a proporção, no PIB, das tarefas expostas à inteligência artificial. (tradução nossa, p. 25)

Para responder quais tarefas são economicamente vantajosas e tecnicamente possíveis de ser automatizadas, Svanberg *et al.* (2024) estudaram as tecnologias de visão computacional, em que a modelagem de custos é mais desenvolvida. Os resultados indicam que “aos custos atuais, as empresas dos Estados Unidos escolheriam *não* automatizar a maioria das tarefas de visão que têm ‘exposição a IA’, e que somente 23% [das tarefas de visão realizadas] por trabalhadores seria atrativo automatizar” (tradução nossa, p. 1).

Acemoglu (2024, p. 25) assume que essa estimativa se estende não só a tarefas de visão computacional, mas a todas as atividades consideradas por Eloundou *et al.* (2023) e que,

portanto,  $0,23 \times 0,199 = 4,6\%$  de todas as tarefas (ou ocupações) serão impactadas pela inteligência artificial ao longo dos próximos 10 anos.

Por sua vez, para fazer estimativas da economia de custos que poderá ser proporcionada pela inteligência artificial nos próximos 10 anos, Acemoglu (2024) utiliza os resultados de alguns estudos que realizaram experimentos controlados.

Assim, Peng *et al.* (2023, p. 26) conduziram um experimento em que foi pedido aos desenvolvedores de software que implementassem um servidor http no JavaScript no menor tempo possível. O grupo de tratamento, que tinha acesso ao GitHub Copilot (ferramenta de IA), completou o trabalho com tempo 55,8% mais rápido que o grupo de controle, que não tinha acesso ao GitHub Copilot. Os autores ainda denotam que as ferramentas de IA como essa podem ajudar os profissionais a migrar de outras carreiras para a área de desenvolvimento de softwares com menos custos.

Noy e Zhang (2023) realizaram um experimento online com participação de 453 profissionais de nível intermediário que atuam majoritariamente em escritórios realizando trabalhos escritos, como preparar apresentações resumidas e análises rápidas que, em geral, levam de 20 a 30 minutos para ficar prontas. O grupo de tratamento foi encorajado a usar o ChatGPT, enquanto o grupo de controle não tinha acesso a essa ferramenta de IA. Conforme os autores, “os resultados mostraram que o ChatGPT aumentou substancialmente a produtividade. O tempo médio despendido reduziu-se em 40% e a qualidade do produto aumentou em 18%” (tradução nossa, p.1).

Brynjolfsson *et al.* (2021) mostram que, quando as tecnologias de propósito geral estão em estágio inicial de implementação, o efeito sobre a produtividade e sobre o PIB são subestimados, pois existem complementaridades e ativos intangíveis que são criados simultaneamente e que não são passíveis de mensuração imediata. Com o passar do tempo, nos estágios avançados de implementação tecnológica, quando os investimentos no intangível são maturados, esses efeitos no PIB são quantificados e ocorre a superestimação do crescimento da produtividade. Dessa forma, segundo o modelo proposto pelos autores, a produtividade exibe uma curva em J. Os resultados indicam

os efeitos substanciais e contínuos da produtividade no formato da curva em J para softwares em particular e, em menor grau, para hardware de computadores. Nossa medida ajustada de TFP é 11,3% superior às medidas oficiais no final de 2004 e 15,9% superior às medidas oficiais no final de 2017. (tradução nossa, p.1)

Dessa forma, o artigo sugere que o capital intangível associado à inteligência artificial atualmente pode estar afetando a medida da produtividade.

Em outro estudo, Brynjolfsson *et al.* (2023) pesquisaram a introdução da ferramenta de IAG de atendimento virtual ao cliente, com dados de 5.179 funcionários de atendimento ao consumidor. Segundo os autores,

o acesso à ferramenta aumenta a produtividade, medida em problemas resolvidos por hora, em 14% em média, incluída uma melhora de 34% para trabalhadores

novatos e pouco qualificados, mas com impacto mínimo em trabalhadores experientes e altamente qualificados. Fornecemos evidências sugestivas de que o modelo de IA dissemina as melhores práticas de trabalhadores mais qualificados e ajuda os mais novos a avançar na curva de aprendizado. Além disso, constatamos que a assistência de IA melhora a satisfação do cliente, aumenta a retenção de empregados e pode levar à aprendizagem dos trabalhadores. (tradução nossa)

Acemoglu (2024), ao analisar esses estudos, calculou a média entre os resultados de Noy e Zhang (2023) e Brynjolfsson *et al.* (2023) para chegar à estimativa da redução média de custos da mão de obra na ordem de 27% (que é a média entre 40% e 14%). Para se computar a economia de custos totais, é preciso ponderar-se essa estimativa pela participação do trabalho nos setores expostos ao uso de IA, que, segundo os cálculos do autor, seria de 57%, em média. Logo, a economia de custos totais proveniente de IA seria, em média, de  $0,27 \times 0,57 = 0,154$ .

Para projetar o impacto do aumento do uso da inteligência artificial na produtividade total dos fatores ao longo dos próximos 10 anos, Acemoglu (2024) faz, como uma estimativa básica, uma multiplicação desses resultados obtidos, usando o teorema de Hulten:

$$\begin{array}{l} \text{Ganhos de TFP} \\ \text{nos próximos 10 anos} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Proporção do PIB} \\ \text{impactada pela IA} \\ \text{nos próximos 10 anos} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Economia média de} \\ \text{custos das atividades} \\ \text{impactadas} \end{array} = 0,046 \times 0,154 = 0,0071$$

Isto é, segundo essa estimativa, em 10 anos a produtividade total dos fatores aumentará em 0,71 pontos percentuais, ou, equivalentemente, o crescimento anual da TFP será maior em aproximadamente 0,07% graças à IA – estimativa bem mais modesta que a de outros pesquisadores e analistas que preveem impactos significativos.

Por sua vez, para prever o impacto da IA no PIB, Acemoglu (2024, p. 33-34) considera a participação do capital no PIB  $s_k = 0,4$  e, assumindo que o estoque de capital irá crescer proporcionalmente à TFP, calcula que o aumento do crescimento do PIB devido à IA nos próximos 10 anos será:

$$d \log Y = d \log \text{TFP} + s_k d \log K = 0,0071 \times \frac{1}{1 - 0,4} = 1,1\%$$

## 5. IMPLICAÇÕES DO MODELO DE EQUILÍBRIO PARCIAL

Um desenvolvimento importante da pesquisa sobre os impactos da IA na economia é o trabalho de Gries e Naudé (2022), que constroem um modelo de equilíbrio parcial em que as funcionalidades da IA são combinadas com as habilidades humanas para produzir um serviço humano:

$$H = H(L, AI)$$

em que  $H(\cdot)$  é a função que gera um serviço humano, combinando os insumos trabalho qualificado (L) e inteligência artificial (AI). Conforme notam os autores, essa estrutura pode ser facilmente incorporada em qualquer função de produção convencional<sup>31</sup> da seguinte forma:

$$Y = Y(H, K)$$

A vantagem dessa abordagem complementar é que,

ao combinar as funcionalidades de IA com as habilidades humanas para produzir o serviço agregado intermediário, podemos determinar a alocação eficiente de trabalho e de IA na produção, de tal forma que seja comparável com o conceito tradicional de trabalho em unidades de eficiência. (Gries e Naudé, 2022, tradução nossa, p. 2)

Assim, o desenvolvimento desse modelo de equilíbrio parcial permitiu concluirmos que

a extensão da automação por meio das tecnologias de inteligência artificial será maior se: (i) a economia é relativamente abundante em programas sofisticados e em funcionalidades de máquinas comparativamente às habilidades humanas; (ii) a economia possui quantidade relativamente grande de negócios provedores de inteligência artificial e de especialistas; (iii) a produtividade em tarefas específicas dos serviços de inteligência artificial é relativamente maior quando comparada com a produtividade em tarefas específicas da mão de obra em geral. (Gries e Naudé, 2022, tradução nossa, p. 2)

## 6. MODELO MACROECONÔMICO MULTISSETORIAL: IMPACTOS DA IA NO PIB E NA INFLAÇÃO

Aldasoro *et al.* (2024) supõem que os efeitos da difusão do uso de IA nas atividades produtivas serão mais rápidos do que os impactos de outros choques tecnológicos. A ideia é que a IA é muito mais fácil de se implementar do que, por exemplo, novas máquinas que eram necessárias em qualquer das revoluções industriais que já ocorreram. Segundo os autores,

Pense sobre o advento de TI (Tecnologia da Informação): as empresas precisavam substituir seus sistemas baseados em papel por computadores, se familiarizar com o novo conceito de software e treinar seu pessoal. Enquanto isso, infraestrutura pública, por exemplo, na forma de banda larga, levou anos – senão décadas – para prover uma cobertura suficiente. A IA, por outro lado, pode ser usada com os agora quase ubíquos smartphones e computadores. Em vez de requerer que os trabalhadores aprendam como usar novos sistemas (pense em uma planilha de Excel vs. um rolodex), a IA pode ser usada por meio de uma interface intuitiva, baseada em linguagem. (tradução nossa, p. 2)

Para avaliar os possíveis impactos da IA – no curto e no longo prazos – no PIB agregado e no produto e emprego desagregados em diferentes setores, bem como na inflação, Aldasoro *et al.* (2024) sugerem proceder-se da seguinte forma:

1. construir uma medida de exposição à inteligência artificial em nível de indústria;

31 Por exemplo, na função CES (Elasticidade de Substituição Constante) usada no modelo de crescimento endógeno de Acemoglu (2024) baseado em tarefas, discutido na seção anterior.

2. inserir essa medida de exposição no modelo macroeconômico multisetorial, calibrado para a economia norte-americana usando matriz insumo-produto;
3. usar o modelo para estimar cenários contrafactuais;
4. analisar os setores individualmente para verificar sua importância relativa na determinação da dinâmica no agregado.

Para mensurar os impactos da IA na produtividade de diferentes indústrias, Aldasoro *et al.* (2024) constroem uma medida de exposição à IA no nível de indústria, mediante uso da desagregação a dois dígitos na classificação NAICS<sup>32</sup>. O índice construído mostra que as atividades técnicas de natureza predominantemente intelectual são as mais expostas aos efeitos da inteligência artificial. Dentre tais ocupações, mencionam-se conselheiro genético, examinador financeiro, atuário e analista de orçamento. Já as profissões com menor impacto de IA são treinador de academia, ajudante, pintor, estuador e trabalhador de reforço de ferro e vergalhões.

Como segundo passo, Aldasoro *et al.* (2024) calibram um modelo DSGE<sup>33</sup> em que a IA gera um aumento permanente de produtividade, mas com efeitos idiossincráticos entre os setores. Os autores assumem que a produtividade total dos fatores no agregado crescerá 1,5% nos próximos 10 anos (estimativa do Goldman Sachs que mencionamos na introdução). Esse aumento de produtividade é alocado entre os setores de acordo com a medida de exposição de cada setor à IA.

O modelo DSGE utilizado por Aldasoro *et al.* (2024) possui algumas rigidezes nominais e reais que afetam os resultados, principalmente no longo prazo. Assim, as firmas enfrentam rigidez de preços de Calvo que varia entre as indústrias. Também, no mercado de trabalho, os salários são rígidos à maneira de Calvo. Entre as rigidezes reais, mencionam-se os hábitos, os custos de ajustamento do investimento e os custos de utilização do capital.

Uma das questões fundamentais do modelo de Aldasoro *et al.* (2024) é a necessidade de se fazer hipótese acerca das expectativas dos agentes no que se refere aos ganhos de produtividade decorrentes do uso mais intensivo da IA, notadamente, sobre qual será a trajetória futura da produtividade. Segundo os autores,

Os avanços nas tecnologias de IA têm recebido considerável atenção do público, particularmente depois do lançamento do ChatGPT 3.0 em novembro de 2022. O rápido aumento dos preços das ações das firmas relacionadas à IA sugere que, pelo menos, os participantes do mercado financeiro começaram a considerar as possibilidades transformadoras dessas tecnologias nas suas decisões de investimento. Dito isso, existe considerável incerteza acerca da aplicação, no mundo real, dos modelos já existentes de IA, sem se mencionar sua evolução futura. Como tal, não seria surpreendente se as famílias e as firmas respondessem cautelosamente aos desenvolvimentos de IA, ajustando suas decisões econômicas à medida que a tecnologia evolua e suas aplicações ao mundo real se tornem mais claras. (Aldasoro *et al.*, 2024, tradução nossa, p. 17)

32 Sistema de classificação da indústria norte-americana.

33 Modelo Dinâmico Estocástico de Equilíbrio Geral.

Ao abordar esse problema da incerteza, o modelo de Aldasoro *et al.* (2024) considera dois casos: o não antecipado e o antecipado. No caso não antecipado, os agentes observam o aumento da produtividade em decorrência do uso de IA quando esses ganhos ocorrem, mas não antecipam os novos ganhos que poderão acontecer no futuro. No caso antecipado, os agentes não só observam os ganhos de produtividade devidos à IA já ocorridos, mas também antecipam corretamente toda a trajetória futura dos aumentos da produtividade induzida pela IA. Os autores consideram como mais provável um cenário intermediário entre esses dois extremos:

Não é óbvio qual dos dois extremos é mais provável. Por um lado, os resultados dos modelos de vetores autorregressivos (VAR) e a história das tecnologias de propósito geral do passado sugerem que os choques tecnológicos têm inicialmente os efeitos desinflacionários [...], que seriam consistentes com uma antecipação imperfeita. Ao mesmo tempo, as valorações recordes, pelo mercado, das companhias que produzem IA ou o hardware necessário sugerem que, pelo menos, mercados financeiros antecipam que a IA aumentará o crescimento substancialmente. (Aldasoro *et al.*, 2024, – tradução nossa, p.4)

Os resultados do modelo indicam forte impacto da IA no PIB no horizonte de 10 anos: no caso não antecipado, o PIB poderá ser cerca de 30% maior do que seria sem os ganhos de produtividade proporcionados pela IA; no caso antecipado, cerca de 25% maior.

No caso não antecipado, os agentes aumentam menos seu consumo atual do que no caso antecipado; com a oferta em expansão a taxas consideráveis, os ganhos de produtividade decorrentes de IA tenderiam a ser desinflacionários no curto prazo; no longo prazo, porém, os efeitos da IA sobre a demanda agregada dominariam os efeitos sobre a oferta agregada.

Depois de cerca de quatro anos, os efeitos de equilíbrio geral devidos ao aumento do consumo e do investimento aumentariam a demanda agregada – e, portanto, os salários – o suficiente para fazer o impacto da IA tornar-se inflacionário (Aldasoro *et al.*, 2024, tradução nossa, p. 4),

de modo que, ao final do período de 10 anos, a inflação acabaria 0,75 pontos percentuais maior do que no cenário-base (sem a IA). O investimento, no caso não antecipado, experimentaria um sobreajuste no curto prazo, com aumento da capacidade produtiva da economia, e depois convergiria à trajetória de longo prazo.

No caso antecipado, os agentes, prevendo corretamente os ganhos de produtividade no horizonte relevante, suavizam a trajetória intertemporal de consumo, de modo que o consumo no curto prazo aumenta mais que no caso não antecipado, e o investimento, inicialmente, cai para acomodar esse consumo maior. Esse superaquecimento da demanda frente a um aumento mais modesto da oferta faz a inflação saltar para mais de 2 pontos percentuais acima do que seria no modelo sem IA. Assim, uma das principais diferenças entre os casos antecipado e não antecipado é que no curto prazo, pelo menos no primeiro ano, o caso antecipado apresentaria um hiato do produto positivo, enquanto no não antecipado, esse hiato seria negativo.

Ao analisar os efeitos da IA sobre os diferentes setores da economia, Aldasoro *et al.* (2024) destacam que esses impactos no longo prazo são os mesmos para os casos antecipado e não antecipado.

Três observações se destacam. Primeiro, o valor adicionado aumenta em todas as indústrias e reflete a natureza da IA como tecnologia de propósito geral. Segundo, o impacto varia significativamente entre indústrias, de 50% de aumento em valor adicionado nos setores de manufatura e de serviços imobiliários a cerca de 20% na educação e nos serviços de gerência. Terceiro, não existe relação direta entre a exposição inicial da indústria à IA e o aumento do seu valor adicionado no longo prazo. Alguns setores que deveriam experimentar aumento menor de produtividade decorrente da IA, tais como serviços de artes e recreação, registram crescimento relativamente grande do produto. Outros, dos quais se esperaria que recebessem impulso grande na produtividade por causa de IA, tais como serviços de gerência, amargam aumentos menores do produto. Em geral, os setores primário<sup>34</sup> e secundário<sup>35</sup> apresentam maior aumento do produto, enquanto serviços profissionais estão na metade inferior da distribuição, com algumas notáveis exceções, tais como informação e comunicação e serviços imobiliários. (Aldasoro *et al.*, 2024, tradução nossa, p. 25-26)

Assim, os resultados de Aldasoro *et al.* (2024) sugerem que o aumento do valor adicionado em setores intensivos em mão de obra será menor do que em setores intensivos em capital.

## 7. IMPACTOS DA IA SOBRE O EMPREGO E A DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS EFEITOS

Gazzani e Natoli (2024) procuraram avaliar os impactos da inteligência artificial sobre crescimento econômico, inflação e mercado de trabalho, usando os dados de patentes do Instituto Americano de Patentes e Marcas no período de 1980 a 2019. Os pesquisadores categorizaram as patentes de acordo com seu conteúdo de IA no intuito de antecipar o peso dela nos futuros desenvolvimentos tecnológicos. Usando a técnica de projeções locais, que permite a análise da resposta das variáveis a choques sem se recorrer a modelos como VAR<sup>36</sup>, os autores chegaram ao resultado de que o incremento da intensidade de IA nas inovações tecnológicas americanas gera aumento da produção industrial e declínio de preços ao consumidor, em linha com um choque de oferta positivo. Esses efeitos provêm do crescimento da produtividade total dos fatores proporcionado pela IA.

Assim, segundo Gazzani e Natoli (2024), a economia se beneficia do progresso tecnológico gerado pela IA: historicamente, a inovação de IA aumentou o emprego e os salários, mesmo nos setores com maior exposição a ela. Ademais, os pesquisadores identificaram que as

34 Exemplos: agricultura, mineração.

35 Exemplos: manufatura, serviços industriais de utilidade pública, construção.

36 Vetores Autorregressivos (VAR) são modelos estatísticos usados para fazer projeção de séries temporais e analisar os impactos de choques dinâmicos entre múltiplas variáveis ao longo do tempo. Eles generalizam os modelos autorregressivos (AR) univariados, permitindo que cada variável seja uma função de seus próprios valores passados e dos valores defasados de outras variáveis do sistema.

diferenças intersetoriais do impacto da IA sobre empregos e salários são pequenas, o que indica a predominância do efeito expansionista geral sobre a economia em decorrência da sua adoção.

O estudo da PWC (2018) utilizou modelos econométricos para estimar os impactos da IA sobre o PIB e o emprego globalmente, bem como para diferentes regiões do mundo. Estimou-se que em 2030 o PIB global poderia ser 14% maior devido ao uso da IA, em comparação com o cenário sem IA.

O impacto econômico da IA será impulsionado por: a) ganhos de produtividade devido à automação dos processos de negócios e ao aumento da sua força de trabalho com as tecnologias de IA (inteligência assistida, autônoma e aumentada); e b) aumento da demanda dos consumidores resultante da disponibilidade de produtos personalizados/de alta qualidade aprimorados pela IA. (PWC, 2018, tradução nossa, p. 3)

Ao avaliar os impactos geográficos, o estudo da PWC (2018, p. 3) aponta que a América do Norte e a China serão as regiões mais beneficiadas economicamente pela IA. Na América do Norte, destacam-se condições favoráveis para adoção mais rápida e eficaz das tecnologias proporcionadas pela IA. Assim, espera-se que a adoção da IA impulse o PIB da região em 14,5% até 2030 e o da China em 26,1%, o que responde por 70% do aumento do PIB global devido à nova tecnologia.

Para a América Latina, o estudo estima aumento de 5,4% do PIB devido ao uso da IA até 2030, o que corresponde à geração de US\$ 0,5 trilhão a mais de valor adicionado na economia da região.

Em relação aos impactos setoriais para a economia global, projeta-se que

Os ganhos econômicos da IA serão auferidos por todos os setores da economia; espera-se que todas as indústrias experimentarão aumento do produto de, aproximadamente, pelo menos 10% até 2030.

O setor de serviços, que abrange saúde, educação, serviços públicos e recreação, deverá ganhar mais (21%); espera-se que o comércio varejista e atacadista, bem como serviços de hospedagem e alimentação, também experimentem grande aumento (15%).

Transporte e logística, bem como serviços financeiros e profissionais, também apresentarão ganhos significativos, porém menores, no PIB até 2030, como resultado da IA (10%), mas os serviços financeiros se beneficiarão de forma particularmente rápida no curto prazo. (PWC, 2018, – tradução nossa, p. 3-4)

Acerca dos efeitos da IA sobre o mercado de trabalho, PWC (2018, p. 4) apresenta o seguinte resultado:

Estimamos que 326 milhões de empregos serão impactados pela IA até 2030 e também encontramos evidências que corroboram a mudança tecnológica baseada na qualificação. Assim como em nossa análise dos efeitos no PIB, o impacto sobre a mão de obra não significa necessariamente os novos empregos que serão criados como resultado direto da IA, mas a quantidade de empregos que dependerão e serão

fortemente impactados pela IA. Curiosamente, a maioria desses empregos serão não qualificados, porém, proporcionalmente, os empregos qualificados serão impactados mais positivamente. (PWC, 2018, tradução nossa, p. 4)

## 8. CONCLUSÃO

Os diferentes estudos na literatura econômica que se propõem a projetar os impactos do uso de IA sobre as variáveis econômicas como PIB, inflação e emprego, convergem em alguns pontos, mas divergem significativamente quanto aos números estimados, o que revela a considerável incerteza que há nesse exercício de previsão. Também há divergências em relação a quais setores serão mais ou menos afetados pela IA: enquanto uns apontam que a manufatura apresentará os maiores ganhos de produto frente aos demais setores, outros estimam que alguns serviços poderão liderar esse aumento.

Entre os pontos que podem ser considerados consensuais, está a previsão de que o PIB e a produtividade total dos fatores experimentarão *algum* crescimento devido ao uso de IA em relação ao cenário sem IA. Os empregos serão impactados, mas isso não ocasionará necessariamente aumento do desemprego. Poderão ocorrer a criação de novos empregos e a requalificação da mão de obra para as novas atividades.

## REFERÊNCIAS

ACEMOGLU, Daron. **The simple macroeconomics of AI**. [S. l.]: MIT, 2024. Disponível em: <https://economics.mit.edu/sites/default/files/2024-04/The%20Simple%20Macroeconomics%20of%20AI.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2025.

ALDASORO, Iñaki *et al.* **The impact of artificial intelligence on output and inflation**. Bank for International Settlements, 2024.

BRYNJOLFSSON, Erik; ROCK, Daniel; SYVERSON, Chad. The productivity J-curve: how intangibles complement general purpose technologies. **American Economic Journal: Macroeconomics**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 333-372, jan. 2021.

BRYNJOLFSSON, Erik; LI, Danielle; RAYMOND, Lindsey. **Generative AI at work**. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2023. Working Paper, n. 31180. Disponível em: <https://www.nber.org/papers/w31180>. Acesso em: 13 mar. 2026.

ELOUNDOU, Tyna *et al.* **GPTs are GPTs: an early look at the labor market impact potential of large language models**. [S. l.]: arXiv, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2303.10130>. Acesso em: 13 mar. 2026.

GAZZANI, Andrea Giovanni; NATOLI, Filippo. **The macroeconomic effects of AI innovation**. [S. l.]: SSRN, 2024. (SSRN Working Paper, n. 4938014). Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=4938014>. Acesso em: 25 abr. 2025.

GOLDMAN SACHS. **Generative AI could raise global GDP by 7 percent**. [S. l.]: Goldman Sachs, 2023. Disponível em: <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/generative-ai-could-raise-global-gdp-by-7-percent.html>. Acesso em: 14 abr. 2025.

GRIES, Thomas; NAUDÉ, Wim. Modelling artificial intelligence in economics. **Journal for Labour Market Research**, [s. l.], v. 56, n. 1, p. 1-17, dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12651-022-00319-1>. Acesso em: 13 mar. 2026.

HULTEN, Charles R. Growth accounting with intermediate inputs. **The Review of Economic Studies**, [s. l.], v. 45, n. 3, p. 511-518, out. 1978. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2297012>. Acesso em: 13 mar. 2026.

KORINEK, Anton; SUH, Donghyun. **Scenarios for the transition to AGI**. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2024. (Working Paper, n. 32260).

NOY, Shakked; ZHANG, Whitney. Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence. **Science**, [s. l.], v. 381, n. 6654, p. 187-192, jul. 2023.

PENG, Sida *et al.* **The impact of AI on developer productivity**: evidence from GitHub Copilot. [S. l.]: arXiv, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2302.06590>. Acesso em: 16 abr. 2025.

PRICEWATERHOUSECOOPERS. **The macroeconomic impact of artificial intelligence**: technical report. London: PwC, 2018. Disponível em: <https://www.pwc.co.uk/economic-services/assets/macro-economic-impact-of-ai-technical-report-feb-18.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2025.

SVANBERG, Maja *et al.* **Beyond AI exposure**: which tasks are cost-effective to automate with computer vision?. [S. l.]: SSRN, 2024. (MIT CSAIL FutureTech Working Paper). Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=4700751>. Acesso em: 16 abr. 2025.

## Regulamentação de plataformas de intermediação de serviços de transporte de passageiros: controle de possíveis efeitos negativos na renda do trabalhador causados pelo uso de inteligência artificial

Iuri Gregório de Souza<sup>37</sup>

As plataformas de intermediação de serviços de transporte individual de passageiros, tais como Uber, 99 e Indrive, transformaram radicalmente os hábitos dos consumidores desses serviços, tanto na forma de se deslocar quanto nas decisões de adquirir ou não um meio de transporte. A Uber foi pioneira e iniciou suas operações no Brasil em 2014. Desde então houve crescente adesão de clientes e motoristas ao ecossistema das plataformas, de modo que os impactos sociais de suas operações se tornaram muito significativos e naturalmente suscitaram questionamentos sobre a necessidade de uma regulação específica para o tratamento de questões de diversas naturezas: tratamento tributário, enquadramento previdenciário, vínculo empregatício, responsabilidade civil, trânsito, direitos e deveres de motoristas e passageiros, entre outros.

Este trabalho foca na questão da precificação dos serviços, mais precisamente no efeito de um suposto uso de inteligência artificial (IA) no mecanismo de precificação. Esse mecanismo resultaria em prejuízo aos motoristas parceiros e poderia ser atenuado por meio de regulação adequada, que criasse incentivos para que houvesse convergência dos interesses das plataformas com os dos motoristas e, adicionalmente, induzisse os motoristas a declararem exatamente suas expectativas de remuneração pelos serviços.

Há diversas formas de precificação dos serviços de intermediação das plataformas, que inevitavelmente impactarão na parcela de remuneração do serviço de transporte que será apropriada pelo motorista. Modelos de assinatura, em que o motorista paga uma taxa mensal para uso da plataforma, de precificação por valor fixo por corrida e de precificação por percentual fixo do valor da corrida não criam oposição de interesses entre motoristas e plataformas, pois é interesse mútuo que o valor cobrado do cliente do transporte seja o maior

---

37 Consultor legislativo da Área IX, Política e Planejamento Econômicos, Desenvolvimento Econômico e Economia Internacional, da Câmara dos Deputados.

possível. O modelo que pode causar prejuízo ao motorista é aquele com percentual variável sobre o valor da corrida, pois, na ausência de transparência na forma da definição desse percentual, haveria espaço para que as plataformas se apropriassem de um valor substancial do que a ciência econômica caracteriza como “excedente do produtor”.

O excedente do produtor seria o valor superior ao mínimo aceitável que um produtor estaria disposto a receber por um produto ou serviço. No presente caso, se, por exemplo, um motorista se dispõe a fazer uma corrida por, no mínimo, R\$ 20,00, mas recebe R\$ 30,00, então seu excedente é de R\$ 10,00. Mas qual seria o mecanismo que uma plataforma utilizaria para se apropriar de parte desse excedente, e como uma regulação poderia tornar mais justa a relação?

Primeiramente é preciso estabelecermos um pressuposto: a plataforma tem relevante participação no mercado, a ponto de os motoristas entenderem que fora dela dificilmente conseguiriam encontrar clientes em volume suficiente para tornar a operação economicamente sustentável. Desse pressuposto decorre uma hipótese relevante: a plataforma tem uma grande massa de dados baseada no histórico de viagens de seus motoristas e clientes cadastrados e trata, com IA, esses dados com a finalidade de criar estimativas do excedente de cada agente. O excedente do motorista (o produtor) já foi abordado; o do passageiro (do consumidor) é similar, mas em sentido inverso: o excedente é o quanto o passageiro pagou a menos do que o máximo que estava disposto a pagar. Se pagaria até R\$ 30,00 por uma viagem, mas paga R\$ 20,00, teve um excedente de R\$ 10,00.

A plataforma, por óbvio, tenta maximizar seus lucros. Não havendo restrição legal, como uma plataforma com taxa de intermediação de percentual variável maximiza seu lucro? Ela paga o mínimo possível ao motorista e cobra o máximo possível do passageiro, mas o faz de tal forma que o mecanismo seja disfarçado por trás de um percentual variável de taxa de intermediação. Imagine-se um motorista com largo histórico de operações as quais permitem à plataforma estimar com boa precisão que, em determinada viagem, ele aceite receber, no mínimo, R\$ 50,00. Do outro lado, para essa mesma viagem, há um passageiro, também com largo histórico, de modo que a plataforma estima com boa precisão que ele pagaria, no máximo, R\$ 100,00. A plataforma, ao maximizar, vai cobrar R\$ 100,00 do passageiro e dizer ao motorista que a taxa de intermediação será de 50%, repassando ao motorista exatamente o mínimo que ele se dispunha a aceitar. Se o mínimo aceitável pelo motorista fosse R\$ 60,00, então a taxa de intermediação seria de 40%, se fosse R\$ 80,00, a taxa de intermediação seria 20%. O que se quer demonstrar é que o motorista não consegue entender como se dá a precificação da taxa de intermediação, porque a cada viagem ela se apresenta com valor diferente sem uma lógica aparente. A lógica reside na apropriação de eventuais excedentes de passageiros e motoristas, de forma que o percentual da taxa de intermediação será maior quanto maior for a diferença entre o que o passageiro está disposto a pagar e o que o motorista está disposto a receber.

Em conjunto à precificação da intermediação desarrazoada, tendo em vista que retira do motorista o direito a uma taxa de intermediação transparente, também haveria um

conjunto de práticas para pressionar o motorista a aceitar uma corrida inapropriada. Três práticas em especial amplificam a desvantagem do motorista: oferta de vantagens a motoristas que rejeitam poucas corridas, curto prazo para aceitar ou negar uma corrida e penalização de motoristas que desistem de uma corrida que já tenham aceitado. Em uma viagem típica, um motorista recebe a informação da distância dele ao passageiro, do passageiro ao destino, do tempo estimado do deslocamento e do valor que pode receber pela viagem. Outros motoristas também estão disputando os passageiros, de forma que apenas o mais rápido a aceitar pega a corrida. É uma situação muito apropriada para a tomada de uma decisão ruim: há pouco tempo para se calcular se a viagem é economicamente favorável e há grande chance de se aceitar uma corrida que, com tempo suficiente de reflexão deveria ser rejeitada; e, lembre-se, rejeitar uma corrida após seu aceite acarreta sanções pela plataforma.

Uma solução aparentemente adequada seria obrigar a plataforma a definir um percentual fixo de intermediação (a definição pelo próprio Estado dessa taxa seria grave interferência na liberdade de precificação). Se assim fosse, haveria alinhamento de interesses entre plataforma e motorista, pois as plataformas se esmerariam em extrair o máximo dos passageiros, de modo a aumentar tanto sua remuneração quanto a do motorista. Não há qualquer impropriedade econômica no uso de IA para se cobrar o máximo do passageiro, pois os passageiros não estão numa relação de dependência com a plataforma, com uma multiplicidade de alternativas de transporte a sua disposição. Mas a taxa de intermediação fixa ainda é uma solução passível de aprimoramento. Com uma taxa fixa, algumas corridas com valor para as partes deixariam de ser realizadas, com perda para motoristas, passageiros e plataformas. Por exemplo, numa proposta de viagem em que o passageiro se dispõe a pagar R\$ 50,00, um possível motorista se dispõe a receber R\$ 40,00, e a taxa de intermediação é fixada em 25%, a viagem não seria realizada, pois ao motorista restaria R\$ 38,50, abaixo de seu mínimo exigível. E se, para casos como esses, a taxa de intermediação pudesse ser reduzida, mas compensada posteriormente, mantendo-se a média de remuneração da plataforma fixa em seu montante global? Ou seja, ao invés de se aferir a taxa de intermediação viagem por viagem, afere-se a taxa ao final de um período sobre todo o montante de viagens realizadas, como um mês, por exemplo. Dessa forma, se um motorista faz R\$ 10.000,00 em viagens durante um mês e a plataforma estabelece uma taxa de 25%, não haveria óbice a uma ou outra viagem com taxas superiores ou inferiores, desde que o montante das taxas de intermediação resultasse em R\$ 2.500 ao final do mês. Desse modo, não haveria necessidade de supressão de nenhuma viagem.

Do exposto, a obrigação da fixação de uma taxa média de intermediação resulta melhor que uma taxa fixa. Mas ainda há uma inconveniência: e se um motorista faz uma série de viagens que, ao final do mês resultam em uma taxa média de 20% sobre um total de R\$ 10.000,00, apesar de a plataforma ter estipulado uma taxa de 25%? O motorista deveria efetuar um pagamento de R\$ 500,00 à plataforma para que a taxa fosse efetivamente de 25%. Os motoristas, assim, não teriam segurança de que os valores que lhes são repassados poderiam ser

apropriados, mas insegurança sobre os ganhos auferidos. A solução precisaria evoluir para a definição de uma taxa média máxima de intermediação. Ou seja, a plataforma define o máximo que a taxa média pode custar ao motorista, de forma que, se a taxa resultar menor ao final de um mês, nenhum desembolso seria devido por parte do motorista.

No que diz respeito à taxa de intermediação, essa parece a melhor solução, mas ainda haveria um fator a ser corrigido: o mínimo que o motorista se dispõe a receber precisa ser respeitado, e ainda haveria espaço para a plataforma induzi-lo a fazer corridas que ele não gostaria de fazer. Por exemplo, se para determinada corrida, um passageiro se dispõe a pagar R\$ 50,00 e, o motorista, por sua vez, se dispõe a receber, no mínimo R\$ 55,00, é esperado que essa corrida não seja feita, pois seria prejudicial ao motorista. Mas isso poderia ocorrer, porque, apesar de o motorista ter claro seus parâmetros de aceitação, numa proposta de viagem, a necessidade de uma resposta rápida, frente à possibilidade de perder a viagem para outro motorista, poderia provocar um erro de cálculo do motorista em situações limites. Para as plataformas essa situação é favorável, pois aumenta a quantidade de viagens feitas, o que aumenta seus lucros e a satisfação dos passageiros. Haveria, portanto, oposição de interesses entre plataformas e motoristas.

O que os motoristas têm claramente como parâmetros é o quanto querem receber por quilômetro e por minuto. Cada motorista tem seus parâmetros, que também podem mudar a depender de onde está, do dia ou do horário. Se fosse permitido ao motorista informar à plataforma (e alterar a qualquer momento) o quanto espera receber, no mínimo, por quilômetro e por minuto, e a plataforma, por sua vez, se obrigasse a respeitar esses limites, encaminhando apenas propostas iguais ou superiores ao mínimo estipulado, já não haveria mais espaço para erro de cálculo. Além disso, retiraria do motorista a tarefa de avaliar propostas ruins, pois estas nem lhe seriam encaminhadas. Adicionalmente, se a plataforma também informasse o quanto determinada viagem é percentualmente superior ao mínimo estipulado, então a solução estaria completa.

Tome-se como exemplo um motorista que estipule receber R\$ 1,00 por quilômetro e R\$ 1,00 por minuto. O que ocorre se um passageiro que está disposto a pagar R\$ 10,00 por uma viagem com deslocamento total estimado em 6 quilômetros e duração estimada de 6 minutos? Essa proposta não seria encaminhada a esse motorista, pois seus parâmetros indicados exigiriam, no mínimo, R\$ 12,00 por essa viagem. Mas e se o cliente estivesse disposto a pagar R\$ 15,00 pela mesma viagem? Nesse caso a proposta seria encaminhada, e ainda seria informado ao motorista que haveria uma vantagem de 25% nessa viagem, pois R\$ 15,00 é 25% superior ao mínimo aceitável de R\$ 12,00.

Essa solução colocaria o motorista em uma situação muito mais adequada para tomar decisões, pois, além de não ter de avaliar se uma proposta é boa ou ruim, teria de decidir entre propostas boas com informações resumidas de fácil comparação, tais como: uma viagem de R\$ 20,00 com 50% de vantagem ou uma viagem de R\$ 30,00 com 10% de vantagem. Além disso, como haveria liberdade de alterar os parâmetros a qualquer tempo, o motorista ganharia flexibilidade para otimizar sua estratégia de ganhos, reduzindo, por exemplo, seus

preços ao voltar para casa (é melhor ganhar pouco do que rodar sem passageiro), ou reduzindo seus preços para se deslocar em direção a um ponto de maior demanda.

Essa solução traria também eficiência de precificação, pois desincentivaria naturalmente qualquer tentativa de os motoristas auferirem vantagens cadastrando parâmetros diferentes daqueles que realmente desejam. Como será demonstrado, se um motorista quer receber R\$ 1,00 por quilômetro, qualquer definição de parâmetro diferente desse valor lhe traria prejuízo, ou seja, o melhor que cada motorista faz é não omitir o que realmente quer, porque, ao final, cada um receberá aquilo que desejar.

Para entendermos como haveria desincentivo ao cadastro de parâmetros diversos dos ideais com a finalidade de auferir vantagem, imagine-se que haja dois motoristas igualmente distantes de um passageiro que esteja disposto a pagar R\$ 30,00 por uma viagem. O preço mínimo do motorista A é R\$ 10,00 e o preço mínimo do motorista B é R\$ 20,00. À primeira vista pode-se pensar que à plataforma seria indiferente encaminhar a corrida a um ou outro motorista, afinal, sua taxa de intermediação seria, em princípio, a mesma. Ocorre que a melhor estratégia da plataforma é encaminhar a corrida ao motorista B, com a finalidade de ampliar a disponibilidade de serviço, pois é sempre melhor ter um motorista de baixo preço à disposição. O que ocorreria se, por exemplo, a viagem fosse executada pelo motorista A e, na sequência, surgisse um novo passageiro que desejasse fazer uma viagem semelhante, mas estivesse disposto a pagar R\$ 15,00? Essa viagem não seria realizada, pois o motorista B, que restou, não aceitaria realizar essa viagem, mas se o motorista A ainda estivesse disponível essa viagem seria realizada. Dessa forma, para ampliar a disponibilidade de serviço, a melhor estratégia da plataforma seria sempre encaminhar a viagem ao motorista com preço mínimo mais próximo do preço que o passageiro está disposto a pagar. Para os motoristas, qualquer estratégia de estabelecer parâmetros diversos do que consideram ideal, com a finalidade de ampliar a quantidade de clientes, seria contraproducente, pois, por exemplo, ao reduzir seus parâmetros, o efeito seria perder clientes que estivessem dispostos a pagar mais por uma viagem e ganhar mais clientes que estivessem dispostos a pagar menos por uma viagem. Ou seja, cada um terá aquilo que pedir.

Cabe observar que há uma pluralidade de motoristas, com natureza de custos muito distintas. Um detentor de carro elétrico, por exemplo, tem um custo fixo alto (o investimento no veículo é maior), mas um custo variável baixo (o combustível é mais barato). Para esse motorista, convém fazer viagens com valor baixo por quilômetro (precisa diluir rapidamente os custos fixos), em comparação com um detentor de um veículo a combustão interna (tem custo por quilômetro maior). É importante termos em mente essa diversidade de custos e como ela afetaria a decisão dos motoristas no cenário atual, com taxas variáveis de intermediação, e num cenário em que a solução aqui proposta estivesse em vigor.

No cenário atual, é compreensível que todos os motoristas reduzam suas margens com a finalidade de acessar mais corridas, pois a melhor estratégia da plataforma no cenário atual é sempre encaminhar a corrida para o motorista que aceita o menor preço, pois a plataforma auferirá maior taxa de intermediação quanto menor for o mínimo exigível do motorista. Daí

decorrem muitas críticas dos motoristas a outros motoristas que aceitam preços muito baixos, o que, de fato, faz sentido nesse cenário, pois provocam o aumento da margem de ganho das plataformas e uma queda nos ganhos dos motoristas. Também faz surgir uma demanda recorrente dos motoristas: o que chamam de “arranque mínimo”. O arranque mínimo seria um valor mínimo que qualquer viagem poderia custar. Esses pontos estão essencialmente ligados à tentativa de os motoristas protegerem suas margens frente à capacidade de as plataformas se apropriarem do excedente do produtor, explicado no início deste trabalho.

Contudo, num cenário em que a solução proposta foi aplicada, essas questões seriam naturalmente resolvidas. Não haveria razão para um motorista achar que a precificação a menor por outro motorista lhe causasse prejuízo, pois, como demonstrado anteriormente, cada um teria o seu próprio nicho de mercado, caracterizado pelo preço médio por quilômetro e minuto da corrida. A definição de arranque mínimo também não faria sentido por dois motivos. O primeiro ponto é que, se a viagem é barata não é porque a plataforma está se apropriando do ganho do motorista (a taxa de intermediação foi controlada), mas porque o cliente não se dispõe a pagar mais, e retirar essas viagens poderia resultar em menos clientes cadastrados na plataforma, clientes que, por mais que queiram na maioria das vezes viagens baratas, eventualmente se dispõem a fazer viagens mais caras. Um segundo ponto muito importante, o qual os defensores do arranque mínimo parecem não compreender, é que, se um motorista quer fazer essa viagem de baixo preço, os outros motoristas ficam em vantagem, pois quem faz a viagem deixa de concorrer com o restante enquanto faz a viagem.

Em resumo, a solução se traduz em duas frentes: estipulação de uma taxa média máxima de intermediação e respeito a parâmetros mínimos de ganho por quilômetro e minuto definidos pelos motoristas, com informação sobre a vantagem da viagem<sup>38</sup>.

---

38 Essa é a solução proposta no primeiro substitutivo ao Projeto de Lei Complementar 12/2024, apresentado pelo deputado Augusto Coutinho.

# **AUTORES CONVIDADOS**

# Caminhos da inteligência artificial generativa: uma avaliação crítica de suas implicações para o Brasil

Willian Boschetti Adamczyk<sup>39</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Mudanças tecnológicas, transições demográficas, fragmentação geoeconômica e mudanças climáticas estão transformando os mercados de trabalho globais. Separados ou em conjunto, esses fatores devem redefinir as dinâmicas de emprego até 2030 (WEF, 2025, p. 5). Entre esses fatores, a tecnologia tem historicamente desempenhado papel central, reorganizando mercados e gerando debates sobre seus impactos nas oportunidades e condições de trabalho (Goldin e Katz, 1998, p. 693).

No início do século XXI, as mudanças tecnológicas mais transformativas no ambiente de trabalho foram a crescente presença de computadores e da robótica (Krueger, 1993, p. 33; Autor; Katz; Krueger, 1998, p. 1169). Duas décadas depois, elementos de inteligência artificial (IA), como aprendizado de máquina e grande volume de dados, passaram a integrar as possibilidades de automação. Frey e Osborne (2017, p. 254) estimaram que 47% dos empregos nos Estados Unidos enfrentarão alto risco de automação ao longo de 25 anos. No entanto, Arntz, Gregory e Zierahn (2017, p. 157) ofereceram perspectiva mais conservadora, sugerindo que apenas 9% das ocupações nos países desenvolvidos estariam sob risco elevado.

Estudos para o mercado de trabalho brasileiro, como os de Albuquerque *et al.* (2019, p. 227) e Kubota e Maciente (2019, p. 23) estimaram que mais da metade dos empregos formais no país estão em ocupações com alto risco de automação. No setor público, Adamczyk, Monasterio e Fochezatto (2021, p. 1) encontraram que 20% dos servidores federais desempenhavam tarefas com alto potencial de automação.

No curto prazo, porém, acredita-se que o desemprego tecnológico está distante de ser uma força ameaçadora. As taxas de desemprego permanecem em níveis historicamente baixos, recuperando-se vigorosamente após a maior pandemia do século. Em 2024, os Estados Unidos e o Brasil registraram taxas mínimas de 4% e 6%, respectivamente (Estados Unidos, 2024; IBGE, 2024).

Nesse contexto dual, a inteligência artificial generativa (IAG) é a mais recente inovação tecnológica que suscita o debate sobre a destruição e precarização de empregos, indo além do

---

39 Doutor em economia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Consultor e ex-economista na Organização Internacional do Trabalho (OIT). Ex-coordenador de pesquisa da unidade de pesquisa Evidência Express, da Escola Nacional de Administração Pública (Enap).

escopo da automação e avançando sobre tarefas que antes eram consideradas exclusivas da competência humana. Frey e Osborne (2023, p. 161) fizeram uma reavaliação de suas estimativas, considerando que as aplicações de inteligência artificial evoluíram em velocidade impressionante, especialmente na forma de modelos de linguagem de grande escala (LLM, *Large Language Models*). Por trás das promessas que as inovações possam impulsionar a produtividade, há incertezas quanto à geração de novos postos de trabalho em quantidade suficiente para compensar os eliminados, especialmente entre os grupos mais vulneráveis (Brynjolfsson; McAfee, 2014, p. 126).

Até o momento, as evidências indicam efeitos heterogêneos sobre os setores econômicos. Na indústria, o aumento do uso de robôs, reduz o emprego líquido e desloca trabalhadores para atividades de menor valor agregado na França (Acemoglu; Lelarge; Restrepo, 2020, p. 383) e no Brasil (Adamczyk, 2022, p. 67; Stemmler, 2023, p. 1). A previsibilidade do trabalho industrial facilita a adoção de robôs e algoritmos, que otimizam processos produtivos por meio de sensores e tecnologias avançadas em ambientes controlados (Frey e Osborne, 2017, p. 254).

Cenários de escassez de mão de obra, como o envelhecimento populacional, aceleram a adoção de automação, o que pode ser um fator essencial para se evitar a paralisia em setores de serviços (Acemoglu; Restrepo, 2022, p. 1; Adamczyk, 2022, p. 1). A imprevisibilidade das tarefas, somadas às demandas físicas e emocionais, dificultam a atração e a retenção de trabalhadores em serviços chave. No Japão, por exemplo, robôs de monitoramento e mobilidade complementam atividades de cuidadores em casas de repouso, o que reduz a carga de trabalho humano, melhora as condições laborais e contribui para atrair e reter profissionais (Lee; Iluzuka; Eggleston, 2025, p. 1). No serviço público brasileiro, Adamczyk (2022, p. 1) também mostra que a adoção de tecnologias de automação pode aliviar em 22% a necessidade de contratação de servidores adicionais nos setores saúde e educação.

Assim, a evolução dos usos da inteligência artificial no mercado de trabalho aponta para transformações complexas, que podem tanto aumentar a produtividade quanto agravar desigualdades e precarizar as condições de trabalho. Este artigo analisa a extensão e a heterogeneidade dos impactos da IAG à luz de evidências empíricas recentes. O estudo busca, ainda, refletir sobre o papel das políticas públicas na mitigação de riscos socioeconômicos e na promoção de uma transição tecnológica justa.

A próxima seção examina as mudanças recentes no mercado de trabalho, com foco nos impactos da automação e da IA. A seguir, analisa-se em quais contextos a IAG pode aprofundar desigualdades e identificam-se os grupos mais vulneráveis. Por fim, a última seção discute soluções em políticas públicas, incluídos investimentos em infraestrutura, estratégias de aprendizado contínuo e medidas de proteção social, com vistas a mitigar os riscos e maximizar as oportunidades geradas pela adoção da IAG.

## 2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA: DESSA VEZ, SERÁ DIFERENTE?

Restam poucas dúvidas de que as tecnologias de inteligência artificial alteram profundamente a execução de tarefas e de processos de trabalho. Um exemplo emblemático é o crescimento do ChatGPT, que se tornou a ferramenta de adoção mais rápida já registrada. De acordo com a OpenAI<sup>40</sup>, empresa responsável pela tecnologia, o ChatGPT alcançou a marca de 100 milhões de usuários em apenas dois meses após seu lançamento, em 2022. Em 2024, a quantidade de usuários ativos semanais atingiu 300 milhões, evidenciando uma adoção inicial exponencial e manutenção de engajamento ao longo do tempo. No começo de 2025, o lançamento da IA chinesa DeepSeek balançou os mercados de ações globais ao oferecer maior poder computacional a uma fração do custo de seus concorrentes, efeito de uma corrida para lançamento de modelos cada vez mais avançados.

Para o Brasil e demais países da América Latina, as primeiras estimativas do potencial impacto da IAG são apresentadas por Gmyrek, Winkler e Garganta (2024, p. 23). Os autores classificam tarefas com base na viabilidade técnica de serem realizadas pelo GPT-4 ou tecnologias semelhantes. Os empregos são categorizados em três grupos: aqueles com potencial de serem automatizados; aqueles que podem ser incrementados<sup>41</sup> (*augmented*) e aqueles com impactos incertos quanto à direção, agrupados na categoria *The Big Unknown*. Esta última inclui ocupações que, dependendo do progresso tecnológico e do uso de demais aplicações, podem se encaminhar para automação ou incremento. O gráfico 1 ilustra os resultados das estimativas dos autores.

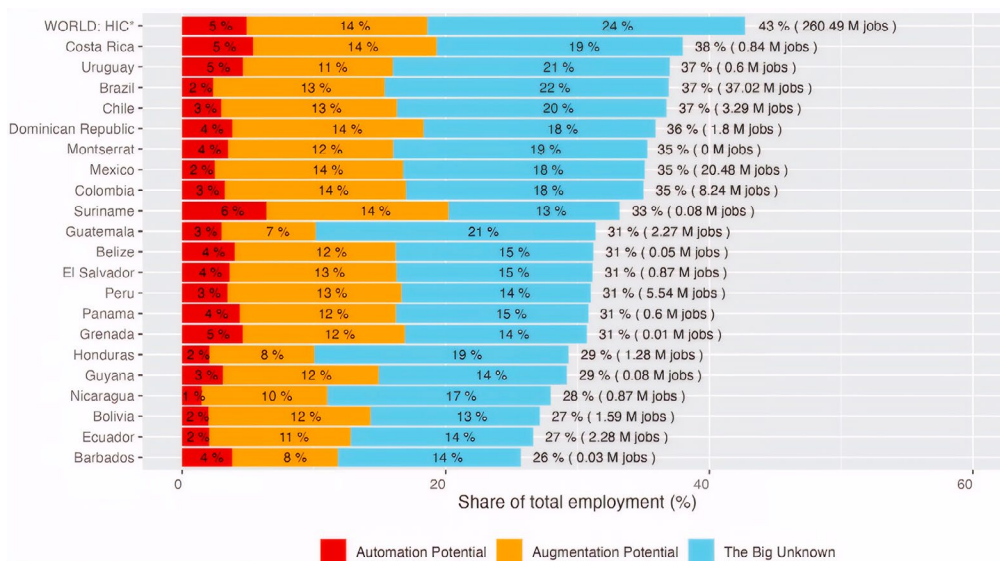
Gmyrek, Winkler, Garganta (2024, p. 23) explicam que a parcela do emprego exposta à IAG está diretamente correlacionada ao nível de renda, uma vez que, em países mais ricos, as estruturas dos mercados de trabalho tendem a conter maior proporção de ocupações com interação direta com as tecnologias avançadas. O custo de capital, formalização dos trabalhadores, cobertura e qualidade de infraestrutura das tecnologias de informação são fatores que explicam o maior acesso às tecnologias de IAG em países desenvolvidos.

O Brasil fica entre os três países que mais se aproximam do percentual de empregos impactados pela AIG em países de alta renda. Enquanto nos países desenvolvidos a média é de 43% dos empregos, Costa Rica pontua com 38%, seguida de Uruguai, Brasil e Chile, todos com 37%. Bolívia, Equador e Barbados fecham a lista com os menores percentuais. No Brasil, apenas 2% do emprego está sob risco de automação, enquanto 13% encontram-se em ocupações que tendem a ser incrementadas com a utilização de IAG. A incerteza domina os resultados já que 22% do emprego se encontra na região de efeito desconhecido (Gmyrek, Winkler, Garganta (2024, p. 23).

---

40 Usuários divulgados em <https://x.com/OpenAINewsroom/status/1864373399218475440>.

41 Tradução própria de *augmented*. Enquanto a literatura de automação emprega o termo “complementar” para tarefas que são reforçadas por IA, o sentido de *augmented* vai além, ao transformar e possivelmente elevar a outro patamar as tarefas de ocupações que se beneficiam da IA.

GRÁFICO 1 – EXPOSIÇÃO À IAG POR PAÍSES DA AMÉRICA LATINA<sup>42</sup>.

Fonte: reproduzido de Gmyrek, Winkler, Garganta (2024, p. 23).

Estimativas anteriores de automação para o Brasil variavam entre 45 e 56% do emprego (Albuquerque *et al.*, 2019, p. 227; Kubota; Maciente, 2019, p. 23; Adamczyk, 2021, p. 61), enfocando tarefas a serem substituídas, mas sem precisar quantos seriam os empregos novos ou incrementados pela IA. A nova geração de estudos sobre IAG oferece estimativas também para ocupações que tendem a crescer com essas tecnologias. A exposição à IA passou a ser entendida como oportunidades de geração de crescimento econômico por meio do aumento da produtividade. Rapidamente, o foco deixou de ser o temor do desemprego tecnológico e passou a destacar a crescente necessidade de mão de obra exigida por essas inovações.

Dentre as evidências de incremento na produtividade do trabalho, Noy e Zhang (2023, p. 187) identificaram que trabalhadores que utilizaram o ChatGPT em tarefas de escrita obtiveram melhoras significativas na velocidade e na qualidade das entregas, especialmente entre os trabalhadores de menor nível de habilidade. Brynjolfsson, Li e Raymond (2025, p. 889) encontraram que agentes de suporte ao consumidor que utilizam ferramentas baseadas em inteligência artificial apresentaram aumento médio de 14% na produtividade, medida pela quantidade de problemas resolvidos por hora. Os ganhos foram mais expressivos entre trabalhadores novatos e de baixa qualificação, o que indica que essas ferramentas, além de aprimorar a eficiência, também criam oportunidades de aprendizado para os trabalhadores.

A literatura também discute até que ponto a inteligência artificial torna obsoletos os conhecimentos mais específicos que são típicos dos trabalhadores de altos rendimentos. A IAG torna o conhecimento avançado acessível a profissionais de nível intermediário, democratizando

42 Os autores explicam que a pesquisa de força de trabalho da Argentina abrange apenas as grandes cidades, o que distorce a exposição à IAG, sendo esta maior do que a de outros países (44%). Ela foi removida do gráfico para evitar confusão.

a *expertise* necessária para a realização de tarefas avançadas. Enquanto isso pode ser visto como uma forma de desvalorização da alta qualificação, um caminho provável se dá no uso da IAG como parceira ao complementar o trabalho humano, como fator de aumento da produtividade de trabalhadores com alto nível de conhecimento (Frey e Osbourne, 2023, p. 1; Acemoglu, 2025, p. 13).

Ocupações que demandam conhecimento especializado combinado à interação humana e pensamento criativo tendem a experimentar efeitos significativos de aumento da produtividade (Qiao; Rui; Xiong, 2024, p. 1804). Mesmo entre os trabalhadores de altas habilidades, é crescente a necessidade de requalificação (*reskilling*), dado que a IAG exige novas competências. A requalificação é essencial não apenas para aproveitamento dos benefícios da IA, mas também para se evitarem armadilhas associadas ao seu mau uso.

Em uma analogia, podemos comparar a IAG a uma "calculadora de texto", que combina informações para criar sentenças convincentes, mas, diferentemente de uma calculadora tradicional, pode produzir respostas incorretas ou desvinculadas da realidade. Assim, para que ganhos de produtividade se materializem, os trabalhadores devem utilizar as tecnologias de IAG com olhar crítico e parcimônia, para garantir resultados sem erros ou interpretações enganosas. A requalificação, portanto, não é apenas uma adaptação, mas um requisito indispensável para o uso eficaz e seguro dessas ferramentas.

Em mais um argumento contra a visão da IAG gerando desemprego tecnológico em massa, a empresa McKinsey & Company (2017) projeta que a economia global enfrentará déficit de mão de obra qualificada. Na visão dos autores a automação será essencial para suprir a demanda por trabalhadores, mas restrita pela falta de profissionais capacitados para desenvolver as tecnologias de IA. No Brasil, onde o setor de tecnologia já sofre com escassez de profissionais aptos a lidar com ferramentas de programação e automação, a nova geração de tecnologias baseadas em IA deve intensificar essa demanda. Aqueles que adquirirem habilidades específicas nesse campo estão expostos a maiores oportunidades de emprego e valorização salarial, o que demonstra a importância do aprendizado contínuo.

Responsabilização legal e técnica são requisitos intrínsecos de certas ocupações. Ainda que muitas tarefas sejam automatizáveis, decisões em ambiente de risco ou incerteza ainda precisam ser aprovadas por um humano. Essas responsabilidades dificilmente desaparecerão, pois é essencial que haja alguém para responder pela correta execução do processo técnico ou por eventuais falhas. No entanto, o trabalho de dois profissionais poderá ser realizado por um só, o que representa ganhos de produtividade. Esses seriam casos de um engenheiro civil, que aprova o projeto de uma ponte, ou de um médico, que decide pela execução de uma cirurgia de risco. Nessas ocupações é possível que os rendimentos aumentem à medida que os profissionais supervisionem um número maior de atividades que são executadas por meio das IAs. O crescimento da produtividade e volume também implica um maior grau de responsabilidade sobre os serviços prestados.

Contudo, há situações em que a responsabilidade decorrente do relacionamento com a empresa não é essencial, e a eliminação não acarretará perdas significativas para o empregador. Esse é o caso de atividades que podem ser transferidas para *freelancers* ou mesmo para os próprios clientes. Demirci, Hannane e Zhu (2025) analisam dados de plataformas *online* de trabalho *freelance* e evidenciam que tarefas de escrita são as mais afetadas pelo ChatGPT, seguidas pelo desenvolvimento de *software*, aplicativos e *sites*, e pela engenharia. Nos oito meses seguintes à introdução do ChatGPT, ocorreu redução de 21% na quantidade de vagas para trabalhos suscetíveis à automação, como escrita e programação, em comparação com empregos que exigem habilidades predominantemente manuais. Além disso, observaram diminuição de 17% na demanda por empregos em *design* gráfico e modelagem 3D após o lançamento de tecnologias de IA geradora de imagens, o que revela o impacto de curto prazo dessas ferramentas no mercado de trabalho.

Trabalhadores *freelancers*, por não estarem diretamente integrados aos processos internos das empresas, possuem nível reduzido de responsabilidade técnica sobre as decisões e os resultados organizacionais. Isso diminui a necessidade de habilidades especializadas e características pessoais que tradicionalmente eram exigidas para lidar com riscos e responsabilidades corporativas. Como resultado, pode-se observar gradual eliminação do prêmio salarial para profissionais que não respondem diretamente por responsabilidades da empresa.

Assim, o avanço da IAG impõe desafios complexos aos trabalhadores de todos os níveis de qualificação. Para alguns, pode significar valorização salarial e melhores condições de trabalho, enquanto, para outros, o rápido deslocamento pode acarretar tensões sociais, perda de renda e precarização. Uma análise mais detalhada dos grupos prejudicados pelo avanço da IA é fundamental para o embasamento de estratégias que mitiguem os impactos negativos e maximizem os benefícios dessa tecnologia para toda a sociedade.

### 3. QUANDO É A IA GENERATIVA DE DESIGUALDADES?

Apesar dos potenciais ganhos de produtividade, o impacto sobre a desigualdade dependerá de como as tecnologias serão implementadas e de como empresas, governos e trabalhadores reagirão a esses desafios (Acemoglu, 2025, p. 13). De modo geral, a má distribuição desses benefícios pode agravar desigualdades de renda e de condições de trabalho, especialmente se os principais favorecidos forem os profissionais altamente qualificados, que acabam intensificando as desigualdades já existentes ao obterem maiores ganhos em desempenho e produtividade.

Acemoglu e Restrepo (2019, p. 10) argumentam que as tecnologias podem ameaçar empregos e salários mesmo que não sejam inovações revolucionárias. Tecnologias "meia-boca" (*so-so technologies*) geram pouca ou nenhuma melhora em produtividade, mas são adotadas com o objetivo de substituir trabalhadores. Por vezes, as tarefas são transferidas para os próprios clientes das empresas. Exemplos incluem serviços telefônicos de voz oferecidos por IA, bem como em caixas de autoatendimento em supermercados. A pandemia de Covid-19

acelerou a adoção de tecnologias automatizadas, dada a demanda por soluções sem a interação ou contato humano (Demirci; Hannane; Zhu, 2025).

Essas tecnologias deslocam trabalhadores de suas funções anteriores sem necessariamente proporcionar benefícios significativos na qualidade do serviço prestado, ou até em termos de redução de custos. Acemoglu e Restrepo (2019, p. 10) argumentam que trabalhadores removidos de suas funções devido à automação frequentemente precisam competir com outros trabalhadores pelas poucas vagas remanescentes. Destino comum para muitos desses trabalhadores deslocados são ocupações de menor complexidade e nível salarial.

Os efeitos sobre gênero não são negligenciáveis. Gmyrek, Winkler e Garganta (2024, p. 28) mostram que o impacto da IAG sobre empregos predominantemente femininos é o dobro daquele observado nos empregos ocupados por homens. Porém, Aldasoro *et al.* (2024) encontraram que as mulheres têm menos probabilidade de usar inteligência artificial. Em média, 50% dos homens afirmaram ter utilizado a tecnologia nos últimos doze meses, enquanto apenas 37% das mulheres relataram o mesmo. O conhecimento sobre a IAG surge como principal fator impulsionador dessa disparidade e reflete uma lacuna de gênero mais ampla nas ocupações intensivas em tecnologia (Aldasoro *et al.*, 2024). O atraso relativo das mulheres no acesso a ocupações que podem se beneficiar da IAG pode ampliar a desigualdade salarial de gênero, dificultar a recolocação e o acesso a novas ocupações no mercado de trabalho.

Além das mulheres, os trabalhadores mais jovens, entre 15 e 34 anos, são especialmente afetados pelas tecnologias de automação (Gmyrek; Winkler; Garganta, 2024). Devido à menor experiência, muitos desses jovens conseguem seu primeiro emprego em funções rotineiras que exigem baixa qualificação inicial. A eliminação desses postos de trabalho, impulsionada pelo avanço das tecnologias de automação, pode dificultar a entrada desses jovens no mercado de trabalho formal.

A exclusão digital também dificulta a reabsorção de trabalhadores deslocados pela automação e reforça disparidades regionais e globais. Gmyrek, Winkler e Garganta (2024) mostram que o impacto positivo da IA pode ser limitado, já que quase metade dos trabalhadores que poderiam se beneficiar das assistências da IA enfrenta barreiras no acesso a tecnologias digitais.

Segundo o Fórum Econômico Mundial (2025), a expansão do acesso digital é considerada a mais transformadora das mudanças tecnológicas, em que 60% dos empregadores prevêem impactos significativos em seus negócios até 2030. No entanto, regiões periféricas, já marcadas por altos índices de pobreza e infraestrutura precária, enfrentam maiores dificuldades no acesso a tecnologias digitais. Isso tende a aprofundar ainda mais as desigualdades existentes, especialmente em países em desenvolvimento (Berg; Snene; Velasco, 2024, p. 5).

Assim, a próxima seção se aprofunda na discussão sobre soluções, na forma de políticas públicas, para enfrentamento dos desafios da exclusão digital e das desigualdades regionais, com vistas a se mitigarem os impactos negativos das transformações tecnológicas e se promover uma transição mais equitativa para a adoção da IA.

#### 4. INTELIGÊNCIA GENERATIVA DE SOLUÇÕES: INFRAESTRUTURA, APRENDIZADO CONTÍNUO E PROTEÇÃO SOCIAL

A promoção de desenvolvimento inclusivo e sustentável requer estratégias ativas para a equalização do acesso às tecnologias de IAG. Essas estratégias incluem o fortalecimento da infraestrutura digital, a promoção da transferência de tecnologia e o desenvolvimento de habilidades específicas em IA (Berg; Snene; Velasco, 2024, p. 5). O Fórum Econômico Mundial (2025) adiciona à lista o desenvolvimento de talentos e a promoção de colaborações público-privadas. Políticas públicas têm papel decisivo, especialmente para garantia de que todos os empregos ao longo da cadeia de valor sejam de qualidade, contribuindo ao fim para a melhora das condições de trabalho (Acemoglu; Autor; Johnson, 2023, p. 2; Berg; Snene; Velasco, 2024, p. 5).

As barreiras de infraestrutura são uma das principais fontes de exclusão digital, que dificultam a integração da inteligência artificial no ambiente de trabalho. A falta de conectividade, aliada à carência de habilidades digitais, limita o acesso a oportunidades tecnológicas (Berg; Snene; Velasco, 2024, p. 9). Embora avanços tenham ocorrido nas últimas décadas, serviços essenciais, como energia elétrica estável, saneamento, internet e telefonia móvel, ainda são precários em muitas regiões do Brasil. Para se enfrentar esse desafio, políticas públicas podem ampliar a conectividade e fortalecer as redes de comunicação, especialmente em áreas remotas onde o acesso é limitado. Parcerias com o setor privado podem acelerar a expansão desses serviços, com ênfase na inclusão digital como meio de se reduzirem desigualdades regionais.

Dentre as soluções educacionais, destaca-se a promoção do aprendizado contínuo (*lifelong learning*) e a oferta de incentivos para qualificação e requalificação profissional, em conformidade com as tendências de automação e as dinâmicas do mercado de trabalho (Berg; Snene; Velasco, 2024, p. 14; Gmyrek; Winkler; Garganta, 2024, p. 36). O aprendizado contínuo precisa ser participativo e equitativo e deve permitir que pessoas com diferentes níveis educacionais, mesmo as mais avançadas, retornem à formação e atualizem suas competências de acordo com as exigências tecnológicas e ocupacionais do mercado de trabalho (Berg; Snene; Velasco, 2024, p. 14).

A qualificação técnica é essencial para a construção de uma força de trabalho capacitada para atuar com IAG. Para isso, recomenda-se a integração de cursos de tecnologia da informação, IA e estatística nos currículos educacionais existentes (Berg; Snene; Velasco, 2024, p. 14). Essas medidas devem priorizar a capacitação em habilidades diretamente relevantes para a aplicação prática da IA e garantir que as empresas possam integrar tecnologias inovadoras de forma eficiente. Além disso, o fomento do diálogo social no ambiente de trabalho e as parcerias público-privadas que incentivem a formação, requalificação e recolocação profissional promovem uma abordagem participativa para a adaptação às transformações tecnológicas (Berg; Snene; Velasco, 2024, p. 17).

Devido à rápida evolução tecnológica e à obsolescência de competências, apenas habilidades técnicas não asseguram progressão profissional. Áreas como ciência da computação,

engenharia e negócios apresentam declínio acelerado na utilidade de suas qualificações específicas e levam profissionais experientes a migrar para posições gerenciais e estratégicas (Deming e Noray, 2020, p. 1965). Com o avanço da IAG, aumenta a importância de competências que possibilitam a transição entre profissões e a adaptação a funções que demandam julgamento crítico e flexibilidade.

Assim, além das qualificações técnicas, o desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais (*soft skills*) amplia o acesso a cargos com maior responsabilidade e sensibilidade. Deming (2017, p. 1593) mostra que o retorno econômico associado às habilidades sociais nos Estados Unidos mais que dobrou para jovens que ingressaram no mercado de trabalho nos anos 2000, em comparação aos anos 1980. Deming (2022, p. 75) também destaca que, embora habilidades técnicas sejam fundamentais, há uma valorização crescente de habilidades socioemocionais como paciência, autocontrole, consciência, trabalho em equipe e pensamento crítico.

Tornar o trabalho mais atrativo, especialmente para mulheres e jovens, pode contrabalançar os desafios impostos por essas tecnologias. Embora a inteligência artificial tenha o potencial de afetar a satisfação e a qualidade do trabalho, cabe às empresas implementar políticas que promovam condições mais favoráveis. Iniciativas como flexibilização de horários, modelos híbridos que reduzam o tempo de deslocamento, melhor planejamento e regularidade de turnos podem aumentar a participação no mercado formal e melhorar a retenção de trabalhadores (Mas e Pallais, 2017, p. 3722; Le Barbanchon; Rathelot; Roulet, 2021, p. 381). Maior retenção não apenas eleva a produtividade, mas também amplifica os retornos e incentivos para treinamentos oferecidos por empregadores, e ajuda a reduzir lacunas em setores intensivos em tecnologia e em áreas que já enfrentam escassez de mão de obra.

Similarmente, a integração da tecnologia no ambiente de trabalho não deve limitar a autonomia e a criatividade humanas (Berg; Snene; Velasco, 2024, p. 14). O quadro institucional e regulatório deve amplificar a voz dos trabalhadores e favorecer a adoção gradual de tecnologias potencialmente disruptivas, sobretudo no caso de IA que ainda não tenham sido completamente testadas e validadas (Acemoglu; Autor; Johnson, 2023, p. 1). Tecnologias de direção autônoma de veículos, por exemplo, são experimentalmente utilizadas para transporte de passageiros e cargas em cidades dos Estados Unidos e da China. Sem adaptações ao contexto local, essas tecnologias podem acarretar demissões em massa e aumento nos índices de acidentes. Assim, inovações com promessas significativas de produtividade podem ter seus benefícios comprometidos por implementações precipitadas e inadequadas, o que pode desencadear reações sociais de repulsa às novas tecnologias.

A alta carga tributária sobre salários atua como incentivo adicional à substituição de empregos humanos por automação. Acemoglu, Autor e Johnson (2023, p. 8) recomendam a equalização das alíquotas tributárias sobre a contratação de trabalhadores e o emprego de algoritmos, na busca por nivelar as condições competitivas entre pessoas e máquinas. Nos Estados Unidos, o código tributário impõe carga mais elevada às empresas intensivas em mão de obra, em comparação com as que usam algoritmos para automatizar o trabalho

(Acemoglu; Manera; Restrepo, 2020, p. 1). De forma semelhante, Nery (2024, p. 133) aponta que no Brasil os tributos sobre salários constituem um entrave ao maior emprego e de capital humano. Discussões sobre desoneração da folha de pagamento devem levar em conta que a alta tributação sobre salários incentiva a substituição de trabalhadores por tecnologias automatizadas.

Por fim, é essencial atendermos à necessidade social de amparo àqueles que não conseguem ser reintegrados ao mercado de trabalho, seja no curto ou no longo prazo. Sistemas de proteção social desempenham papel de estabilizar choques macroeconômicos e de atenuar impactos das transições sobre os trabalhadores afetados e suas famílias (Gmyrek; Winkler; Garganta, 2024, p. 36). Além disso, incentivos ao microempreendedorismo e trabalho autônomo podem oferecer alternativas transitórias, mesmo que operem em condições aquém do ideal. Combinadas, essas iniciativas mitigam os efeitos adversos das transformações tecnológicas e fomentam uma sociedade na qual se aproveitam as inovações como oportunidades para um desenvolvimento mais sustentável e inclusivo.

## REFERÊNCIAS

- ACEMOGLU, Daron. The simple macroeconomics of AI. **Economic Policy**, [s. l.], v. 40, n. 121, p. 13-58, 2025.
- ACEMOGLU, Daron; AUTOR, David; JOHNSON, Simon. **Can we have pro-worker AI?:** choosing a path of machines in service of minds. Cambridge: MIT Shaping the Future of Work Initiative, 2023.
- ACEMOGLU, Daron; LELARGE, Claire; RESTREPO, Pascual. Competing with robots: firm-level evidence from France. *In: AEA papers and proceedings, 2014 Broadway, Suite 305*. Nashville, TN 37203: American Economic Association, 2020.
- ACEMOGLU, Daron; MANERA, Andrea; RESTREPO, Pascual. **Does the US tax code favor automation?** Cambridge: National Bureau of Economic Research Working Paper, 2020. n. 27052.
- ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. Automation and new tasks: how technology displaces and reinstates labor. **Journal of economic perspectives**, v. 33, n. 2, p. 3-30, 2019.
- ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. Demographics and automation. **The Review of Economic Studies**, [s. l.], v. 89, n. 1, p. 1-44, 2022.
- ADAMCZYK, Willian Boschetti. **Ensaio sobre as tecnologias de automação no mercado de trabalho brasileiro**. 2021. 101 f. Tese (Doutorado em Economia do Desenvolvimento) – Escola de Negócios, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.
- ADAMCZYK, Willian Boschetti. **O futuro das ocupações no Executivo Federal brasileiro:** cenários de automação. Brasília: Escola Nacional de Administração Pública, 2022.
- ADAMCZYK, Willian Boschetti; MONASTERIO, Leonardo; FOCHEZATTO, Adelar. Automation in the future of public sector employment: the case of Brazilian Federal Government. **Technology in Society**, [s. l.], v. 67, p. 101722, 2021.

ALBUQUERQUE, Pedro Henrique Melo; SAAVEDRA, Cayan Atreio Portela Bárcena; MORAIS, Rafael Lima de; PENG, Yaohao. The robot from Ipanema goes working: estimating the probability of jobs automation in Brazil. **Latin American Business Review**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 227-248, 2019.

ALDASORO, Iñaki; ARMANTIER, Olivier; DOERR, Sebastian; GAMBACORTA, Leonardo; OLIVIERO, Tommaso. The gen AI gender gap. **Economics Letters**, [s. l.], v. 241, p. 111814, 2024.

ARNTZ, Melanie; GREGORY, Terry; ZIERAHN, Ulrich. Revisiting the risk of automation. **Economics Letters**, [s. l.], v. 159, p. 157-160, 2017.

AUTOR, David; KATZ, Lawrence; KRUEGER, Alan. Computing inequality: have computers changed the labor market?. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 113, n. 4, p. 1169-1213, 1998.

BERG, Janine; SNENE, Mehdi; VELASCO, Lucia. **Mind the AI divide**: shaping a global perspective on the future of work. Geneva: United Nations and International Labour Organization, 2024.

BRYNJOLFSSON, Erik; LI, Danielle; RAYMOND, Lindsey R. Generative AI at Work. **The Quarterly Journal of Economics**, [s. l.], v. 140, n. 2, p. 889-956, 2025.

BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew. **The second machine age**: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. Nova Iorque: WW Norton & Company, 2014.

DEMING, David. Four facts about human capital. **Journal of Economic Perspectives**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 75-102, 2022.

DEMING, David. The growing importance of social skills in the labor market. **The Quarterly Journal of Economics**, [s. l.], v. 132, n. 4, p. 1593-1640, 2017.

DEMING, David; NORAY, Kadeem. Earnings dynamics, changing job skills, and STEM careers. **The Quarterly Journal of Economics**, [s. l.], v. 135, n. 4, p. 1965-2005, 2020.

DEMIRCI, Ozge; HANNANE, Jonas; ZHU, Xinrong. Who is AI replacing? The impact of generative AI on online freelancing platforms. **Management Science**, [s. l.], v. 71, n. 10, p. 8097, 2025.

ESTADOS UNIDOS. Bureau of Labor Statistics. **Civilian unemployment rate, seasonally adjusted**. Washington, DC: BLS, 2024. Disponível em: <https://www.bls.gov/charts/employment-situation/civilian-unemployment-rate.htm>. Acesso em: 9 mar. 2026.

FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael. Generative AI and the future of work: a reappraisal. **Brown Journal of World Affairs**, [s. l.], v. 30, p. 161-177, 2023.

FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. **Technological forecasting and social change**, [s. l.], v. 114, p. 254-280, 2017.

GYMYREK, Paweł; WINKLER, Hernan; GARGANTA, Santiago. **Buffer or bottleneck?** Employment exposure to generative AI and the digital divide in Latin America. Geneva: ILO Working Paper 121, 2024.

GOLDIN, Claudia; KATZ, Lawrence. The origins of technology-skill complementarity. **The Quarterly Journal of Economics**, [s. l.], v. 113, n. 3, p. 693-732, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Séries históricas – Taxa de desocupação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9173-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-trimestral.html?=&t=series-historicas>. Acesso em: 9 mar. 2026.

KRUEGER, Alan. How computers have changed the wage structure: evidence from microdata, 1984-1989. **The Quarterly Journal of Economics**, [s. l.], v. 108, n. 1, p. 33-60, 1993.

KUBOTA, Luis Claudio; MACIENTE, Aguinaldo Nogueira. Propensão à automação das tarefas ocupacionais no Brasil. **Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, Brasília, DF, n. 61, p. 7-10, dez. 2019.

LE BARBANCHON, Thomas; RATHELOT, Roland; ROULET, Alexandra. Gender differences in job search: trading off commute against wage. **The Quarterly Journal of Economics**, [s. l.], v. 136, n. 1, p. 381-426, 2021.

LEE, Yong Suk; IIZUKA, Toshiaki; EGGLESTON, Karen. Robots and labor in nursing homes. **Labour Economics**, [s. l.], v. 92, p. 1-18, 2025.

MAS, Alexandre; PALLAIS, Amanda. Valuing alternative work arrangements. **American Economic Review**, [s. l.], v. 107, n. 12, p. 3722-3759, 2017.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **A future that works: automation, employment, and productivity**. San Francisco: McKinsey & Company, 2017.

NERY, Pedro Fernando. **Extremos: um mapa para entender as desigualdades no Brasil**. São Paulo: Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2024.

NOY, Shakked; ZHANG, Whitney. Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence. **Science**, [s. l.], v. 381, n. 6654, p. 187, 2023.

QIAO, Dandan; RUI, Huaxia; XIONG, Qian. AI and freelancers: has the inflection point arrived?. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 58., 2024, Honolulu. **Proceedings** [...]. Honolulu: University of Hawai'i at Manoa, 2024. p. 1804-1813. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10125/106612>. Acesso em: 16 mar. 2026.

STEMMLER, Henry. Automated deindustrialization: how global robotization affects emerging economies – Evidence from Brazil. **World Development**, [s. l.], v. 171, p. 106349, 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). **The future of jobs report 2025**. Cologne: WEF, 2025.

# Um panorama sobre a relação entre inteligência artificial e trabalho criativo

Jefferson Dantas<sup>43</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da inteligência artificial (IA) tem reconfigurado vários aspectos da vida social, em geral, e, de forma específica, o mundo do trabalho. Assim como outras transformações tecnológicas ocorridas no passado, a atual revolução provoca múltiplas e contraditórias situações. Por um lado, há promessas de maior eficiência, automação e capacidade de análise avançada. Por outro, cresce o receio de desemprego e de redução salarial. Nesse contexto, a necessidade de requalificação profissional torna-se evidente, na medida que os trabalhadores precisam se adaptar rapidamente à nova era tecnológica.

Além de abalar a estabilidade profissional, a IA levanta questões éticas que impactam diretamente a proteção dos trabalhadores. Este ensaio reflete, de forma panorâmica, sobre os potenciais efeitos dessa tecnologia no mercado de trabalho, com especial atenção aos profissionais do setor artístico, destacando como as novas tecnologias estão redesenhando as formas de trabalho e influenciando a inter-relação entre arte e sociedade.

A urgência desse tema reside na necessidade de se compreenderem os impactos da IA no mercado de trabalho, com previsão dos desafios e proposição de estratégias para a proteção laboral em um cenário de crescente automação. Profissionais, especialmente aqueles envolvidos em setores criativos e artísticos, enfrentam desafios singulares diante da expansão dessa tecnologia.

O texto está dividido em três partes. A primeira, "Inteligência artificial e seus riscos visíveis hoje", aborda questões candentes provocadas por essa tecnologia na sociedade. A segunda, "Algumas consequências no trabalho criativo nos Estados Unidos", apresenta dados de pesquisa realizada com grandes gestores norte-americanos da indústria do entretenimento sobre os impactos da IA. Por fim, a terceira seção intitulada "Debate brasileiro sobre direito autoral e inteligência artificial" trata dos desafios enfrentados pelo poder público e por grupos interessados na construção de um arcabouço legal que regule a IA no Brasil, com vistas à construção de um cenário equitativo para diferentes agentes sociais.

Conclui-se enfatizando a necessidade de se politizar o debate sobre essa tecnologia, uma vez que a nova estruturação do trabalho terá enorme impacto sobre a vida das pessoas.

---

43 Doutor em ciências sociais pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

É essencial a garantia proteções ao trabalho dos criadores, assegurando-se que esse processo seja orientado por princípios democráticos e solidários.

## 2. IA E SEUS RISCOS VISÍVEIS HOJE

IA consiste em uma área da ciência da computação que busca desenvolver sistemas e máquinas capazes de realizar tarefas que normalmente exigem inteligência humana. A IA funciona principalmente com base em algoritmos e modelos matemáticos que processam grandes volumes de dados. Com frequência os estudiosos remetem aos seguintes métodos: 1. aprendizado de máquina (*machine learning*), que consiste em modelos que aprendem padrões e realizam previsões ou classificações a partir de dados que fornecemos para a máquina; 2. redes neurais artificiais, sistemas cuja inspiração é o cérebro humano de uso frequente para atividades como reconhecimento de imagem e processamento de linguagem natural; 3. processamento de linguagem natural (PLN), que é uma tecnologia fabricada para interagir com a linguagem humana, tal como visto em assistentes virtuais e tradutores automáticos; 4. visão computacional, cujo foco são o reconhecimento e a interpretação de imagens e vídeos; 5. sistemas especialistas, que foram projetados para tomar decisões em domínios específicos, baseados em um conjunto de regras e lógica (Taulli, 2019).

Independentemente do tipo, a inteligência artificial traz benefícios significativos, mas também apresenta riscos substanciais. Estudos e relatórios institucionais identificam desafios como perpetuação de preconceitos e discriminação algorítmica, violação de privacidade, indefinições sobre direitos autorais e disseminação de desinformação, aumento da desigualdade social e desemprego em massa. Sumarizamos alguns dos últimos casos que envolvem esses riscos.

No que tange ao preconceito e à discriminação algorítmica, algoritmos são treinados com dados históricos que muitas vezes refletem preconceitos e discriminações já existentes. Em 2018, por exemplo, a empresa Amazon abandonou um sistema de recrutamento que favorecia homens e reproduzia vieses de gênero presentes em dados históricos. Ferramentas como DALL-E 2 e Midjourney<sup>44</sup> também foram criticadas por perpetuar estereótipos e representações discriminatórias. Precisamos lembrar que a IA carrega consigo as ideologias de seus programadores, não só os profissionais da informática, mas também e, sobretudo, seus padrões (Köchling e Wehner, 2020), redundando em discriminações. Consequentemente, tem surgido uma luta política pelo fim delas.

Um dos movimentos que denunciam a violência e a discriminação algorítmica é a *Algorithmic Justice League* (AJL), criada nos Estados Unidos em 2016, que reúne advogados que buscam conscientizar a sociedade sobre os danos dos usos indiscriminados da IA. Na área de segurança, o grupo já tratou de questões policiais e de erros no reconhecimento facial de pessoas procuradas e presas injustamente. Com frequência, pessoas negras.

---

44 São programas de inteligência artificial que criam imagens a partir de descrições textuais.

Em relação à violação de privacidade, a coleta de dados para treinamento de IA frequentemente ocorre sem consentimento dos usuários. Ainda sobre vigilância, as *big techs* vêm capturando ações humanas *online* e *offline*, digitalizando e armazenando informações de seus usuários. Com a posse de tais dados, desenvolvem um *marketing* em que moldam as decisões dos sujeitos, da mera compra de produtos à escolha de um representante político. É o capitalismo de vigilância (Zuboff, 2019) que se alimenta do comportamento dos indivíduos.

Por essa razão, surgiram críticas contundentes em relação à coleta de dados pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, que destacam a militarização das informações e a violação da privacidade individual. Além disso, movimentos de contraespionagem ganharam força após as revelações de Julian Assange e Edward Snowden sobre esquemas de vigilância global. Também é importante mencionarmos os protestos direcionados à empresa Cambridge Analytica, especializada em mineração e análise de dados, que acessou ilegalmente perfis pessoais no Facebook. Esse uso foi amplamente considerado uma ameaça à democracia, uma vez que políticos de diferentes países se beneficiaram dessas práticas entre 2014 e 2018. Nos últimos tempos, a interação política tem sido marcada pela disseminação de desinformação e pelo discurso de ódio (Helmus, 2022).

A criação de conteúdos por IA levanta questões complexas sobre indefinição de direitos autorais. A legislação brasileira, por exemplo, não protege obras geradas por IA e permite o uso livre de músicas, imagens e textos criados por essas ferramentas, sem compensação aos artistas cujas obras foram utilizadas no treinamento dos modelos. Um caso emblemático envolve a empresa Getty Images, que processou a Stability AI por usar 12 milhões de imagens sem autorização para treinar seu algoritmo. Apesar de as empresas argumentarem que o uso é mínimo, o impacto econômico para os criadores é significativo. A greve dos atores e dos roteiristas de Hollywood, em 2023, foi um grande exemplo da questão da autoria no contexto de trabalho criativo, conforme analisado por (Dantas, 2023).

Quanto à disseminação de desinformação, a inteligência artificial também contribui para a propagação de informações falsas, pois facilita a criação rápida e econômica de conteúdos fraudulentos, incluídos textos, imagens e vídeos. No Brasil, pode-se citar o caso do *kit gay*, amplamente divulgado durante a campanha presidencial de 2018. Essa mentira foi disseminada no antigo Twitter e se tornou um grande artefato político daquele período. Outro exemplo ocorreu em maio de 2023, quando uma imagem falsa de uma explosão no Pentágono, nos Estados Unidos, circulou pela internet. Essa imagem/informação foi amplamente compartilhada nas redes sociais e chegou a impactar o mercado financeiro norte-americano.

Além disso, com o avanço da IA, recursos como *deepfake* e *deepcake*, técnicas mais sofisticadas de manipulação de áudio e vídeo, têm sido utilizados para a produção de conteúdos falsos, o que torna cada vez mais complexo distinguirmos o que é verdade do que é mentira.

No que diz respeito ao aumento da desigualdade social, a automação promovida pela IA tende a intensificá-la. De uma margem, temos as grandes empresas de tecnologia capitaneando o processo produtivo, e, de outra, diferentes categorias de trabalhadores lutando para frear o avanço da tecnologia e denunciando a exploração e, claro, a desigualdade abissal que se tem formado no mercado de trabalho.

Os trabalhadores de plataformas, como Ifood, Uber Eats e Deliveroo, e motoristas de Uber e Cabify têm se insurgido contra essas empresas. Muito embora sejam tratados como trabalhadores autônomos para fins de direitos, deles têm-se cobrado, cada vez mais, engajamento e disciplina no trabalho, um trabalho que é sabidamente desprotegido, à mercê de acidentes de trânsito. A luta deles informa o aumento por todo o mundo da tensão entre as plataformas, os motoristas e os entregadores de alimentos. A falta de direitos e as condições de trabalho degradantes na *gig economy* têm sido combustível para paralisações e a sindicalização desde a segunda década do século XXI (Woodcock e Cant, 2022).

Nessa esteira, em 2018, no Google, mais de 20 mil funcionários fizeram greve para evidenciar os assédios moral e sexual dentro da empresa (Scheiber, 2018). Os motins no Vale do Silício, antes raros, agora hão de ser mais constantes com a organização dos trabalhadores no Alphabet Workers Union<sup>45</sup>, que luta pela melhora das condições de trabalho, contra discriminações de todas as ordens, contra a extrema direita e a supremacia branca, dentro e fora das plataformas (Awu, 2020).

Um dos principais desafios associados à IA é o potencial para causar desemprego em massa, especialmente entre trabalhadores menos qualificados. Relatório da empresa Goldman Sachs, publicado em março de 2023, estima que 300 milhões de empregos em tempo integral no mundo estão em risco devido à automação promovida pela IA generativa (IAG), que pode substituir tarefas em diversos setores, como administrativo e jurídico.

O estudo *Artificial intelligence and labour market matching*, da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), divulgado em janeiro de 2023, aponta que 25% dos empregos em países membros podem ser totalmente automatizados. Assim, como o trabalho criativo é afetado pela inteligência artificial?

### 3. ALGUMAS CONSEQUÊNCIAS NO TRABALHO CRIATIVO NOS ESTADOS UNIDOS

O setor criativo, assim como outras áreas, não está imune às transformações promovidas pelas novas tecnologias, incluída a IA. A seguir, serão apresentadas informações baseadas no relatório *Future unscripted: the impact of generative artificial intelligence on entertainment industry jobs*, que entrevistou 300 executivos de seis grandes empresas de entretenimento nos Estados Unidos, publicado em janeiro de 2024.

O relatório revela que 75% dos entrevistados consideram que ferramentas e modelos de IAG têm contribuído para redução ou eliminação de empregos em suas organizações. Esse dado destaca o impacto significativo da IAG na reestruturação das funções laborais e suscita preocupações quanto à segurança no emprego, especialmente nas indústrias criativas.

Além disso, 36% dos participantes relataram que o uso da IA reduziu a necessidade de certas habilidades para tarefas cotidianas, o que evidencia a automação de atividades anteriormente realizadas por humanos. Paralelamente, 57% dos entrevistados mencionaram

45 Também conhecido como Sindicato dos trabalhadores da Google.

preocupações éticas levantadas por seus colaboradores, relacionadas a substituição de trabalhadores, privacidade de dados e questões de autenticidade no trabalho criativo. Esses desafios incluem riscos de plágio, falta de transparência, disseminação de desinformação e criação de conteúdos falsos.

O relatório também aponta que mais de 90% dos líderes acreditam que a IA terá papel cada vez mais relevante nas indústrias de entretenimento nos próximos anos, e que 26% esperam aumento significativo no uso da tecnologia em curto prazo. Entre as áreas mais impactadas, 47% preveem que a IA será eficaz na criação de ativos 3D e no *design* de som para filmes, televisão e videogames.

Dois terços dos líderes empresariais entrevistados estimam que a IA contribuirá para a substituição de cargos em suas empresas nos próximos três anos, o que pode resultar na eliminação de cerca de 203.800 empregos formais nos Estados Unidos. Desse total, mais da metade está concentrada nos estados da Califórnia (28%), Nova Iorque (14%), Geórgia (4%) e Washington (3%). Este número não inclui trabalhadores *freelancers*, o que sugere que o impacto real pode ser ainda maior.

No setor de cinema, televisão e animação, que emprega cerca de 550.000 trabalhadores, o potencial de ruptura causado pela IA é especialmente elevado. Mais de 68% das empresas desse segmento já utilizam a tecnologia, com destaque para atividades de pós-produção, como criação de modelos 3D (44%) e *design* de personagens e ambientes (39%). Além disso, 37% utilizam IA para tarefas como geração de vozes e composição de cenas.

Estima-se que 21,4% dos empregos no setor (aproximadamente 118.500 postos) sofrerão algum nível de substituição ou eliminação até 2026. A Califórnia, principal polo dessa indústria, será a mais afetada, com perda de 39.500 empregos, seguida por Nova Iorque, com 15.100 empregos impactados.

Quanto às funções mais vulneráveis, 33% dos líderes preveem impactos significativos em cargos como editores de som e modeladores 3D. Funções como *designers* de som, compositores e *designers* gráficos também são apontadas como suscetíveis, assim como *mixers* de gravação, técnicos de áudio e vídeo, ilustradores e animadores, que poderão enfrentar grandes transformações nos próximos três anos. Como podemos pensar o trabalho criativo no Brasil a partir desses dados?

#### **4. DEBATE BRASILEIRO SOBRE DIREITO AUTORAL E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Os direitos autorais no Brasil e a ascensão da IA formam um tema de crescente relevância e exigem análises cuidadosas para se harmonizar o avanço tecnológico com a proteção dos criadores. A legislação brasileira sobre direito de autor, regulamentada pela Lei 9.610/1998, protege obras intelectuais nos campos artístico e científico e garante aos criadores direitos morais e patrimoniais sobre suas criações. Contudo, a emergência da IA coloca desafios à interpretação e à aplicação dessa legislação.

A pesquisa *Inteligência artificial e cultura: perspectivas para a diversidade cultural na era digital*, realizada pelo Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br) e disponibilizada em setembro de 2022, evidenciou que a IA já é uma realidade. Embora ainda incipiente para alguns agentes no Brasil, a IA está presente em parte considerável do nosso cotidiano, seja por meio dos sistemas de recomendação de plataformas digitais, como o Spotify, no mapeamento de público pelas instituições culturais ou nas atividades intermediárias e finais de alguns artistas.

Como vimos, a IA generativa é capaz de criar textos, imagens, músicas e outros conteúdos, utilizando bases de dados massivas para treinamento da máquina. Essa capacidade levanta uma questão central: quem detém os direitos sobre as criações geradas por IA? De acordo com a legislação vigente no Brasil, apenas pessoas físicas podem ser reconhecidas como autoras. Portanto, as obras criadas integralmente por sistemas artificiais de inteligência não são protegidas por direitos autorais e ficam em um limbo jurídico e de insegurança profissional dos artistas e criadores de conteúdo de modo geral.

Outro ponto sensível é o uso de obras protegidas para o treinamento de modelos de IA. Empresas que desenvolvem essas tecnologias frequentemente utilizam conteúdos existentes sem o devido e prévio licenciamento ou consentimento dos titulares dos direitos. Outrossim, a falta de transparência no uso de dados por essa tecnologia preocupa no que tange à privacidade e aos direitos autorais. Algumas ferramentas coletam e utilizam informações sem notificação ou consentimento, em desrespeito aos princípios previstos na Lei 13.853/2019, Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Embora a LGPD não trate diretamente de direitos autorais, é primordial para a proteção de criadores.

Por outro lado, esta tecnologia também traz oportunidades. Ela pode ser usada para identificar violações de direitos autorais em larga escala, automatizando processos de detecção e monitoramento de usos indevidos de obras protegidas, desde que seja usada no sentido de regulação e, assim, fortalecer a proteção dos criadores e assegurar o cumprimento da legislação.

Hoje, quando descobrem que seu trabalho tem sido utilizado de maneira indevida, os autores colhem as evidências e mandam a seus respectivos advogados que acionem a justiça com vistas à reparação financeira. Num país continental como o Brasil e no contexto de internet essa tarefa é hercúlea, daí a premente necessidade de regulação desse setor.

Diante desses desafios, urge revisar-se uma normativa que considere as especificidades da IA. Por essa razão, produtores e artistas brasileiros se reuniram em torno do Projeto de Lei 2.338/2023, que foi simbolicamente aprovado no Senado Federal no final de 2024. De modo geral, o projeto busca um equilíbrio entre o incentivo à inovação e o resguardo dos direitos dos criadores. Algumas propostas incluem:

- criação de regras claras para o treinamento da tecnologia, com vistas ao estabelecimento de limites para o uso de obras protegidas, exigindo-se licenciamento ou remuneração justa aos titulares;

- reconhecimento de novos modelos de autoria, de modo a se considerarem formas de coautoria entre criadores humanos e sistemas artificiais de inteligência;
- fortalecimento da fiscalização, para se assegurar que empresas de tecnologia respeitem os direitos autorais e os princípios da LGPD;
- fomento à educação digital, com vistas à preparação dos criadores para lidar com as novas dinâmicas impostas pela IA;
- promoção da segurança de dados e da autodeterminação informativa, com o intuito de geração de auditabilidade, inelegibilidade, transparência e explicabilidade dos processos informativos e comunicacionais.

Em conclusão, os direitos autorais no Brasil enfrentam desafios significativos diante da IA. Uma abordagem ponderada, que promova tanto a inovação quanto a proteção dos criadores, é essencial para assegurar a justiça e o desenvolvimento sustentável do setor criativo e tecnológico.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço tecnológico, embora traga inegáveis benefícios, também impõe desafios que precisam ser enfrentados de forma politizada e estratégica. É crucial integrar-se a inovação tecnológica às necessidades humanas, com prioridade à proteção laboral e ao bem-estar dos trabalhadores. Nesse contexto, é indispensável fomentar-se um debate público sobre o impacto das novas tecnologias no mercado de trabalho e adotarem-se medidas que garantam a segurança e os direitos fundamentais dos trabalhadores.

A requalificação da força de trabalho deve ser prioridade. Os rápidos avanços em automação, IA e digitalização demandam programas contínuos de capacitação que preparem os trabalhadores para as novas demandas do mercado. Investir na educação e no desenvolvimento de habilidades específicas é uma estratégia essencial para se manter a competitividade e se assegurar que ninguém seja abandonado nesse processo de transformação.

Além disso, a formulação de políticas inclusivas é imperativa para garantir que o progresso tecnológico seja um vetor de equidade social. Tais políticas devem considerar as desigualdades estruturais e promover acesso igualitário às oportunidades oferecidas pelas novas tecnologias, especialmente para grupos historicamente marginalizados.

A regulamentação adequada dos instrumentos tecnológicos é urgente, e é importante que os legisladores encontrem boas medidas operadas no âmbito de outros estados nacionais. É fundamental o estabelecimento de um arcabouço normativo-legal que assegure o uso ético e responsável da tecnologia, equilibrando-se a inovação com os princípios de justiça social, privacidade, sustentabilidade e soberania nacional.

De mais a mais, existem estudiosos e políticos que defendem a implementação de uma renda básica universal, em casos específicos, como forma de se solucionarem na prática os impactos sociais das mudanças estruturais provocadas pelas tecnologias. Esse instrumento pode garantir uma rede de segurança para aqueles que enfrentam transições complexas no

mercado de trabalho e promover dignidade e estabilidade enquanto novas oportunidades são criadas.

Em síntese, é essencial que o avanço tecnológico seja orientado por princípios éticos e políticas públicas robustas, que promovam a proteção dos trabalhadores, a inclusão social e a justiça econômica, o que garante um futuro mais equitativo e sustentável para todos.

## REFERÊNCIAS

ALPHABET WORKERS UNION (AWU). **Right to a safe workplace**. [S. l.]: AWU, [2020?]. Disponível em: <https://www.alphabetworkersunion.org>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília: Presidência da República, [2020]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14020.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14020.htm). Acesso em: 10 dez. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998**. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [1998]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9610.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9610.htm). Acesso em: 10 dez. 2024.

CVL ECONOMICS. **Future unscripted: the impact of generative artificial intelligence on entertainment industry jobs**. [S. l.]: CVL Economics, 2024. Disponível em: <https://animationguild.org/wp-content/uploads/2024/01/Future-Unscripted-The-Impact-of-Generative-Artificial-Intelligence-on-Entertainment-Industry-Jobs-pages-1.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2025.

DANTAS, Jefferson. Arte, profissão e tecnologia: as greves em Hollywood em 2023. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, Boa Vista, v. 15, n. 45, p. 121-141, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.8330023. Acesso em: 10 jan. 2025.

GOLDMAN SACHS. **Generative AI could raise global GDP by 7 percent**. [S. l.]: Goldman Sachs, 2023. Disponível em: <https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/generative-ai-could-raise-global-gdp-by-7-percent.html>. Acesso em: 13 jan. 2025.

HELMUS, Todd C. **Artificial intelligence, deepfakes, and disinformation: a primer**. Santa Monica: Rand Corporation, 2022.

KÖCHLING, Alina, WEHNER, Marius C. Discriminated by an algorithm: a systematic review of discrimination and fairness by algorithmic decision-making in the context of HR recruitment and HR development. **Business Research**, n. 13, p. 795-848, 20 nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40685-020-00134-w>. Acesso em: 12 jan. 2025.

NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR. **Inteligência artificial e cultura: perspectivas para a diversidade cultural na era digital**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2022.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Artificial intelligence and labour market matching**. Paris: OECD Publishing, 2023. (OECD Social, Employment and Migration Working Papers, n. 283). Disponível em: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/01/artificial-intelligence-and-labour-market-matching\\_1e1c9ab6/2b440821-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/01/artificial-intelligence-and-labour-market-matching_1e1c9ab6/2b440821-en.pdf). Acesso em: 10 jan. 2025.

SCHEIBER, Noam. Google workers reject Silicon Valley individualism in walkout. **The New York Times**, New York, 1 nov. 2018. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2018/11/01/business/google-walkout-workers.html>. Acesso em: 10 jan. 2025.

TAULLI, Tom. **Artificial intelligence basics**: a non-technical introduction. Berkeley, CA: Apress, 2019.

WOODCOCK, Jamie; CANT, Callum. Platform worker organising at Deliveroo in the UK: from Wildcat Strikes to Building Power. **Journal of Labor and Society**, [s. l.], v. 25, 2022. Disponível em: [https://brill.com/view/journals/jlso/25/2/article-p220\\_003.xml](https://brill.com/view/journals/jlso/25/2/article-p220_003.xml). Acesso em: 10 jan. 2025.

ZUBOFF, Shoshana. **The age of surveillance capitalism**: the fight for a human future at the new frontier of power. New York: Public Affairs, 2019.

# O impacto da inteligência artificial no emprego e na produtividade: o que esperar a partir dos estudos recentes?

Luis Claudio Kubota<sup>46</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Em outubro de 2022, o mundo foi surpreendido pelo lançamento da ferramenta ChatGPT 3.5, da empresa OpenAI. Tratava-se de uma ferramenta que representou um salto em relação a *chatbots* de gerações anteriores, pois era capaz de simular de modo muito fidedigno um interlocutor humano em interação com o usuário.

Desde então, a OpenAI já lançou evoluções de seu modelo de inteligência artificial generativa (IAG), que foi seguido por modelos de concorrentes, tais como: Gemini, Claude, LLaMA, Copilot, entre outros. Mais recentemente, empresas chinesas também têm lançado seus modelos – como o DeepSeek – com resultados promissores também no que diz respeito aos custos de treinamento. Inicialmente os modelos geravam apenas texto, mas suas evoluções geram também imagens, músicas e vídeos.

Mas como funcionam os grandes modelos de linguagem (*large language models* – LLM), como o ChatGPT? Uma explicação que reúne uma linguagem acessível e rigor técnico é dada pelo eminente cientista Stephen Wolfram.

Os LLM são baseados no conceito de redes neurais, criadas nos anos 1940 como idealização do funcionamento do cérebro humano. Oitenta anos após o surgimento das redes neurais, a disponibilidade de computadores milhões de vezes mais rápidos, os bilhões de páginas de texto disponíveis na internet e uma série de inovações de engenharia criaram as condições para a geração de linguagem humana significativa (Wolfram, 2023, p. 6).

O ChatGPT funciona basicamente tentando produzir uma continuação razoável do texto que foi produzido até o momento. Razoável, nesse contexto, significa algo que seria esperado que alguém escrevesse após ler o que as pessoas escreveram em bilhões de páginas da internet e outras fontes (Wolfram, 2023, p. 8).

O modelo escolhe a próxima palavra com base em probabilidades e leva em conta um grande inventário<sup>47</sup> de, por exemplo, milhões de livros que reúnem bilhões de palavras. Esse

---

46 Pesquisador do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), atualmente é diretor do Departamento de Desenvolvimento da Indústria de Alta Complexidade Tecnológica, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC).

47 O nome técnico do termo, conforme original, é *corpus*.

inventário permite identificarmos quais palavras são mais comuns. Com esse conhecimento é possível a geração de frases, com cada palavra escolhida aleatoriamente – com a mesma probabilidade com a qual cada palavra aparece no inventário (Wolfram, 2023, p. 8).

A IAG difere de outros modelos de inteligência artificial (IA), tais como aqueles de reconhecimento facial e de identificação de tumores, que buscam distinguir diferentes indivíduos ou casos. Tanto no caso da IAG quanto no da IA discriminativa o paradigma atual da IA trabalha com insumos que são um grande volume de dados (*big data*), distinguindo-se de gerações anteriores da IA, como a simbólica, que era mais baseada em lógica.

Este artigo tem caráter bibliográfico e procura endereçar duas das principais preocupações quando se pensa nas perspectivas para a IAG: emprego e produtividade. Além desta introdução, o texto está organizado da seguinte forma: a seção 2 introduz o conceito de maturidade digital das empresas; a seção 3 avalia os impactos esperados no emprego e na produtividade; a seção 4 apresenta tendências de mercado e políticas públicas; e a seção 5 conclui com as considerações finais.

## 2. MATURIDADE DIGITAL DAS EMPRESAS

As empresas se diferenciam de várias maneiras: seu porte (medido pelo faturamento e/ou quantidade de empregados), setor, origem do capital, dentre outras variáveis. Um modo mais sutil por meio do qual as firmas são diferenciadas umas das outras diz respeito à sua maturidade digital.

A tabela 1 mostra seis estágios de uma categorização das firmas com relação à digitalização. Os estágios 1 e 2 dizem respeito à digitalização básica: digitalização de dados, integração dos vários sistemas da empresa e, para as firmas industriais, conexão dos principais equipamentos produtivos no sistema integrado de gestão. No estágio 3, as firmas conseguem monitorar em tempo real o que está acontecendo nos negócios, desde o chão de fábrica até a cadeia de suprimentos e o uso dos produtos e serviços digitais pelos clientes. No estágio 4, o uso das tecnologias permite que a empresa entenda por que as coisas estão acontecendo. Por exemplo, manufaturas podem utilizar IA para analisar a causa raiz de falha de um componente – *big data*<sup>48</sup> é comumente utilizado nesse estágio. No estágio 5, as firmas estão preparadas para o que vai acontecer, por exemplo, podem prever a falha de uma máquina. Finalmente, no estágio 6, as máquinas autônomas são capazes de detectar e mesmo corrigir seus próprios erros (Schuh *et al.*, 2020, p. 18).

---

48 Análise de grande volume de dados.

TABELA 1 – ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0

Indústria 4.0	6. Adaptabilidade	“Auto otimização”: Como uma resposta autônoma pode ser atingida?
	5. Capacidade preditiva	“Estar preparado”: O que irá acontecer?
	4. Transparência	“Entendimento”: Por que está acontecendo?
	3. Visibilidade	“Visualizando”: O que está acontecendo?
Digitalização	2. Conectividade	
	1. Digitalização <sup>1</sup>	

Fonte: adaptado de Schuh *et al.* (2020) e traduzido livremente pelo autor.

Nota 1: *computerization* no original.

Como é possível observar na tabela, as firmas podem ser classificadas em diferentes estágios de maturidade digital. Seria de se esperar que as empresas maiores, com mais recursos estivessem mais adiantadas em suas jornadas digitais, ao passo em que aquelas com menos recursos ainda tivessem muitas etapas a vencer em seu processo de modernização. No Brasil, a pesquisa TIC Empresas, desenvolvida pelo Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br), investiga dezenas de aspectos da digitalização das empresas.

Utilizando microdados da TIC Empresas, Rosa e Kubota (2025 p. 358) identificaram que os principais determinantes da adoção de IA por firmas brasileiras são: internet das coisas, computação em nuvem, análise de *big data* e existência de política de segurança digital.

Partindo-se da realidade de que as firmas diferem em sua maturidade digital e na adoção de tecnologias avançadas, parece razoável supor-se que: (i) a capacidade de implementar e usufruir de tecnologias como a IAG será diferenciada no conjunto do setor produtivo; e (ii) não haverá uma adoção imediata da inovação pela totalidade das firmas de modo imediato.

### 3. IMPACTOS ESPERADOS NO EMPREGO E NA PRODUTIVIDADE

Uma das principais preocupações por parte de estudiosos, governantes e população em geral diz respeito ao potencial de a IAG substituir empregos. Ao contrário da robotização, que representa – ao menos inicialmente – uma ameaça maior a empregados envolvidos em atividades manuais, como os de linhas de produção, o pensamento majoritário é que a IAG representa uma ameaça maior aos empregos ditos de “colarinho branco”.

Entretanto, há vários aspectos a se considerarem quando se avalia o impacto das tecnologias no emprego. O primeiro é que o nível de ocupação de mão de obra está intimamente relacionado com a questão macroeconômica e com o crescimento das economias. Frey e Osborne (2017, p. 268) publicaram influente texto no qual estimam que cerca de 47% dos empregos dos Estados Unidos estariam sob risco de automação devido à tecnologia. Entretanto, a

realidade desde a publicação do estudo naquele país – e também no Brasil – é de mercado de trabalho aquecido.

Outra questão diz respeito à demografia. Muitos países – notadamente na Europa e na Ásia – apresentam taxas de natalidade abaixo do necessário para manutenção do estoque populacional. O resultado são populações cada vez mais envelhecidas e, nesse cenário, a automação pode ser parte da solução. Como exemplo, as Forças Armadas da Coreia do Sul, como a de outros países, investem fortemente em equipamentos autônomos.

A terceira questão a ser considerada é a regulação. O fato de haver disponibilidade de uma tecnologia que permita automação é diferente do fato de essa tecnologia ser efetivamente implementada. Um exemplo é a presença de cobradores nos ônibus urbanos. Atualmente a maior parte dos municípios de maior porte utiliza a tarifação via cartões próprios para transporte e/ou cartões de débito e crédito, cuja leitura é feita por dispositivos eletrônicos e dispensa a presença do cobrador. Entretanto, em algumas cidades persiste a presença dos cobradores nos ônibus. Em outras palavras, não é a tecnologia que necessariamente define por si só a automação.

Finalmente, a automação representa um potencial de incremento da produtividade, que se encontra estagnada não só no Brasil, mas também em países de outras regiões como a Europa. O melhor cenário esperado é aquele em que a ferramenta contribui para tornar os trabalhadores expostos à tecnologia mais eficientes na execução de suas tarefas.

Segundo estudo da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), as regiões que concentram setores como educação, tecnologias da informação e comunicação (TIC) ou finanças seriam mais expostas à IAG, assim como trabalhadores mais qualificados e do sexo feminino. No âmbito dos países do grupo, 26% estariam expostos à IAG, mas apenas 1% estaria altamente exposto. Os membros latino-americanos, como México e Colômbia estão menos expostos que os países mais ricos (OECD, 2024b, p. 138).

Por um lado, o estudo aponta baixa evidência de destruição de empregos em massa até o momento, bem como a oportunidade que a tecnologia oferece para minorar problemas do mercado de trabalho, tais como falta de mão de obra qualificada, baixa produtividade e baixa inclusão. Por outro lado, aponta riscos como o gerenciamento por algoritmos e vieses problemas éticos e de privacidade, e de aumento da desigualdade, entre e dentro dos países. Os autores recomendam soluções baseadas em evidências e adaptadas à realidade local para se fomentar a qualificação dos trabalhadores (OECD, 2024b, p. 178).

Estudo da Organização Internacional do Trabalho (OIT) no contexto latino-americano indica que trabalhadores urbanos do mercado formal, com ensino superior e renda mais elevada, são mais propensos a ter contato com a IAG. O mesmo ocorre com trabalhadores mais jovens, do sexo feminino, dos setores de finanças, seguros e administração pública. Por outro lado, a diferença no acesso a tecnologias digitais é importante barreira para que se concretizem os efeitos positivos da tecnologia nos empregos da região (Gmyrek, Winkler e Garganta., 2024, p. 1).

A OIT estima que de 30% a 40% dos trabalhadores latino-americanos estão expostos à IA. Classificados por categorias de exposição, 2% a 5% estariam ameaçados pela automação, 8% a 12% seriam empoderados, ou seja, conseguiriam ser mais produtivos com a tecnologia, e de 14% a 21% teriam efeitos desconhecidos no momento (Gmyrek, Winkler e Garganta., 2024, p. 7).

Estudo realizado em 16 países europeus, no período de 2011 a 2019, encontrou aumento na proporção do emprego total em ocupações mais expostas à IA e ao uso de *software*, especialmente nas ocupações com percentual maior de profissionais mais jovens e qualificados. Por outro lado, o estudo não encontrou relação entre salários e exposição à tecnologia (European Central Bank, 2023, p. 1).

Há dois estudos que destoam dos anteriores. O primeiro é de Bonfiglioli *et al.* (2023). Utilizando dados de emprego dos Estados Unidos de 2000 a 2020, os autores encontram impactos negativos para os trabalhadores menos qualificados e envolvidos na produção, ao passo em que os resultados seriam positivos para os trabalhadores no topo da distribuição de renda, devido ao aumento do número de postos de emprego.

O segundo é de Huang (2024), que também utiliza dados dos Estados Unidos, no período de 2010 a 2021, pelo qual encontrou resultados negativos no emprego para localidades com maior adoção de IA. Além disso, o efeito negativo é maior em setores manufatureiro e de serviços, que demandam baixa qualificação, para os trabalhadores de média qualificação, e nos extremos da distribuição etária e para homens.

Os principais riscos associados à IA são o aumento da concentração de mercado e da desigualdade, a disseminação de desinformação, vieses e violações de privacidade. As políticas recomendadas são aumento do acesso à IA, incentivo à complementaridade com o ser humano, por meio de educação e treinamento, e governança da IA (OECD, 2024a, p. 3).

Estudo da OCDE defende que a IA apresenta potencial de aumentar a produtividade. Entretanto, há uma incerteza fundamental: a realocação de mão de obra será em direção a setores com menores taxas de produtividade? Na situação atual, observa-se forte concentração das grandes empresas de tecnologia (*big techs*) e adoção desigual, tanto regional quanto setorial (OECD, 2024a, p. 5).

Outro estudo da OCDE trabalha com três cenários em suas estimativas: baixa adoção; alta adoção com capacidades ampliadas; alta adoção, capacidades ampliadas e ajustes de fricção e ganhos diferenciados entre os setores econômicos. No cenário mais favorável para os Estados Unidos, a taxa anual de impacto no crescimento da produtividade total dos fatores (PTF) seria ligeiramente superior 0,6 pontos percentuais (pp.). No cenário de baixa adoção, a projeção é de ganho ligeiramente superior a 0,2 pp. anuais. Ou seja, no cenário mais otimista, a taxa de impacto anual dos ganhos de produtividade é quase três vezes superior ao cenário menos otimista (OECD, 2024c, p. 29).

As discrepâncias não param por aí. As projeções mais pessimistas para a Itália são de ganho de apenas 0,1 pp. na taxa anual de impacto no crescimento da PTF. Já no cenário mais otimista, as projeções são da mesma ordem de grandeza do cenário mais pessimista para os Estados Unidos (OECD, 2024c, p. 39). Em suma, existe grande amplitude de variação, tanto entre diferentes cenários de um mesmo país, quanto entre países distintos.

Estudo do recém laureado prêmio Nobel de Economia, Daron Acemoglu, é extremamente conservador em suas estimativas, em comparação com impactos previstos por consultorias e bancos. O autor estima ganhos decorrentes especificamente da IA generativa na PTF de 0,66% em dez anos, o que representa apenas 0,064% anual, para a economia dos Estados Unidos. O impacto equivalente no PIB, no mesmo período, seria de 0,93% a 1,16% (Acemoglu, 2024).

#### 4. TENDÊNCIAS DE MERCADO E POLÍTICAS PÚBLICAS

Na presente seção serão discutidos alguns pontos que já foram apresentados – explícita ou implicitamente – nas seções anteriores, e incluídos novos. O primeiro diz respeito ao domínio das *big techs* e à concentração de mercado.

Em anos recentes, tornou-se clichê afirmar que “dados são o novo petróleo”. Claramente, um e outro guardam grandes diferenças entre si, mas é inequívoco que no atual contexto da IA, baseado principalmente em algoritmos de aprendizado de máquina alimentados por massivas quantidades de dados, quem tem acesso a esses dados possui grande vantagem competitiva.

No contexto atual da internet, pode-se dividir – de modo muito simplificado – o mundo em dois grandes blocos: o ocidental – dominado por ferramentas e empresas dos Estados Unidos –, e o chinês. As *big techs* de cada um dos países – tais como Google, por um lado, e Tencent, por outro – possuem acesso privativo a uma massiva quantidade de dados de usuários, que são utilizados para alimentar os modelos de IA.

A emergência do ChatGPT, da OpenAI, que recebeu aporte bilionário da Microsoft, representou o sucesso do modelo dos Estados Unidos, baseado em algoritmos muito custosos para seu treinamento e demandou grande quantidade de placas de processamento de imagens (GPU), cuja demanda ajudou a tornar a NVIDIA uma das empresas mais valiosas do mundo.

Por outro lado, o recém-lançado modelo da DeepSeek, uma *startup* chinesa, é baseado em pesos aberto e, segundo declarações da empresa, foi desenvolvido com custo de treinamento dos modelos que representa uma fração dos necessários para treinar os modelos das *big techs* dos Estados Unidos.

Ainda é cedo para entendermos os desdobramentos desse anúncio, mas ele representa uma esperança de menor concentração de mercado por um lado, e, por outro, uma oportunidade para países fora da disputa Estados Unidos vs – China, em virtude do modelo aberto, dos custos menores de treinamento, e da menor dependência dos GPU, que apresentam custos elevados. De qualquer forma, são os dois países que dominam o cenário mundial da IA, tanto

no lançamento de modelos, como na produção científica, o que – até o momento –, confirma a tese de Lee (2018, p. 20).

Um tema não abordado anteriormente diz respeito à questão ambiental. Os *datacenters* – instalações físicas compostas por servidores, unidades de armazenamento e equipamentos de rede – onde os modelos de IA são treinados e rodados, consomem quantidades massivas de energia (Arbache, 2024, p. 5).

Do ponto de vista das políticas públicas, existem – de modo genérico – duas abordagens para a regulamentação da IA. Uma, mais liberal, que pode ser observada nos Estados Unidos, no Reino Unido e no Japão. Outra, mais intervencionista, com forte influência na proposta brasileira aprovada no Senado, representada pelo modelo da União Europeia (Kubota e Rosa, 2024, p. 12).

O Brasil, por meio dos ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação, do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, e das Comunicações, têm desenvolvido planos ligados não só à IA, mas também a tecnologias e infraestruturas relacionadas, tais como internet das coisas, *datacenters* e políticas de internet nas escolas.

Uma política que talvez careça de atenção maior no momento diz respeito à (re)qualificação profissional. Conforme observado nas seções anteriores, a qualificação dos trabalhadores para utilizarem novas tecnologias é necessária não só para se evitar a automação em massa – o que é um risco maior para os trabalhadores de menor qualificação, mas também para propiciar que os profissionais de todos níveis de qualificação obtenham ganhos de produtividade na execução de suas tarefas. De modo análogo, o desenvolvimento da maturidade digital das empresas, principalmente as de pequeno e médio porte, é fundamental para se evitar a concentração de mercado.

Finalmente, outro aspecto fundamental do ponto de vista das políticas públicas é a inclusão digital. Trata-se de um desafio com duas dimensões particularmente importantes em países como o Brasil. A primeira é o acesso por parte da população de menor renda aos equipamentos de TIC e conectividade. A segunda é o acesso das populações mais isoladas e fora das áreas comercialmente atrativas às empresas de comunicação privadas, notadamente as regiões rurais e de difícil acesso, como o Norte do país.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A IA, em geral, e a IAG, em particular, foram talvez o desenvolvimento tecnológico no âmbito das TIC com maior impacto no imaginário da população desde o advento da internet comercial, em fins dos anos 1990 e início dos anos 2000. As expectativas na ocasião foram tão irracionais que culminaram no estouro de uma bolha de mercado.

Uma das principais preocupações com relação à IAG está no seu potencial de eliminar postos de trabalho. Neste artigo, foram apontadas diversas variáveis que podem afetar – em muitos casos negativamente – a velocidade da adoção da tecnologia pelas empresas: distintas maturidades digitais, impactos regulatórios, fatores macroeconômicos e o crescimento das economias.

Em função dessas variáveis, do histórico de previsão de estudos sobre percentuais de população potencialmente afetada pela automação que não se concretizaram e do fato de o Brasil não se encontrar entre países mais potencialmente afetados no momento, este autor acredita que não exista – no curto prazo – risco de desemprego massivo em função da adoção da IAG pelas empresas.

Por outro lado, conforme apontado na introdução, os modelos de IAG geram diferentes tipos de conteúdo: textos, imagens, música e vídeos. Sendo assim, é razoável se esperar que as ocupações potencialmente mais afetadas – não necessariamente com perda de empregos – pela tecnologia em prazo mais curto sejam aquelas cujo principal objeto seja o conteúdo. Como exemplos, é possível citarmos advogados, jornalistas, *designers*, tradutores, roteiristas e mesmo programadores e acadêmicos. Antecipando os riscos, roteiristas e atores de Hollywood realizaram greve no fim de 2023 para limitar, por exemplo, o uso de imagens geradas por IA sem autorização.

As projeções sobre o impacto da IA no aumento da produtividade variam bastante. É razoável supor-se que – nesse momento de grande incerteza sobre o futuro do desenvolvimento da tecnologia – o peso das diferentes premissas adotadas nos diferentes estudos tenha impacto substancial nas diferenças.

Um ponto a ressaltar é que esse desenvolvimento tecnológico não é autônomo. São as escolhas da sociedade que determinam se a tecnologia será favorável ou desfavorável aos trabalhadores em particular e à sociedade como um todo (Acemoglu, 2024, p. 45). Assim sendo, as políticas públicas devem buscar a qualificação dos trabalhadores potencialmente afetados e o aumento da maturidade das empresas – especialmente as de menor porte –, de modo que os potenciais ganhos de produtividade advindos da adoção da tecnologia beneficiem a muitos, não a poucos.

As políticas públicas também devem privilegiar o desenvolvimento da IA por meio do uso de fontes limpas e/ou renováveis de energia, bem como buscar novos desenvolvimentos tecnológicos que sejam poupadores de um recurso tão precioso como a água.

## REFERÊNCIAS

ACEMOGLU, Daron. **The simple macroeconomics of AI**: NBER Working Paper. Cambridge: NBER, maio 2024.

ARBACHE, Jorge. **Os custos e benefícios dos data centers**: texto de discussão do setor elétrico. Rio de Janeiro: GESEL UFRJ, nov. 2024.

BONFIGLIOLI, Alessandra *et al.* **Robots, Offshoring and Welfare**. Munich: CESifo, 2023. 41 p. (CESifo Working Paper, n. 10685).

EUROPEAN CENTRAL BANK. **New technologies and jobs in Europe**. Frankfurt: Publications Office, 2023.

FREY, Carl Benedict; OSBORNE, Michael A. The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 114, p. 254-280, 2017.

GMYREK, Pawel; WINKLER, Hernan; GARGANTA, Santiago. **Buffer or bottleneck?:** employment exposure to generative AI and the digital divide in Latin America. Geneva: International Labour Organization: World Bank, 2024.

HUANG, Yueling. The labor market impact of artificial intelligence: evidence from US regions. Washington D.C: **IMF Working Papers**, [s. l.], 6v. 2024, n. 199, p. 1, set. 2024.

KUBOTA, Luis Claudio; ROSA, Mauricio Benedeti. **Artificial intelligence in Brazil:** adoption, scientific production and regulation. Brasília: Ipea, jan. 2024.

LEE, Kai-Fu. **AI superpowers:** China, Silicon Valley, and the new world order. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2018.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE). **Job creation and local economic development 2024:** the geography of generative AI. Paris: OECD, 2024b. (OECD Local Economic and Employment Development (LEED) Papers).

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE). **Miracle or myth?:** Assessing the macroeconomic productivity gains from artificial intelligence. Paris: OECD, nov. 2024c. (OECD Artificial Intelligence Papers, n. 82).

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE). **The impact of artificial intelligence on productivity, distribution and growth:** key mechanisms, initial evidence and policy challenges. Paris: OECD, 2024a. (OECD Artificial Intelligence Papers, n. 66).

ROSA, Mauricio Benedeti; KUBOTA, Luis Claudio. Artificial intelligence: Where does Brazil stand in global scientific production and what are the main technical determinants of adoption by Brazilian companies. **EconomiA**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 358-374, 2025.

SCHUH, Günther *et al.* **Industrie 4.0 maturity index.** Munich: Acatech, 2020.

WOLFRAM, Stephen. **What is ChatGPT doing... and why does it work?.** Champaign: Wolfram Media, 2023.

# Impactos da inteligência artificial na economia<sup>49</sup>

Fernando Veloso<sup>50</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Uma questão central atualmente diz respeito ao impacto das novas tecnologias sobre a produtividade e o mercado de trabalho. Diante dos avanços recentes da inteligência artificial generativa (IAG), o tema tornou-se ainda mais urgente.

Nas últimas décadas, tarefas rotineiras foram automatizadas, do que resultou queda do emprego e do salário dos trabalhadores com qualificação intermediária. Por outro lado, trabalhadores de qualificação elevada, que exercem atividades não-rotineiras associadas a pensamento abstrato e a criatividade, tiveram aumento de emprego e de salário.

A principal diferença da IAG em relação às tecnologias anteriores é sua capacidade de inferir relações tácitas, que não são passíveis de codificação, e de gerar conteúdo, como texto e imagens. Por isso, podem vir a substituir trabalhadores que exercem atividades não-rotineiras.

Embora vários estudos recentes tenham procurado fazer projeções do impacto da inteligência artificial (IA) sobre o crescimento da economia e o mercado de trabalho nos próximos anos, ainda existe muita incerteza. Existem desde previsões de grande aceleração do crescimento da produtividade com melhora da qualidade dos empregos até a visão oposta, segundo a qual as novas tecnologias terão pouco efeito sobre a produtividade e reduzirão o emprego e o salário de grande parcela dos trabalhadores.

No que diz respeito à produtividade, existem dúvidas em relação ao uso da tecnologia e sua disseminação entre as empresas e setores da economia. Por exemplo, caso as novas tecnologias sejam usadas para criação de novos produtos e serviços, seu impacto tende a ser mais positivo do que se forem utilizadas para automatizar processos já existentes. Além disso, seu impacto sobre a produtividade agregada tende a ser modesto caso os ganhos sejam concentrados em poucas empresas e setores. Em relação ao mercado de trabalho, caso a IA seja utilizada para complementar em vez de substituir o trabalho, seu impacto sobre o emprego e o salário tende a ser mais benéfico.

O objetivo deste artigo é discutir os possíveis impactos da IA sobre a produtividade e o emprego e oferecer algumas recomendações para que seus avanços tenham efeitos positivos na economia e no mercado de trabalho.

---

49 Artigo baseado na palestra proferida em audiência pública do Cedes sobre impactos da inteligência artificial na economia, realizada em 12 de dezembro de 2024.

50 Pesquisador do Instituto Mobilidade e Desenvolvimento Social (IMDS).

Além desta introdução, o artigo está estruturado da seguinte forma. Na segunda seção são apresentadas algumas evidências recentes sobre a utilização da IA. Na terceira seção são discutidos os impactos da IA no mercado de trabalho de economias avançadas e emergentes. Na quarta seção são analisados os efeitos da IA sobre a produtividade no Brasil. E, por fim, na quinta seção são apresentadas algumas recomendações de política pública.

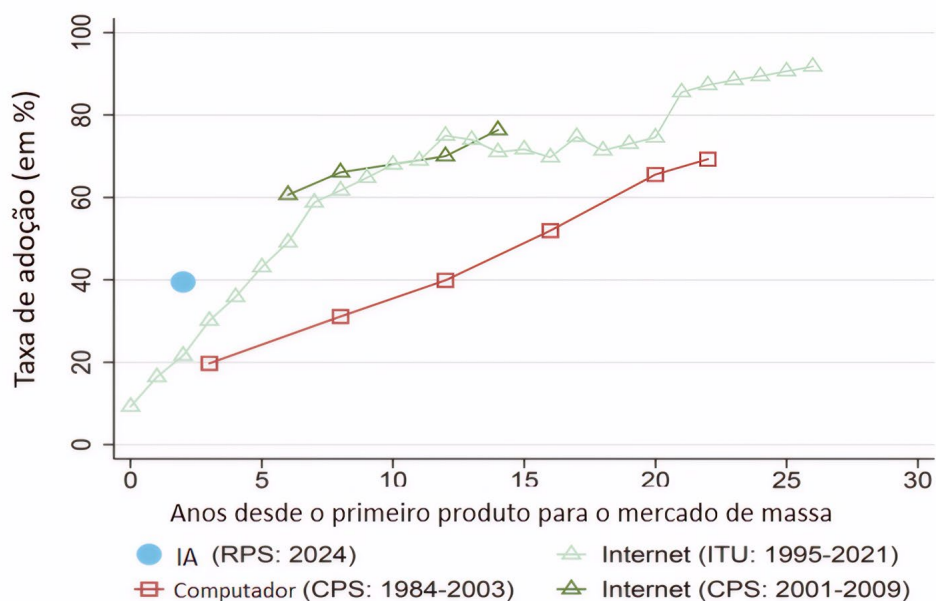
## 2. NOVAS EVIDÊNCIAS SOBRE A UTILIZAÇÃO DA IA

Novas bases de dados têm sido criadas para entendermos os efeitos da IAG na atividade econômica e no mercado de trabalho, e isso é uma boa notícia. Bick, Blandin e Deming (2024, p. 11) apresentam os primeiros resultados de um novo módulo sobre IAG da *Real-Time Population Survey* (RPS), um *survey online* representativo da população com idade entre 18 e 64 anos nos Estados Unidos.

Em agosto de 2024, 39% da população nessa faixa etária utilizaram IAG. Cerca de 28% usaram a tecnologia no trabalho e 11% fizeram uso diário de IA na semana anterior à pesquisa. O produto mais usado foi o ChatGPT, seguido do Gemini do Google.

Bick, Blandin e Deming (2024, p. 14) mostram que a adoção de IAG tem sido mais rápida que a do computador pessoal (PC) e da internet. Enquanto 39% da população já utilizam IAG dois anos após a introdução do ChatGPT, somente 20% utilizavam PC três anos após seu surgimento no início da década de 1980. No caso da internet, seu uso se limitava a 20% dois anos após o início de sua adoção em meados da década de 1990 (gráfico 1).

GRÁFICO 1 – TRAJETÓRIA DE ADOÇÃO DO COMPUTADOR, INTERNET E IA



Fonte: Bick, Blandin e Deming (2024).

Bick, Blandin e Deming (2024, p. 18) mostram que a IA tem sido usada em um conjunto abrangente de tarefas, o que indica que a tecnologia pode afetar parcela expressiva da atividade econômica. Para calcular o impacto potencial da IAG sobre a produtividade do trabalho, os autores combinam duas fontes de informação.

Primeiro, com base no *survey* sobre uso de IA, estimam que entre 1% e 8% das horas trabalhadas nos Estados Unidos envolvem utilização de IAG. Segundo, com base na mediana dos impactos da IAG sobre a produtividade em cinco diferentes experimentos aleatórios, estimam ganhos de eficiência em torno de 25% nas tarefas que usam as novas tecnologias.

Com base nesses números, Bick, Blandin e Deming (2024, p. 19) estimam um aumento potencial de produtividade entre 0,2% e 2,1% para a economia americana com base nas taxas atuais de uso de IAG. Como a adoção de IAG ainda é relativamente baixa, seu impacto pode ser consideravelmente maior caso sua utilização continue a se disseminar rapidamente entre empresas e trabalhadores.

### 3. IA E MERCADO DE TRABALHO EM PERSPECTIVA COMPARADA

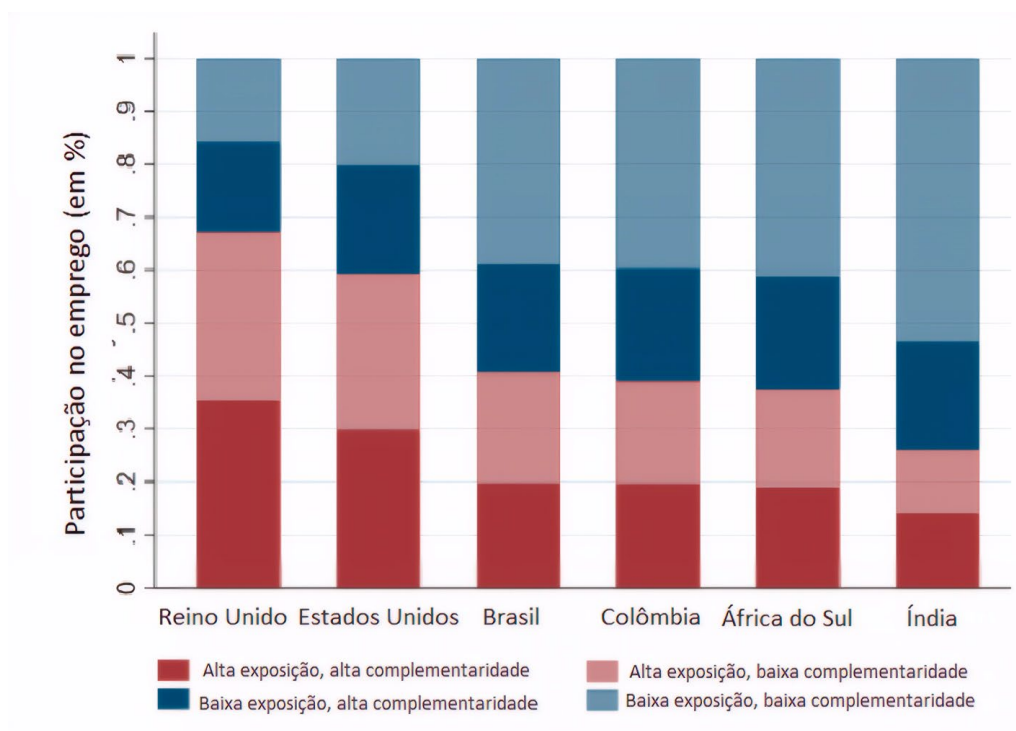
Pizzinelli *et al.* (2023, p. 18) examinam o impacto da IA no mercado de trabalho dos Estados Unidos, Reino Unido, Brasil, Colômbia, África do Sul e Índia. Embora alguns trabalhos acadêmicos tenham construído medidas de exposição de ocupações à IA, isso não significa necessariamente que o trabalhador será substituído por uma máquina, já que a IA pode ter papel complementar.

A contribuição de Pizzinelli *et al.* (2023, p. 6) foi construir uma medida de complementaridade da IA que leva em consideração não somente aspectos específicos da ocupação, mas também aspectos éticos e sociais. Por exemplo, ocupações que exigem longo período de formação profissional e cursos frequentes de atualização profissional oferecem mais oportunidades de aprendizado de habilidades que favorecem a integração da IA com o trabalho, o que aumenta a probabilidade de complementaridade com as novas tecnologias.

Além disso, é pouco provável que a sociedade aceite delegar à IA decisões importantes em medicina e direito. Isso leva os autores à suposição de que a IA seja utilizada de modo complementar ao trabalho de médicos e juizes, com ganhos de produtividade na elaboração de diagnósticos e decisões judiciais, respectivamente.

Enquanto em economias avançadas como Estados Unidos e Reino Unido o percentual de trabalhadores com alta exposição à IA é de cerca de 60% do total ocupado, em economias emergentes como Brasil, Colômbia e África do Sul essa proporção situa-se em torno de 40% (gráfico 2). Na Índia, por sua vez, esse percentual é bem menor (pouco acima de 20%). Essas diferenças refletem o fato de que economias avançadas possuem maior concentração da mão de obra em ocupações intensivas na produção e utilização de conhecimento, que são mais suscetíveis ao uso de IA.

GRÁFICO 2 – PARTICIPAÇÃO NO EMPREGO POR EXPOSIÇÃO E COMPLEMENTARIDADE DA IA



Fonte: Pizzinelli *et al.* (2023).

No entanto, Pizzinelli *et al.* (2023, p. 20) estimam que cerca de metade da exposição à IA em economias avançadas é de natureza complementar. Além de reduzir a probabilidade de que esses trabalhadores percam o emprego, isso eleva a chance de que as novas tecnologias aumentem a produtividade dos trabalhadores.

No caso do Brasil, cerca de 20% da população ocupada possuem alta exposição e baixa complementaridade com a IA, e são conseqüentemente bastante vulneráveis à perda do emprego. Por outro lado, cerca de 20% dos trabalhadores possuem alta exposição, mas também elevada complementaridade com a IA, o que pode gerar benefícios em termos de maiores produtividade e salário.

Outro resultado interessante de Pizzinelli *et al.* (2023, p. 24) é que, embora trabalhadores com ensino superior completo estejam mais expostos à IA, o grau de complementaridade com IA também é elevado para esses trabalhadores.

No Brasil, embora 80% dos trabalhadores com ensino superior estejam expostos à IA, para 50% do total a IA deverá ter papel complementar. Para os trabalhadores que completaram apenas o ensino médio, o grau de exposição à IA é menor (pouco acima de 60%), mas apenas 20% do total devem se beneficiar das novas tecnologias.

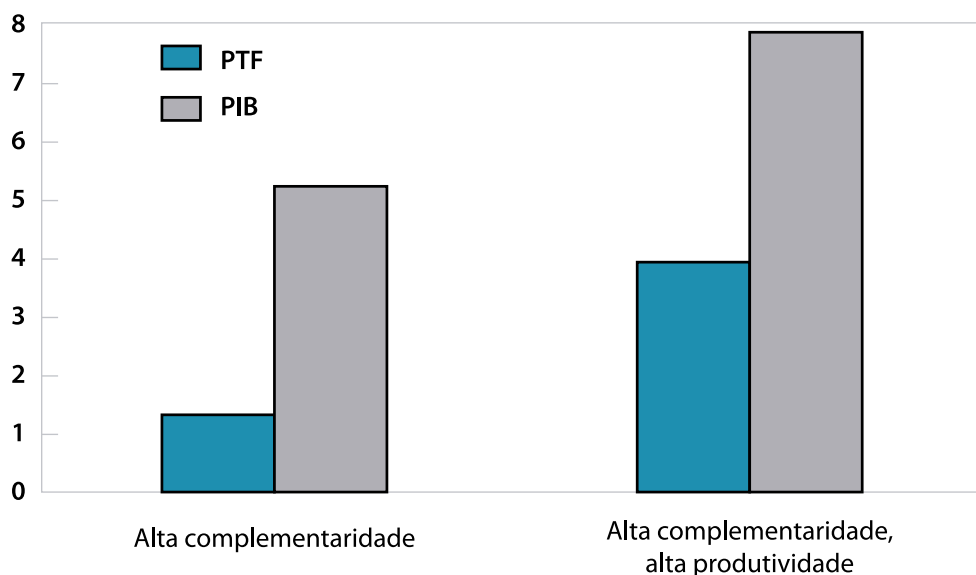
#### 4. EFEITOS DA IA SOBRE O PIB E A PRODUTIVIDADE NO BRASIL

O relatório anual do FMI sobre a economia brasileira de 2024 (FMI, 2024) apresentou estimativas do impacto da IA sobre o crescimento do PIB e da produtividade da economia brasileira.

O modelo utilizado para as simulações considerou três canais pelos quais a IA pode afetar a produtividade. O primeiro consiste em ganhos de eficiência decorrentes da automação de tarefas atualmente exercidas por trabalhadores. O segundo é o aumento de produtividade de atividades complementares à IA. O terceiro está associado ao uso disseminado de IA e seu impacto no investimento.

Segundo o cenário-base do FMI, a adoção de IA no Brasil aumentaria o PIB em 5% em um horizonte de cerca de dez anos, como resultado da maior acumulação de capital e da elevação da produtividade total dos fatores (PTF) de pouco mais de 1%. Um cenário alternativo que incorpora ganhos de PTF resultantes de maior complementaridade entre IA e trabalhadores estima um aumento do PIB e da PTF de 8% e 4%, respectivamente (gráfico 3).

GRÁFICO 3 – IMPACTO DA IA NA PTF E NO PIB DO BRASIL (EM %)



Fonte: FMI (2024).

As simulações mostram que, embora o salário de todos os trabalhadores aumente, os maiores ganhos ocorrem para os trabalhadores mais qualificados. Apesar de os trabalhadores com ensino superior completo estarem mais expostos à IA, seu nível mais elevado de escolaridade torna mais provável que a IA seja complementar à sua atividade, o que resulta em aumento de produtividade e de salário.

## 5. RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICA PÚBLICA

Para se elevarem os efeitos positivos da IA sobre a produtividade e o mercado de trabalho, é fundamental encontrarem-se formas de torná-la complementar ao trabalho e utilizá-la para criação de novas oportunidades de emprego e aumento da capacitação dos trabalhadores.

Vários estudos recentes mostram que a IAG pode ser utilizada para complementar o trabalho. Um experimento conduzido por Noy e Zhang (2023, p. 3) revela que o uso do ChatGPT aumentou a velocidade e a qualidade do texto produzido, com melhora mais acentuada dos trabalhadores de menor qualificação. Brynjolfsson, Li e Raymond (2023, p. 12) mostram que a IAG aumentou a produtividade média de serviços de atendimento ao consumidor, com ganhos mais expressivos entre os trabalhadores de menor qualificação. Acemoglu, Autor e Johnson (2023, p. 6) argumentam que os setores de educação e de saúde pública poderiam se beneficiar muito do uso da IAG para elevar a qualificação de professores e enfermeiras.

Autor, Mindell e Reynolds (2021, p. 135) resumem as principais conclusões da pesquisa desenvolvida pela MIT Task Force on the Work of the Future e incluem várias recomendações de políticas públicas com o objetivo de fazer os ganhos de produtividade decorrentes das novas tecnologias serem compartilhados por toda a sociedade por meio da criação de bons empregos.

Embora sejam oferecidas sugestões no sentido de se estender a rede de proteção social, grande parte das recomendações diz respeito às políticas ativas de mercado de trabalho, como qualificação profissional e intermediação de mão de obra.

No que diz respeito à intermediação do emprego, a ideia central é utilizarem-se novas tecnologias e parcerias com o setor privado de modo a se reduzir a assimetria de informação e se aprimorar o mecanismo de pareamento (*matching*) entre empresas e trabalhadores. Em relação à qualificação, as propostas procuram estimular uma colaboração estreita entre as entidades responsáveis pelo treinamento e as empresas.

Barbosa Filho e Veloso (2022, p. 20) apresentam várias propostas de qualificação profissional e de intermediação de mão de obra para o Brasil que vão na mesma direção. A principal premissa das propostas de qualificação é que a oferta de cursos deve estar conectada com a demanda do mercado.

Uma forma de conectar a qualificação profissional com a demanda do mercado é fazer um mapeamento de vagas mediante contato direto com as empresas e ofertar os cursos somente quando seja observada a necessidade de capacitação profissional específica em determinada região. Esse foi o modelo do Pronatec-MDIC, uma vertente bem-sucedida do Pronatec, que contou com menos de 1% dos recursos totais do programa.

Outra proposta consiste na disponibilização de um *voucher* para as empresas que permita a capacitação de um futuro funcionário ou a requalificação de um empregado. Isso evitaria que fosse oferecida qualificação profissional em competências nas quais as empresas não tenham interesse.

Uma terceira possibilidade é o contrato de impacto social, no qual a empresa contratada para ofertar o serviço somente seria remunerada se cumprisse uma meta de empregabilidade do grupo que realiza o curso de qualificação. Uma proposição legislativa que estabelece as condições necessárias para a implementação de contratos de impacto social é o PLS 338/2018, de autoria do então senador Tasso Jereissati.

Em relação à intermediação de emprego, as novas ferramentas de IA podem ser incorporadas de forma mais intensiva ao Sistema Nacional de Emprego (SINE), de modo a melhorar a qualidade das plataformas digitais.

Um segundo eixo consiste na integração do SINE com empresas privadas de intermediação, seja mediante disponibilização do acesso aos dados cadastrais desidentificados de trabalhadores inscritos no SINE (SINE aberto) ou pela incorporação de agentes privados à rede de atendimento provida por estados e municípios (SINE misto).

Em resumo, existem diversas possibilidades para tornarmos a IA complementar ao trabalho, com criação de boas oportunidades de emprego e aumento da capacitação dos trabalhadores.

## REFERÊNCIAS

ACEMOGLU, Daron; AUTOR, David; JOHNSON, Simon. **Can we have pro-worker AI?** Choosing a path of machines in service of minds. London: CEPR, 2023. (CEPR Policy Insight, n. 123).

AUTOR, David; MINDELL, David; REYNOLDS, Elisabeth. **The work of the future:** building better jobs in an age of intelligent machines. Cambridge, MA: MIT Press, 2021. 192 p.

BARBOSA FILHO, Fernando de Holanda; VELOSO, Fernando. Mercado de trabalho no Brasil: evolução, efeitos da pandemia, perspectivas e propostas. Rio de Janeiro: FGV IBRE, [2021?]. Disponível em: <https://ibre.fgv.br/observatorio-produtividade/artigos/mercado-de-trabalho-no-brasil-evolucao-efeitos-da-pandemia>. Acesso em: 18 mar. 2026.

BICK, Alexander; BLANDIN, Adam; DEMING, David J. **The rapid adoption of generative AI.** Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2024. 47 p. (NBER Working Paper Series, n. 32966).

BRYNJOLFSSON, Erik; LI, Danielle; RAYMOND, Lindsey. **Generative AI at work.** Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2023. 72 p. (NBER Working Paper Series, n. 31161).

FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL (FMI). **Brazil:** 2024 Article IV Consultation. Washington, DC: IMF, 2024. 119 p. (IMF Country Report, n. 24/209).

NOY, Shakked; ZHANG, Whitney. Experimental evidence on the productivity effects of generative artificial intelligence. **Science**, [s. l.], v. 381, n. 6654, p. 187-192, 2023.

PIZZINELLI, Carlo *et al.* **Labor market exposure to AI:** cross-country differences and distributional implications. Washington, DC: International Monetary Fund, 2023. 45 p. (IMF Working Paper, n. 23/216).

# Inteligência artificial: as agendas da China e dos EUA

Gilson Geraldino Silva Jr.<sup>51</sup>

Ricardo Marques Lobo<sup>52</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) é considerada a tecnologia com maior potencial disruptivo da segunda década do século XXI. Os benefícios de sua adoção nas atividades produtivas, acadêmicas e no serviço público são comparados à invenção da eletricidade e da internet tamanho o impacto estimado dos algoritmos mais modernos (NSCAI, 2021, p. 7).

No entanto, a posição central na evolução do paradigma tecnológico causa a falsa impressão de que a IA é um produto dos avanços científicos e computacionais acumulados das últimas revoluções tecnológicas. O tema de IA é presente na comunidade científica desde a década de 50. Alan Turing (1950) desenvolve ideias sobre a capacidade de uma máquina imitar o comportamento humano. Turing (1950, p. 24) contribui com sua própria opinião sobre o assunto, apostando que, após 50 anos da publicação do artigo, o ser humano seria capaz de construir uma máquina que emularia o pensamento dos homens. Ao longo dos anos, exemplos de máquinas que superaram seres humanos chamaram a atenção, como o duelo de Garry Kasparov contra o programa de computador Deep Blue, da IBM, que derrotou o campeão mundial de xadrez em uma revanche após perder a primeira partida, ou o AlphaGo, programa de computador da Google que surpreendeu os mestres do jogo de tabuleiro mais popular do leste asiático.

Dixon (2022, p. 8) afirma que a adoção global de IA já era de 56% em 2021, mas de apenas 6% em 2020. A tecnologia já permeia diversos setores produtivos, como saúde, telecomunicações, finanças, indústria e agropecuária (Dixon, 2022, p. 16).

Bremmer e Suleyman (2023, p. 2) apontam que a problemática da IA ocorre em duas esferas diferentes. O setor privado de alta tecnologia é o maior responsável pelo desenvolvimento das principais tecnologias no âmbito da IA. Essa dinâmica produtiva traz o desafio da regulação, que precisa ser restritiva a ponto de mitigar os riscos sem prejudicar o ritmo do avanço tecnológico.

O segundo prisma trata desse desenvolvimento com uma ótica global (Bremmer e Suleyman, 2023, p. 5). O potencial de disrupção da inteligência artificial é tão grande que a discussão

---

51 Bacharel e mestre em economia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), doutor em economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), professor dos cursos de graduação (bacharelado) e pós-graduação (mestrado e doutorado) em economia, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

52 Bacharel em relações internacionais e em economia pela (UFSC).

transborda do campo da tecnologia em direção ao campo da política. Conforme é natural no sistema internacional, as grandes potências buscam a manutenção do *status quo* mediante domínio das tecnologias mais avançadas que podem garantir benefícios e vantagens perante outros atores.

No contexto atual, China e Estados Unidos lideram os avanços tecnológicos em IA. Em consenso quanto à importância de liderar o avanço da fronteira tecnológica, os dois países buscam políticas, estratégias, investimentos e regulações adequadas para potencializar ao máximo seus sistemas e reestruturar suas capacidades produtivas.

De acordo com Sheehan (2023, p. 10), a China publicou até abril de 2023 um total de nove documentos regulatórios que afetam o desenvolvimento e a democratização da IA. Sheehan (2023, p. 17) aponta que as regulações e estratégias chinesas possuem três objetivos principais: estabilidade política, impacto social e busca por se tornar referência e liderança no que tange a IA no âmbito global. Segundo o Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (HAI), da Universidade de Stanford (2023), o governo chinês investiu 14 bilhões de dólares no setor em 2023.

Os Estados Unidos da América, por sua vez, também tentam participar dessa corrida mediante publicação por instituições regulatórias e legislativas de uma série de documentos. Em 2022, tramitaram no legislativo norte-americano mais de 88 projetos de lei vinculados a IA (HAI, 2023, p. 271). O HAI (2023) coloca as empresas estadunidenses como primeiras do *ranking* de investimento em tecnologias dessa natureza, com 47 bilhões de dólares em 2022.

Bremmer e Suleyman (2023, p. 4) afirmam que não é possível transplantar-se um sistema regulatório de outra tecnologia para o contexto da IA, dadas a complexidade e a velocidade de evolução da tecnologia. A estratégia e a regulação corretas fazem diferença no desenvolvimento por duas óticas: liderar a corrida, mas sem prejudicar a sociedade. O equilíbrio entre inovação e regulação é uma busca constante nos países no centro da produção de IA.

O tema IA também interage com outras questões fundamentais da economia e da política internacional, como política industrial, sistemas nacionais de inovação, indústria 4.0 e regulação de novas tecnologias. Todavia, dado o limite de espaço e o escopo desta coletânea de artigos, trataremos desse tema em duas partes, uma sobre a China e a outra sobre os Estados Unidos.

## 2. CHINA

### 2.1 Estratégia de IA

O documento intitulado *A next generation artificial intelligence development plan* foi publicado em 2017 pelo Partido Comunista Chinês (PCCh). A frase de abertura do documento ilustra o ponto de vista do governo chinês sobre o tema (China, 2017):

O rápido desenvolvimento da inteligência artificial mudará profundamente a humanidade e o mundo. Para aproveitar ao máximo a oportunidade para o desenvolvimento da IA, para construir a vantagem de *first mover* da China e para acelerar a

construção de uma nação inovadora e potência global na ciência e tecnologia, foi formulado este plano. (p. 2, tradução dos autores)

Segundo o documento estratégico, a IA representa o auge da evolução tecnológica contemporânea e torna-se o novo foco da competição internacional (China, 2017). Essa tecnologia teria, segundo a China (2017), papel importante ao promover competitividade, proteger a segurança nacional, conectar atividades econômicas, além de gerar novas oportunidades de construção social.

No outro gume da faca, a China (2017) afirma que o avanço acelerado dessa tecnologia traz consigo incertezas, especialmente em relação às estruturas de emprego, regulamentação jurídica, impacto social, privacidade e diplomacia, o que requer estratégias eficazes para minimização de riscos.

A avaliação do PCCh é que o país se encontra nas pré-condições ideais para o desenvolvimento de IA (China, 2017). Essa visão é lastreada pelo sucesso nos megaprojetos, principal mecanismo de política industrial da China na década de 2010, e o alto investimento em P&D do tema.

Contudo, a China (2017) entende que ainda existem lacunas importantes em relação aos países centrais do Ocidente. O documento cita elementos como teoria básica, algoritmos, equipamentos de *hardware* de ponta e estrutura sistêmica de desenvolvimento.

A tradução inglesa do documento refere-se à combinação do potencial chinês com essas condições ideais por meio do termo *leapfrog* (Creemers *et al.*, 2017, p. 3), em que o domínio de uma tecnologia altamente disruptiva é capaz de fazer a produção tecnológica de um país pular estágios de desenvolvimento e tomar a liderança tecnológica global.

Para enfrentar os desafios e atingir a liderança tecnológica, a estratégia chinesa em IA é orientada por vários princípios básicos. Primeiramente, a liderança tecnológica é um objetivo a ser alcançado, com vistas a posicionar a China no topo da hierarquia global de IA. Para isso, o país adota um *layout* sistêmico que visa explorar ao máximo as vantagens do modelo socialista, acelerando o desenvolvimento em todas as etapas da cadeia produtiva, desde a pesquisa até a integração com a indústria (China, 2017).

A China (2017) busca dominar o mercado global de IA compreendendo os papéis de governo e de mercado e seguindo as regras deste último para acelerar a comercialização de tecnologias inovadoras. A promoção do compartilhamento *open-source* é um pilar fundamental, pois incentiva o compartilhamento de conhecimento, a promoção de conceitos de IA e a diplomacia científica para um desenvolvimento mais rápido e colaborativo.

Em síntese, a estratégia da China em IA é multifacetada e ambiciosa, centrada no desenvolvimento tecnológico avançado, sustentada por políticas governamentais robustas e direcionada pela criação de um ecossistema inovador. Apesar dos desafios e das lacunas a serem superados, a abordagem sistemática e integrada da China aponta para um futuro em que o país deixa de buscar competir para buscar liderar esse setor tecnológico.

QUADRO 1 – OBJETIVOS ESTRATÉGICOS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DA CHINA: 2020, 2025 E 2030

Ano	Tecnologia	Indústria	Ambiente Regulatório	Tamanho de Mercado
2020	Progresso na criação de novas teorias e tecnologias de IA. Importante progresso em tecnologias-chave, como <i>big data</i> , <i>cross-medium</i> , sistemas descentralizados e sistemas autônomos de inteligência	A competitividade da indústria chinesa de IA deve figurar entre as principais potências do planeta no tema	Otimização do ambiente regulatório de desenvolvimento, com equipes e instituições dedicadas ao desenvolvimento da normatividade legal, ética e regulatória	1 tri RMB
2025	Criação de nova geração de teoria de IA e sistemas tecnológicos	O mercado chinês deve figurar como referência no topo da cadeia de valor do setor, com amplo uso de IA na indústria, medicina, serviços públicos e agricultura	Consolidação do aparato regulatório e formação de um conselho de segurança para controle e diagnóstico	5 tri RMB
2030	Liderança global no setor de IA em todas as etapas da cadeia produtiva	Amplo uso da IA no cotidiano da população e na produção, governança social, defesa nacional	<i>Hub</i> científico de referência mundial para atração de talentos, com apoio das regulações	10 tri RMB

Fonte: elaboração própria, com base em China (2017).

A estratégia passa a elencar tarefas focalizadas, divididas em seis categorias principais, que são desmembradas em áreas de desenvolvimento. A primeira refere-se à construção de sistemas de inovação tecnológica e científica de IA coordenados e abertos (China, 2017). Essa primeira tarefa é dividida em quatro grupos de ações. O primeiro trata de estabelecer sistemas de teoria básica para desenvolvimento de uma nova geração tecnológica da IA. Aqui, a China espera fortalecer a pesquisa básica de IA e imbuir a população geral de seu uso para acelerar a mudança de paradigma (China, 2017).

O segundo grupo de atividades elencadas nessa categoria, subindo o nível hierárquico, trata do arcabouço tecnológico que a China (2017) julga necessário para competir internacionalmente em termos de IA. Esse ponto passa pela construção de um sistema tecnológico geral de IA, com os algoritmos no centro, amparados por *hardware* e dados capazes de maximizar seu uso.

A terceira parte dessa categoria é referente à coordenação e *layout* das plataformas de inovação em IA. As tarefas vinculadas a esse grupo buscam estabelecer uma estrutura base que ofereça o suporte fundamental à pesquisa e ao desenvolvimento na área. Trata também do conceito de desenvolvimento *open-source*, um dos pilares da política chinesa que catalisa o avanço tecnológico na tecnologia da informação.

Por fim, a primeira tarefa focalizada busca condicionar o sistema de inovação a ser um dos principais fatores que aceleram o desenvolvimento da IA chinesa. A estratégia dedica um

dos pontos para o desenvolvimento do capital humano (China, 2017) e enfatiza que uma peça decisiva na corrida pela liderança global em IA é justamente nutrir-se os maiores talentos no que tange ao tema.

A estratégia trata da necessidade da atração, retenção e desenvolvimento da IA como disciplina acadêmica sólida. A China (2017) acredita que imbuir a comunidade científica do uso de IA é um fator que potencializa o desenvolvimento da tecnologia inovadora, conectando-a com áreas tradicionais de pesquisa e desenvolvimento.

O documento de estratégia passa a descrever sua segunda tarefa focalizada, que trata da promoção de uma economia de alto nível, inteligente e altamente eficiente. Para atingir esse patamar, a China pretende mudar o paradigma produtivo vigente no país. O documento coloca a necessidade de se promover a convergência da IA com os diversos setores industriais, resultando em padrões econômicos inteligentes orientados por dados, com destaque para a coordenação humano-máquina, convergência intersetorial e colaboração conjunta (China, 2017). A ideia do PCCh é que essa coordenação humano-máquina seja o novo método predominante de produção, com aumento massivo de produtividade nos segmentos de alto valor das cadeias produtivas (China, 2017).

A terceira tarefa focalizada trata de “construir uma sociedade inteligente, segura e conveniente” (China, 2017). Partindo do pressuposto que o novo paradigma tecnológico possui potencial de melhorar o padrão de vida da população em geral, o governo chinês pensa em uma série de medidas para adaptar a sociedade para as mudanças advindas do avanço da IA.

O primeiro ponto trabalhado é o de serviços básicos, como educação. É preciso integrarem-se as novas tecnologias no ensino e na gestão das instituições educacionais (China, 2017). Preparar o ambiente de ensino com soluções baseadas em dados, rapidez e análises compreensivas é o primeiro passo para um novo modelo com o estudante no centro.

No mesmo lastro, os serviços de saúde também seriam impulsionados com o avanço da IA. Novos métodos de diagnóstico, tratamento, construção de hospitais e técnicas cirúrgicas são alguns dos objetivos citados (China, 2017).

A governança social também é um ponto trabalhado na estratégia. A China (2017) entende que, para imbuir a sociedade com o novo paradigma, é necessário que os pontos de contato entre o governo e a sociedade também participem da evolução tecnológica. Para isso, deve-se aplicar a IA nas principais instituições governamentais, mediante programas de Governo Inteligente, Tribunais Inteligentes, Cidades Inteligentes, Transporte Inteligente e Proteção Ambiental Inteligente.

A segurança pública também é abordada pelo documento estratégico (China, 2017). O conteúdo do documento indica a necessidade de

Promover a construção de sistemas de monitoramento inteligente e alerta precoce e controle para segurança pública. Pesquisar e desenvolver tecnologias de sensores de detecção, análise e identificação de informações de imagem de vídeo, tecnologia de identificação biométrica, produtos inteligentes de segurança e policiamento. (China, 2017, p. 20, tradução dos autores)

Há espaço para uso de IA em questões sociais mais básicas. O documento abre espaço para se tratar da segurança alimentar e coloca que é preciso (China, 2017)

Reforçar o uso de IA para proteção e avaliação da segurança alimentar, classificação de alimentos, níveis de alerta, riscos, e estabelecer um sistema de alerta inteligente para segurança alimentar. Reforçar o monitoramento efetivo de desastres naturais, como terremotos, desastres geológicos, desastres meteorológicos, inundações e desastres marinhos, para construir uma plataforma inteligente de monitoramento, alerta precoce e resposta abrangente. (p. 21, tradução dos autores)

A descrição dessa tarefa focalizada finaliza com uma seção dedicada ao cultivo da confiança e da interação social entre seres humanos e a nova tecnologia. A China (2017) entende que é necessário “Explorar o potencial da tecnologia de IA para melhorar a interação social e favorecer a comunicação confiável. Priorizar a pesquisa em redes sociais avançadas e a inovação em tecnologias como realidade aumentada e virtual”. Também há menção ao uso de integração de *blockchain* e IA para se estabelecer um novo sistema de crédito social, com redução de custos e de riscos na comunicação (China, 2017).

A estratégia coloca como quarta tarefa focalizada a ascensão da IA como potencial fator de integração civil-militar. A China (2017) coloca a necessidade de aprofundar a implementação da estratégia de desenvolvimento de integração, para promover a formação de um padrão de integração civil-militar com todos os elementos, em múltiplos campos, de alta eficiência em IA. Existe, portanto, um esforço para integrar as universidades e os centros de pesquisa com os núcleos de indústria militar.

Ao adentrar a seção da quinta tarefa focalizada, a estratégia chinesa indica que promoverá a construção de uma infraestrutura de informação inteligente capaz de comportar a necessidade de processamento de dados e informações advindas do novo paradigma tecnológico (China, 2017). Esse ponto trata da otimização da infraestrutura de rede, de sistemas de comunicação móvel de quinta geração (5G) e da construção de infraestrutura de computação de alto desempenho e de aprimoramento das capacidades de suporte de serviço dos centros de supercomputação para aplicações de IA.

A sexta e última tarefa focalizada tratada neste capítulo é a inclusão da inteligência artificial como um dos elementos-chave nos grandes projetos de ciência e tecnologia chineses (China, 2017). O documento trata da criação do programa de IA “1 + N”. O número 1 refere-se a

uma nova geração de megaprojetos científicos e tecnológicos de IA, com foco em um *layout* prospectivo para teorias básicas e tecnologias comuns-chave, incluindo o estudo de inteligência em *big data*, percepção e computação *cross-media*, inteligência aprimorada híbrida, inteligência de grupo, controle colaborativo autônomo e teoria de tomada de decisões. (China, 2017, p. 23, tradução dos autores).

No mesmo lastro, a letra “N” é uma referência ao “planejamento da nação e lançamento de projetos de pesquisa e desenvolvimento em IA” (China, 2017, p. 23). A ideia da estratégia é a realização de um programa nos moldes dos megaprojetos, com foco total na IA e suas possibilidades. A estrutura de planejamento, controle e execução seria semelhante à utilizada nos projetos de 2006 a 2020.

A estratégia também dedica um capítulo para a alocação de recursos financeiros. Os recursos investidos teriam aumento gradual conforme a chegada dos anos 2020, 2025 e 2030 (CHINA, 2017). Essa seção aprofunda-se na origem do investimento e nas formas de sua aplicação.

A China (2017) pretende estabelecer mecanismos de suporte coordenados pelo Estado, mas com dominância de mercado. Em outras palavras, o país utilizará os fundos existentes para apoiar programas de IA que atendam às condições, incentivando empresas líderes e fundamentais, bem como alianças de inovação industrial, a liderar na criação de bases de desenvolvimento de IA com orientação de mercado (China, 2017).

Existe também a vontade de utilização de infraestrutura científica existente para impulsionar o desenvolvimento de IA. A China (2017, p. 24) coloca que “laboratórios nacionais de foco em IA existentes, laboratórios nacionais de foco corporativo, laboratórios nacionais de engenharia e outras bases semelhantes, serão utilizados para conduzir pesquisas focadas em uma direção avançada de uma nova geração de IA”.

A compreensão chinesa na estratégia é que a tecnologia em IA não pode ser contida dentro das fronteiras do país (China, 2017). Com isso, também existe a adaptação da estratégia *one belt, one road* para o universo da IA, com um arcabouço regulatório específico para empresas do setor.

Por fim, a estratégia chinesa adentra o tema da regulação. O documento cita seis ações fundamentais para que o ecossistema de desenvolvimento atinja seu máximo potencial produtivo. A primeira intitula-se “Desenvolvimento de leis, regulações e normas éticas que promovam o desenvolvimento de IA” (China, 2017). O documento (China, 2017, p. 25) lista a necessidade de se reforçar a pesquisa sobre questões legais, éticas e sociais relacionadas à IA, estabelecendo leis, regulamentos e estruturas éticas para garantir o desenvolvimento saudável da IA, com foco em áreas como direção autônoma e robôs de serviço para acelerar o desenvolvimento de leis e regulamentos de gestão de segurança. Também aponta o propósito de se iniciarem pesquisas sobre ciência do comportamento e ética da IA e de se estabelecerem estruturas éticas multinível e códigos de conduta para produtos de IA. Também destaca a participação ativa na governança global da IA e cooperação internacional.

A segunda estratégia também ressalta a importância dos incentivos fiscais para pequenas e médias empresas do setor (China, 2017). A China apostará também em *open-source* e *open-data* e em como os setores produtivos tradicionais podem beneficiar-se dos novos desenvolvimentos.

Como tecnologia de desenvolvimento veloz, a China (2017) acredita que é necessária a criação de padrões de qualidade em termos de segurança, disponibilidade, interoperabilidade e traçabilidade para o ecossistema de IA. Como terceira estratégia, identifica-se a necessidade de uma reforma no sistema de propriedade intelectual para abrigar o novo paradigma tecnológico, o qual pode impulsionar ainda mais a diáspora da IA.

Ainda em termos de reformas regulatórias, a quarta estratégia coloca a necessidade de se “estabelecer um sistema de supervisão e segurança da IA, além de um sistema de avaliação”

(China, 2017, p. 26). Quanto ao primeiro ponto, a China (2017) busca fortalecer a pesquisa e a avaliação do impacto da IA na segurança nacional e na proteção do sigilo, melhorar o sistema de proteção de segurança humano, tecnológico, material e de gestão, e construir um mecanismo de alerta antecipado para monitoramento da segurança da IA.

Nesse ínterim, a estratégia da China (2017) priorizará o desenvolvimento de previsão tecnológica da IA, com atenção às tendências tecnológicas e industriais, e o aumento da conscientização de riscos, com foco na avaliação, prevenção e controle, para garantir que o desenvolvimento da IA permaneça dentro de limites seguros e controláveis através de uma estrutura regulatória de dois níveis.

Para o sistema de avaliação, o documento propõe o “desenvolvimento de mecanismos dinâmicos de avaliação para pesquisa e desenvolvimento de IA, com foco em complexidade, risco, incerteza, interpretabilidade, impacto econômico potencial e outros aspectos” (China, 2017, p. 26). A ideia da estratégia chinesa é a criação de um sistema com indicadores dedicados a diversos pontos de impacto, além de oferecer ambientes virtuais controlados para uma plataforma de testes para garantir o controle de qualidade e segurança.

A quinta estratégia trata da capacitação do capital humano. Nesse ínterim, a China (2017) trabalhará por dois prismas complementares: o primeiro, com estudos de impacto da IA no mercado de trabalho, em busca de adaptação suave dos trabalhadores chineses frente à nova realidade; o segundo, com treinamentos de profissionais e incentivo às empresas para trabalharem com IA, a fim de criar empregos de alta qualidade e qualificação, além de profissionais capacitados no tema.

Por fim, a sexta estratégia trata da execução de diversas atividades científicas que envolvem IA. A China (2017) pretende incentivar o tema como um setor científico popular, com a implementação de um projeto universal de educação que passa pelas escolas primárias e secundárias, universidades e centros de pesquisa. Como estímulos, a China (2017) pretende criar competições, cursos, exposições e incentivos para que a academia chinesa mergulhe profundamente na IA.

O documento finaliza-se com um capítulo que direciona a implementação do que foi exposto até o momento na estratégia. Como atores principais, a China (2017) designa grupos interministeriais com coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia como ponto focal de coordenação de todos os projetos de inteligência artificial. Serão formados grupos de trabalhos focados na implementação de medidas específicas (China, 2017), como reformas regulatórias, *think tanks*, projetos de pesquisa e desenvolvimento e estratégias, estes lastreados pela interação entre o povo chinês e as novas tecnologias, com sistemas de monitoramento para se entender a nova dinâmica social.

## 2.2 China, regulação e IA

Destacamos três documentos regulatórios chineses referentes a IA: i) *Governance Principles for a New Generation of Artificial Intelligence: Developing Responsible Artificial Intelligence* – com a finalidade de se entenderem os valores que permeiam todo o ecossistema de governança em IA da China; ii) *Ethical Norms for New Generation Artificial Intelligence* – para se

compreenderem os valores éticos que precisam imbuir os desenvolvimentos e a usabilidade de IA na China; iii) *Measures for the Management of Generative Artificial Intelligence Services* – primeiro documento regulatório com caráter de lei e responsabilização pelo não cumprimento de princípios relevantes em atividades referentes à IA.

### *2.2.1 Governance Principles for a New Generation of Artificial Intelligence: Developing Responsible Artificial Intelligence*

Dois anos após o lançamento da Estratégia de Desenvolvimento de Inteligência Artificial em 2017, o Partido Comunista Chinês lançou o documento intitulado “Princípios de Governança para uma Nova Geração de Inteligência Artificial: Desenvolvendo Inteligência Artificial Responsável”. O país justifica essa atualização nos princípios de desenvolvimento ao argumentar que “a inteligência artificial entrou em novo estágio global de desenvolvimento e apresenta novas funcionalidades como integração *cross*-domínio, cooperação humano-máquina e inteligência *swarm* integrada” (China, 2019).

### *2.2.2 Ethical Norms for New Generation Artificial Intelligence*

Em 2021, o Ministério da Ciência e Tecnologia, da China, por meio do Comitê Nacional Especialista em Governança de Inteligência Artificial da Nova Geração, lançou documento intitulado “Normas Éticas para a Nova Geração de Inteligência Artificial” (China, 2021). O propósito da publicação é “incorporar normas éticas em todo o ciclo de vida da inteligência artificial e promover um guia ético para pessoas físicas, jurídicas e outras instituições participantes do ecossistema de IA” (China, 2021, p. 1).

A introdução do texto trata de citar os documentos publicados anteriormente e citados no presente trabalho, e afirma que “As Normas Éticas para a Nova Geração de Inteligência Artificial implementam minuciosamente o Plano de Ação para Implementação de Inteligência Artificial e incorpora de maneira detalhada os Princípios de Governança para a Nova Geração de Inteligência Artificial” (China, 2021, p. 2, tradução dos autores). O documento possui quatro clivagens principais. Nos 25 artigos, a ideia central é de caracterização dos atores participantes do ecossistema de IA. A China (2021) divide-os em quatro categorias: gestão, pesquisa e desenvolvimento, produção e usuários.

A primeira seção trata das Considerações Gerais. Primeiramente, a China (2021) define seu escopo de aplicação em termos de objeto. O documento contempla as pessoas físicas, jurídicas e outras instituições envolvidas com inteligência artificial (China, 2021). Além disso, no terceiro artigo, elenca normas éticas que aqueles abarcados pela lei devem seguir (China, 2021): avanço do bem-estar do ser humano; promoção da igualdade e justiça; proteção da privacidade e segurança; certeza no controle e confiança; e fortalecimento da responsabilidade.

O documento adentra nas normas referentes às instituições de governança, as quais são elencadas entre os artigos 5 e 9, cada um com uma norma aplicável. Os artigos 10 a 13 são referentes às normas regulatórias referentes a pesquisa e desenvolvimento. A China (2021) estabelece normas específicas aos fornecedores de IA, divididas em quatro artigos. É importante esclarecer que essa seção trata de atores do mercado, os quais também

devem ter normas éticas imbuídas em sua atuação. Com cinco artigos, o último grupo de normas éticas criado pela China (2021) discorre sobre as normas de uso. É importante que a legislação cubra todos os componentes do ecossistema e regule tanto o lado da oferta como o da demanda.

### *2.2.3 Measures for the Management of Generativa Artificial Intelligence Services*

Em abril de 2023, em um cenário de popularização das IAs generativas de texto, o Ministério da Ciência e Tecnologia da China lança novas normas de governança especificamente para regular esse tipo de tecnologia. O documento, dividido em 21 artigos, discorre sobre três temas principais: Requerimentos do produto ou serviço e Responsabilidades de Usuários e Fornecedores.

A China define IA Generativa como “tecnologias que geram texto, imagem, áudio, vídeo, código ou outro conteúdo semelhante com base em algoritmos, modelos ou regras” (China, 2023). Em termos de escopo, as medidas se aplicam à “pesquisa, desenvolvimento, utilização de produtos e disponibilização de serviços dentro do território da República Popular da China” (China, 2023).

#### *Requerimentos do Produto ou Serviço*

Em seu quarto artigo, o documento elenca cinco requerimentos que devem ser utilizados na disponibilização de serviços de IA generativa (China, 2023). O primeiro princípio trata da obrigação do conteúdo gerado pela IA “refletir os Valores Centrais do Socialismo” (China, 2023) e não deve conter “subversão ao poder do Estado; revogação do sistema socialista; separatismo; dano à união nacional; propagação do terrorismo ou extremismo; ódio étnico ou discriminação; informações violentas, obscenas e sexuais; informação falsa; além de conteúdo que pode desestabilizar a ordem econômica e social” (China, 2023).

O segundo requerimento trata do desenvolvimento de algoritmos de IA generativa, os quais devem adotar medidas para “prevenir o surgimento de discriminação com base em raça, etnia, religião, nacionalidade, regionalidade, sexo, idade ou profissão” (China, 2023).

O terceiro requerimento trata da obrigatoriedade de “respeitar os direitos de propriedade e a ética comercial” (China, 2023). A China (2023) coloca que vantagens em algoritmos, dados e plataformas não devem ser usados em competição desleal.

O quarto requerimento trata versa sobre a necessidade do “conteúdo gerado por meio do uso de inteligência artificial generativa deve ser verdadeiro e preciso, e medidas devem ser adotadas para prevenir a geração de informações falsas” (China, 2023).

Por fim, o quinto requerimento versa sobre a imperatividade do fornecedor de IA generativa deve “respeitar os direitos e interesses legais de outras pessoas; prevenir danos à saúde física e mental de outros, violação de seus direitos de imagem, direitos de reputação e privacidade pessoal, bem como violação de direitos de propriedade intelectual” (China, 2023).

Além disso, a China (2023) também torna ilegal a obtenção, divulgação e uso pessoal de informação pessoal e privada e segredos comerciais.

### *Responsabilidades dos Fornecedores*

Em termos de segurança, o governo chinês obriga os fornecedores e desenvolvedores a enviarem um relatório de segurança e potenciais riscos ao Departamento de Administração do Ciberespaço da China (China, 2023). O artigo 5 do documento discorre sobre uma regulação muito importante. A China (2023) imputa ao fornecedor a responsabilidade pelo conteúdo produzido pela IA generativa. O fornecedor está sujeito a todas as regulações de tratamento da informação e responde por todos os textos, vídeos, imagens e áudios que o software produz.

No mesmo lastro, a China (2023) coloca que os fornecedores são responsáveis pela legalidade das fontes as quais a IA generativa se baseia em seus outputs. Com isso, são elencados cinco requerimentos para as fontes de dados utilizadas pelas IAs generativas na China:

- Satisfazer os requisitos da Lei de Cibersegurança da República Popular da China e outras leis e regulamentos semelhantes;
- Não conter conteúdo que viole direitos de propriedade intelectual;
- Quando os dados incluem informações pessoais, obter o consentimento do titular das informações pessoais, ou seguir outros procedimentos conformes com as disposições das leis e regulamentos administrativos;
- Ser capaz de garantir a veracidade, precisão, objetividade e diversidade dos dados;
- Outros requisitos de supervisão do departamento estatal de cibersegurança e informatização relativos às funções e serviços de IA generativa.

O artigo 13 delega aos fornecedores a necessidade de estabelecer mecanismos de recebimento e tratamento de reclamações e uma plataforma de respostas sobre seus próprios dados. Além disso, é necessário construir mecanismos que impeçam que a IA produza algum output utilizando essas informações pessoais (China, 2023). O artigo 16 versa de maneira complementar a essa norma, colocando que os fornecedores devem “marcar as imagens, vídeos e outras mídias geradas de acordo com as Provisões de Gestão Profunda de Serviços de Informação na Internet” (China, 2023). Essa regulação implica em uma marca que indique o uso de IA no material e que não prejudique o uso do mesmo.

O artigo 19 versa sobre o monitoramento dos fornecedores quanto ao uso de seu próprio produto ou serviço. A lei chinesa diz que, caso um usuário utilize a inteligência artificial para “violar leis e regulações; violar a ética de negócios ou social, postar maliciosamente, propagar spam ou escrever software maligno” (China, 2023) fará com que o produto ou serviço seja suspenso ou eliminado.

Em seu último artigo, a lei traz medidas punitivas e penalidades para aqueles fornecedores que atuam fora das regulações. A China (2023) coloca que, quando não houver disposições

legais ou regulamentares, o departamento de cibersegurança e informatização e os departamentos responsáveis pertinentes devem, de acordo com suas atribuições, emitir advertências, circular críticas e ordenar correções dentro de um período determinado. A recusa das correções acarretará em “suspensão ou eliminação do serviço de IA Generativa e uma multa de 10 a 100 mil yuan” (China, 2023). Em casos de cometimento de crimes e ameaças à segurança pública, o fornecedor sofrerá “responsabilidade criminal de acordo com a lei” (China, 2023).

### *Responsabilidades dos Usuários*

Apenas dois artigos do documento fazem menções às responsabilidades dos usuários. No artigo 9, a China reforça sua regulação de uso de internet, afirmando que é “necessário que todos os usuários forneçam sua identidade real” (China, 2023) antes de utilizar qualquer produto, serviço ou plataforma de inteligência artificial.

No mesmo lastro, o artigo 18 indica que os usuários devem capacitar-se em tudo o que envolve a IA, inclusive seus valores éticos. A China (2023) coloca que é responsabilidade do cidadão denunciar fornecedores que não utilizem dos valores em seus produtos e serviços ao órgão competentes e departamentos relevantes.

## **3. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA**

### **3.1 Estratégia de IA**

Os Estados Unidos da América lastreiam sua atuação no desenvolvimento de IA no documento intitulado “Plano Estratégico Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento em Inteligência Artificial”. O documento encontra-se em terceira versão, publicada em 2023, com a primeira e a segunda publicadas em 2016 e 2019.

O documento é assinado pelo Escritório de Política em Ciência de Tecnologia, principal instituição pública norte-americana na coordenação de atividades pertinentes ao tema. Como órgãos de apoio, estão o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, o Comitê Especial de Inteligência Artificial, o Subcomitê de *Machine Learning* e Inteligência Artificial e o Subcomitê de Pesquisa e Desenvolvimento em Redes e Tecnologia da Informação.

O documento posiciona a IA como prioridade nacional (EUA, 2023). Considerada uma das “tecnologias mais poderosas de nosso tempo” (EUA, 2023, p.1, tradução dos autores), a IA é uma grande oportunidade de se expandir a fronteira tecnológica atual. O governo estadunidense considera, também, o grande risco que uma tecnologia disruptiva apresenta. Com isso, dispõe-se a atuar em duas frentes: investimentos inteligentes em pesquisa e desenvolvimento e mitigação de riscos para proteção dos direitos das pessoas e dos valores democráticos.

A comunidade científica foi convidada a contribuir na elaboração do documento por meio de um *request for information* (RFI), que obteve respostas de mais de 60 instituições (EUA,

2023). As maiores contribuições estão no âmbito de segurança e potenciais impactos sociais da democratização das ferramentas de IA.

O governo dos Estados Unidos dedicou USD 1 bilhão do orçamento federal para pesquisa e desenvolvimento de IA em suas instituições públicas (OMB, 2023). Em 2024 a cifra saltou para USD 3 bilhões (OMB, 2024), o que demonstra incremento significativo e sustenta ainda mais o argumento de que essa é uma das tecnologias prioritárias para o governo estadunidense.

A atuação do país é dividida em nove estratégias principais, que abrangem temas como investimento, desenvolvimento tecnológico, estudos societais, indicadores de desempenho e colaboração nacional e internacional (EUA, 2023).

A primeira estratégia, intitulada “Realizar investimentos de longo prazo em pesquisa de IA básica e responsável”, trata da dedicação de parte do orçamento do governo para o desenvolvimento de IA (EUA, 2023). O documento afirma que, mediante investimentos realizados principalmente a partir de 2019, “muitos dos produtos e serviços disponíveis de IA têm suas raízes no investimento do governo federal” (EUA, 2023, p. 3).

O documento (EUA, 2023) também destaca o poder de interoperabilidade que a IA possui, cujos avanços científicos e tecnológicos podem melhorar o próprio setor de IA, assim como potencializar outros setores da economia, como saúde, agricultura, indústria, economia e infraestrutura. No entanto, o documento (EUA, 2023) destaca que a pesquisa e o desenvolvimento de IA ainda são muito incipientes e possuem um prisma individualizado, e que o país não foi capaz de introduzir tecnologias aderentes a um contexto de propósito geral.

A segunda estratégia, intitulada “Desenvolvimento de métodos eficientes para a colaboração ser humano-máquina”, trata de entender a dinâmica entre as duas partes, à medida que a importância social dos sistemas de IA cresce.

A terceira estratégia intitula-se “Entender e abordar as implicações éticas, legais e societais referentes à IA” e trata de salvaguardar da melhor maneira possível os riscos que o uso de IA em larga escala podem ocasionar em diferentes níveis sociais, em termos de prazo e de impacto. O documento utiliza esse capítulo para detalhar alguns avanços regulatórios que surgiram da primeira versão, em 2016, até a presente data.

Os EUA (2023) acreditam que o desenvolvimento e o uso de IA deve ser pautado em cinco princípios centrais: “Sistemas Seguros e Eficazes; Proteções contra Discriminação Algorítmica; Privacidade de Dados; Aviso e Explicação; e Alternativas Humanas, Consideração e Contingência” (EUA, 2023, p. 12, tradução dos autores).

A quarta estratégia faz referência à necessidade de “garantir a segurança e proteção dos sistemas de IA” (EUA, 2023, p. 16, tradução dos autores). O documento reforça o constante argumento de que, ao mesmo tempo em que o avanço na inteligência artificial promete diversos benefícios, existe um possível *trade-off* de riscos que podem impactar a sociedade de maneira significativa.

O documento diferencia os termos *safety* e *security*. Enquanto o primeiro trata de “mitigar os malefícios que um novo sistema produz” (EUA, 2023, p. 17, tradução dos autores), o segundo termo trata de “monitorar a integridade do sistema”. Em outras palavras, *safety* trata de ações pós-incidente, enquanto *security* trata de um monitoramento constante para evitar o incidente.

O ponto chave dessa estratégia é determinar-se qual o nível suficiente de testes para garantir a segurança e a proteção de sistemas antes de seu lançamento. Os produtos devem obrigatoriamente ser pautados no princípio de *safety by design*.

A quinta estratégia trata do “desenvolvimento de conjuntos de dados públicos e ambientes para treinamento e testes de IA” (EUA, 2023, p. 18, tradução dos autores). O documento reforça a crença de que o progresso tecnológico na IA tem ligação com a quantidade, a qualidade e a disponibilidade de dados. Segundo os EUA (2023), uma cyberinfraestrutura sólida é capaz de ajudar no processamento de dados, homologar bancos de dados e habilitar a reprodução dos sistemas. Existe, portanto, uma relação entre o acesso a dados relevantes e a competitividade do país em IA.

Visando democratizar o acesso, o governo dos EUA (2023) se propõe a lançar um *roadmap* de implementação do plano de cyberinfraestrutura. Diversos programas posteriores à publicação da primeira versão da estratégia, como o Piloto de Recursos de Pesquisa Nacional em Inteligência Artificial (NAIRR) e a Lei de Dados Abertos do Governo fazem parte desse projeto.

A sexta estratégia trata da necessidade de se estabelecerem padrões de qualidade, testes e *benchmarks* para que o desenvolvimento da IA seja seguro e dentro dos parâmetros regulatórios (EUA, 2023).

O documento se preocupa em definir na introdução da estratégia dois valores centrais para o desenvolvimento de inteligência artificial nos Estados Unidos: segurança e isonomia na representatividade das diversas camadas sociais na definição de padrões (EUA, 2023).

A sétima estratégia é pertinente ao capital humano. Com o setor ainda incipiente, porém em rápido desenvolvimento e em um contexto de oportunidade para um salto tecnológico para um paradigma posterior ao atual, os EUA (2023) dedicam uma estratégia para entender as necessidades dos profissionais atuantes em IA.

O documento contrasta um *boom* de profissionais interessados na área com a queda da produção acadêmica do país e evidencia que, enquanto o setor de tecnologia deve crescer 22% em quantidade de profissionais de 2020 a 2030 (EUA, 2023), a quantidade de estudantes de doutorado e de pesquisadores em universidades está em queda.

A oitava estratégia trata da “expansão das parcerias público-privadas para acelerar os avanços em IA” (EUA, 2023). Os Estados Unidos buscam, com essa estratégia, a manutenção da posição de liderança global tecnológica. O documento emprega um discurso de resgate da fórmula que garantiu esse *status*, por meio de parcerias público-privadas em setores-chave da engenharia.

A nona e última estratégia do documento, adicionada na última versão, trata de “estabelecer uma abordagem coordenada e guiada por princípios na colaboração internacional na pesquisa e desenvolvimento de IA” (EUA, 2023).

Sob as recomendações da OCDE (2019), os Estados Unidos pretendem exercer papel de liderança no âmbito da cooperação internacional em IA.

### 3.2 Documentos regulatórios dos Estados Unidos

Seguindo a dinâmica analítica praticada para a China, o presente subtítulo propõe-se a analisar documentos regulatórios e complementares à estratégia e atuação dos Estados Unidos em IA. Foram escolhidos os seguintes documentos para análise: i) *Maintaining american leadership in artificial intelligence* – documento que funciona como guia de bolso para a estratégia estadunidense em IA, ressaltando princípios éticos, objetivos nacionais, instituições de governança, e que estabelece as bases para regulação; ii) *American artificial intelligence initiative: year one annual report* – relatório no qual o OSTP faz um balanço referente aos avanços do país após um ano de implementação da segunda edição da estratégia nacional; iii) *Final report – National Security Commission on Artificial Intelligence* – documento de uma comissão mista que analisa a atuação dos Estados Unidos em IA de maneira ampla com um recorte global; e iv) *Memorandum for the heads of executive departments and agencies* – documento regulatório que elenca obrigações para as instituições públicas em termos de adoção de IA em suas atividades missionais.

#### 3.2.1 *Maintaining american leadership in artificial intelligence*

Esse texto, dividido em 10 seções, dedica a primeira a reforçar a importância da IA como fio condutor do próximo paradigma tecnológico. Segundo os EUA (2019), a IA promete conduzir o crescimento da economia dos Estados Unidos, potencializar a segurança nacional e econômica e melhorar a qualidade de vida. Para materialização desse potencial, os EUA (2019) reforçam que a manutenção da posição de líder tecnológico é de fundamental importância.

O documento (EUA, 2019) cita cinco princípios que devem pautar a iniciativa norte-americana no desenvolvimento de IA: i) impulsionar avanços tecnológicos em IA em todo o Governo Federal, indústria e academia, a fim de promover descobertas científicas, competitividade econômica e segurança nacional; ii) impulsionar o desenvolvimento de padrões técnicos apropriados e reduzir barreiras para a implementação de tecnologias de IA e permitir a criação de novas indústrias relacionadas à IA e a adoção dessa tecnologia pelas indústrias atuais; iii) capacitar as gerações atuais e futuras de trabalhadores americanos com as habilidades para desenvolver e aplicar tecnologias de IA e prepará-los para a economia atual e os empregos do futuro; iv) fomentar a confiança e a segurança pública nas tecnologias de IA e proteger liberdades civis, privacidade e valores americanos em sua aplicação para realizar plenamente o potencial das tecnologias de IA para o povo norte-americano; v) promover um ambiente internacional que apoie a pesquisa e a inovação em IA e abra mercados para as indústrias norte-americanas, enquanto protegem nossa vantagem tecnológica e nossas tecnologias de IA críticas de aquisição por concorrentes estratégicos e nações adversárias.

O documento cita seis objetivos principais do avanço tecnológico em IA: i) promover investimentos sustentáveis em P&D em IA em colaboração com a indústria, a academia, parceiros e aliados internacionais e outras entidades para gerar avanços tecnológicos em IA e tecnologias relacionadas e para traduzir rapidamente esses avanços em capacidades que contribuam para a segurança econômica e nacional; ii) aumentar o acesso a dados federais de alta qualidade e totalmente rastreáveis, modelos e recursos de computação para aumentar o valor desses dados para P&D em IA, mantendo ao mesmo tempo segurança, privacidade e confidencialidade de acordo com as leis e políticas aplicáveis; iii) reduzir as barreiras ao uso de tecnologias de IA para promover sua aplicação inovadora, protegendo a tecnologia, as seguranças econômica e nacional, liberdades civis, privacidade e valores norte-americanos; iv) garantir que os padrões técnicos minimizem a vulnerabilidade a ataques de atores maliciosos e reflitam as prioridades federais para inovação e para confiança em sistemas que utilizam tecnologias de IA, e desenvolver padrões internacionais para promover e proteger essas prioridades; v) capacitar a próxima geração de pesquisadores e usuários norte-americanos de IA por meio de estágios, programas de habilidades e educação em ciência, tecnologia, engenharia e matemática, com ênfase em ciência da computação, para garantir que os trabalhadores norte-americanos, incluídos os funcionários públicos, sejam capazes de aproveitar ao máximo as oportunidades da IA; vi) desenvolver e implementar plano de ação para proteger a vantagem dos Estados Unidos em IA e tecnologia crítica para os interesses econômicos e de segurança nacional dos Estados Unidos contra competidores estratégicos e adversários estrangeiros.

### 3.2.2 *American artificial intelligence initiative: year one annual report*

Segundo esse documento, os EUA deveriam:

- investir em pesquisa e desenvolvimento de IA. Afirma-se que os EUA (2020), por meio do Poder Executivo, dobraram o orçamento destinado ao desenvolvimento de IA desvinculada da defesa nacional. Faz-se ressalva que o Governo Federal não pode nem deve ser o principal fio condutor da inovação do país, embora possua papel importante. O papel do Estado, segundo o documento, é de “coordenador e ator de manutenção das empresas de IA, que gerarão benefícios para as indústrias emergentes do futuro” (citar, com página). Além disso, o governo deve adotar uma postura de não dificultar o desenvolvimento por meio de arcabouços regulatórios complexos, ao mesmo tempo em que trabalha na confiança do cidadão norte-americano no uso de IA;
- promover a cooperação entre agências de atividades-fim distintas na busca por integrações relevantes possibilitadas pela IA. Colaborações entre os departamentos de Defesa, Saúde, Energia, Inteligência, Transportes e Trabalho são destacadas durante o texto;
- liberar o potencial latente dos recursos da IA, que trata principalmente da disponibilização de dados abertos para a criação de modelos. Tem como principal destaque a iniciativa das agências federais na identificação de novas oportunidades

para aumentar o acesso e o uso de dados. Esse objetivo é conduzido paralelamente aos avanços na área de *hardware*, ponto necessário para aceleração do desenvolvimento, visto que processadores de alto desempenho permitem desenvolvimento mais rápido de sistemas de IA. O Governo Federal disponibilizou suas máquinas mais avançadas e promoveu parcerias entre agências governamentais, como a Darpa e a National Science Foundation, para explorar as interações de *hardware* de ponta com modelos de IA;

- remover barreiras para a inovação em IA. Destaca-se a publicação de uma proposta de princípios regulatórios de IA dos Estados Unidos, a qual será explorada posteriormente no presente artigo. O relatório destaca a importância de se imbuir a regulação de IA com os valores estadunidenses;
- capacitar a força de trabalho para um ambiente laboral permeado por IA. O governo dos EUA (2020) destaca a implementação de programas de capacitação em disciplinas de matemática, computação e programação em todos os níveis educacionais, além da criação de institutos, concursos e bolsas de estudos dedicados ao desenvolvimento de IA;
- promover um ambiente internacional que apoie a inovação em IA. O documento destaca a atuação dos Estados Unidos no âmbito da OCDE (EUA, 2020) ao conduzir a construção de princípios fundamentais para o desenvolvimento de IA confiável. O país conduziu a mesma discussão nos palcos do G7 e do G20, destacando parcerias com a França e o Reino Unido (EUA, 2020);
- imbuir os serviços públicos de IA confiável. Os Estados Unidos (2020) destacam a criação de um centro de excelência em IA, no qual as instituições públicas podem trocar experiências e melhores práticas na implementação das novas tecnologias a serviço do cidadão norte-americano (EUA, 2020).

### 3.2.3 *Final report – National Security Commission on Artificial Intelligence*

A Comissão de Segurança Nacional sobre Inteligência Artificial (NSCAI) é um grupo independente nos Estados Unidos formado em 2018 para avaliar a situação da competitividade do país no que tange à IA (NSCAI, 2021). Capiteada pelo ex-CEO da Google e composta por membros que representam o mercado, o poder público e a academia, a Comissão emitiu seu relatório final em março de 2021.

O relatório enfatiza a importância da IA como tecnologia capaz de mudar paradigmas. Na introdução, a NSCAI (2021) afirma que “não há referência histórica que capture o impacto que a IA causará [...] É como se fosse uma área (tecnológica) de áreas, que contém segredos que remodelarão a vida do mundo”. A comissão coloca a IA como “a ferramenta mais poderosa das últimas gerações para a expansão do conhecimento, aumento da prosperidade e enriquecimento da experiência humana” (NSCAI, 2021, p. 7, tradução dos autores).

O documento, na carta de abertura, afirma que “Os Estados Unidos da América não estão preparados para se defender ou competir na era da IA” (NSCAI, 2021, p. 45, tradução dos

autores). No mesmo lastro, o texto coloca que “o escopo de oportunidade permanece aberto, mas a margem de manobra diminui a cada dia” (NSCAI, 2021, p. 19, tradução dos autores).

O relatório cita a China como principal ameaça aos Estados Unidos. Para a comissão, é

imperativo que ganhemos a competição de IA contra a China. Os planos, recursos e o progresso chinês devem preocupar todos os americanos. É uma potência em IA em muitas áreas e um líder em IA em algumas aplicações. Levamos a sério a ambição da China de superar os EUA como líder mundial em IA dentro de uma década. (NSCAI, 2021, p. 2, tradução dos autores)

Na sequência, o relatório antagoniza o uso de IA pela China, afirmando que

o uso doméstico de IA pela China é um precedente aterrorizante para aqueles que valorizam as liberdades individuais. A IA na China é uma ferramenta de repressão e vigilância – domesticamente e, cada vez mais, fora do país – o oposto daquilo que vemos como o melhor uso da tecnologia. (NSCAI, 2021, p. 2, tradução dos autores)

O documento faz dois recortes: um interno e outro externo. Internamente, elenca quatro áreas em que o governo norte-americano deve focar suas ações (NSCAI, 2021): liderança, capital humano, *hardware* e investimento em inovação.

Em termos de liderança, a NSCAI (2021) enfatiza que quem deve capitanear o desenvolvimento de IA nos Estados Unidos é a Casa Branca, mediante criação de um conselho de competitividade tecnológica e dedicando o orçamento necessário para se tornar líder da era da IA. O déficit talento humano é o “principal inibidor para a compra, construção e lançamento de tecnologias habilitadas por IA” (NSCAI, 2021, p. 3, tradução dos autores). O relatório afirma que é de suma importância a construção de canais geradores de talentos treinados nas diversas áreas do universo de IA e que o país deve melhorar o sistema educacional para atração e retenção de talentos internacionais nessa área de conhecimento. Sobre *hardware*, a NSCAI (2021) demonstra preocupação com a produção de semicondutores e microchips, cujo mercado é atualmente dominado por Taiwan, país geograficamente muito próximo da China e objeto importantíssimo de um dos principais debates geopolíticos do século XXI. E sobre o investimento em inovação, a comissão indica que apenas empresas e países de alto poder econômico poderão realizar descobertas importantes devido à grande demanda tecnológica que o desenvolvimento de IA necessita. A comissão acredita que é papel do Governo Federal democratizar o desenvolvimento mediante criação de infraestrutura adequada e de investimento em P&D para fortalecimento da produção estadunidense no setor (NSCAI, 2021).

Sob o ponto de vista externo, consideram a corrida tecnológica em nível global. A comissão (2021) sugere ações em dois âmbitos diferentes: primeiro, para a defesa dos Estados Unidos na era da IA e, posteriormente, para vencer a corrida tecnológica. Sobre a defesa dos Estados Unidos na era da IA, a NSCAI (2021) coloca que as capacidades aprimoradas por IA serão ferramentas de fácil acesso a países com governos criminosos, a grupos terroristas e a criminosos internacionais em uma nova era de conflitos, à medida que competidores estratégicos

desenvolvem conceitos e tecnologias de IA para usos militares e malignos, como *deepfakes* e drones letais. Sobre a vitória na corrida tecnológica, o documento volta a citar a China como principal competidor. A comissão afirma que

a corrida em pesquisa, desenvolvimento e implantação de IA intensifica uma competição mais abrangente. A China está organizada, fortemente financiada e determinada a vencer a competição. Os Estados Unidos mantêm vantagens em áreas críticas, mas as tendências atuais são preocupantes. (NSCAI, 2021, p. 11, tradução dos autores)

A conclusão do relatório volta a ressaltar a imperatividade de ação rápida para que os Estados Unidos mantenham a liderança tecnológica. Os princípios, os investimentos federais, a segurança nacional, as organizações, as parcerias, as coalizões e o talento irão definir o curso estratégico dos EUA. A China volta a ser citada como principal adversário, e o relatório afirma que “os adversários estão determinados a usar as capacidades de IA contra os EUA. Sabemos que a China está determinada a superar os EUA na liderança em IA. Sabemos que os avanços conferem vantagens significativas aos que agirem primeiro” (NSCAI, 2021, p. 14, tradução dos autores).

### 3.2.4 *Memorandum for the heads of executive departments and agencies*

O Office of Management and Budget (OMB) publicou, em março de 2024, um memorando direcionado aos chefes de instituições do Executivo referente às ações necessárias para se impulsionar o uso responsável de IA nas organizações (OMB, 2024). Segundo o OMB (2024), é necessário que todas as agências e instituições federais do Executivo apontem um *chief AI officer* (CAIO), responsável pela governança, inovação e gestão de riscos de IA no serviço público. No mesmo lastro, as instituições devem formar um conselho de IA para auxiliar e acelerar a implementação das tecnologias dentro das instituições (OMB, 2024). Como primeira ação, os responsáveis devem publicar um relatório de caráter diagnóstico para situar a instituição em termos de avanços na utilização de IA. O relatório deve conter uma análise de maturidade para definir os pontos de partida em busca de uma implementação de sistemas de IA exitosa (OMB, 2024). As figuras do CAIO e do conselho devem desenvolver e publicar uma estratégia dedicada à remoção de barreiras para uso de IA (OMB, 2024). A estratégia deve diagnosticar as capacidades da instituição em termos de infraestrutura de TI, disponibilidade de dados, segurança cibernética e IAG. As instituições também devem seguir os princípios de *open source*, *open code* e *open data* estabelecidos na estratégia de IA dos Estados Unidos (OMB, 2024). Na prática, as instituições federais devem compartilhar entre si seus modelos de código e bancos de dados, a fim de acelerar a implementação dos sistemas no serviço público (OMB, 2024). Nesse ínterim, casos de uso relevantes e sistemas de monitoramento e métricas também devem ser compartilhados para que todas as instituições possam ter seus avanços medidos de maneira equitativa. No que tange à gestão de riscos, o OMB (2024) obriga as instituições públicas a adotarem uma série de práticas mínimas de impacto para segurança e direitos civis.

## 4. CONCLUSÃO

Este artigo baseou-se em documentos estratégicos e em documentação regulatória da China e dos EUA para extrair suas principais ideias. Ficou evidente que ambos os países dão a importância necessária que uma questão como a IA merece. A China enfatiza o tamanho da oportunidade que o domínio dessa tecnologia representaria em termos de objetivos econômicos, políticos e sociais ao utilizar o próprio termo *leapfrog*, e projeta que o país seria capaz de passar de um *catch-up* tecnológico que perdura por décadas a uma posição de liderança tecnológica global. Do outro lado, os documentos estadunidenses passam a mesma impressão de que estamos diante de uma questão central da competição internacional. A diferença está no prisma, visto que os Estados Unidos sentem sua posição de hegemonia, consolidada no século XIX, ameaçada como nunca antes na história. O relatório da NSCAI apresenta um tom de preocupação. No mesmo lastro, a utilização do termo *bill of rights* como sugestão de uma lei para IA equipara a questão ao documento que confere direitos fundamentais aos cidadãos estadunidenses na constituição do país.

No que tange às estratégias, observou-se que os Estados Unidos tratam a IA como política de Estado, não de governo. Independentemente do partido no poder, a estratégia permanece praticamente a mesma, com pequenos incrementos a cada triênio de publicação. O governo norte-americano, seja sob liderança de republicanos, seja de democratas, mantém patamares altos de investimentos no setor e consideram fundamental a incorporação das novas tecnologias às instituições públicas. A China mantém a mesma estrutura estratégica que sua política industrial praticou historicamente. Demarcam-se metas a serem atingidas a cada cinco anos, a quantidade de investimento a ser realizada pelo governo e as tecnologias e estratégias a serem trabalhadas para atingi-las. O sucesso dos megaprojetos já garante à China experiência no desenvolvimento de tecnologias inovadoras, o que pode ser um diferencial na condução da agenda de inteligência artificial.

Em termos de documentos regulatórios e complementares, a China possui uma quantidade pequena. Os que existem enquadram-se no que chamamos de *hard law*, ou seja, letra da lei. Os documentos elencam responsabilidades, punições por erros e atividades periódicas que todos os participantes do ecossistema de desenvolvimento de IA devem realizar. Também se destaca o papel centralizador do Ministério da Ciência e Tecnologia, braço do governo responsável por coordenar toda a estratégia e principal instituição de governança.

Os Estados Unidos apostam em um modelo híbrido de regulação, com tendência para a *soft law*, na figura de normas flexíveis, não vinculativas e com governança presente. Também chama a atenção a abundância de relatórios e a falta de documentos vinculativos. Com estratégias sobre IA em vigor desde 2016, apenas em 2024 os Estados Unidos designaram obrigações para suas instituições públicas referentes à atuação em IA. Isso pode significar que o Estado começa a trazer para sua responsabilidade parte da execução da estratégia e a deixar de lado a atuação apenas de investidor e patrocinador.

Tudo sugere que a questão dos semicondutores será uma espécie de fiel da balança a decidir a corrida tecnológica. O *hardware* e o *software* precisam desenvolver-se em patamares

semelhantes para que os algoritmos mais avançados possam ser utilizados de maneira planejada. Atualmente, o avanço da computação é dependente do setor de semicondutores, que possui estrutura de mercado bastante particular, com domínio de apenas uma empresa para a fabricação e de outra, também monopolista, para a produção de bens de capital capazes de produzir os *chips*. Ambos os países se movimentam em diversas esferas para superar esse desafio. Com isso, a corrida tecnológica transborda seu conceito original e passa a ser uma corrida política e, em última instância, uma corrida moral. Ambos os países argumentam que a hegemonia do outro é uma afronta direta aos valores defendidos: a China ressalta os valores socialistas em suas soluções de IA, enquanto os Estados Unidos ressaltam sempre a defesa dos valores democráticos e as liberdades civis em suas estratégias.

A literatura mostra que esse pode ser um campo de debate intenso nos fóruns globais. Sheehan (2023) aponta que um dos objetivos da China é utilizar a inteligência artificial como instrumento de expansão do controle social. No mesmo lastro, Beraja *et al.* (2023), por meio da análise de contratos públicos do governo chinês com empresas de IA, concluíram que IA e regimes autoritários são forças que se retroalimentam.

O tema da IA é central na estratégia de desenvolvimento tecnológico de diversos países do mundo, independentemente do tamanho da economia, da população e do perfil político. A União Européia também está se movendo, um pouco por vontade própria, um pouco em reação aos principais atores nesse segmento. O Brasil tem ações incipientes, tímidas, e insuficientes, particularmente em verbas disponíveis, como bem ilustra o Plano Brasileiro de IA 2024-2028, lançado em agosto de 2024.

A velocidade de mudança nessa revolução tecnológica excede em muito a da época do vapor, com intervalo de décadas, e duração de um século. Hoje o intervalo é de alguns anos e a duração de poucas décadas, como fica claro ao lembrarmos a corrida tecnológica em torno de vídeos cassetes, DVD e telefones celulares – sucessos nas décadas de 1980 a 2000, todos fora das prateleiras na década de 2020. Vale também lembrar a posição dominante de poucas firmas em nível global no mercado de *smartphones* – nenhuma delas brasileira. São exemplos nos mercados de bens finais para o consumidor, mas existe ainda o mercado de fatores de produção (*supply chain*), cujo grande destaque hoje é o mercado de baterias e a mineração dos elementos geológicos estratégicos para sua produção. Esses exemplos deixam claro que o Brasil precisa dar urgência ao tema IA, considerando-se a amplitude do impacto e a complexidade do assunto em torno dessa tecnologia de propósito geral (*general purpose technology*).

## REFERÊNCIAS

BERAJA, Martin *et al.* AI-tocracy. **The Quarterly Journal Of Economics**, Oxford, Oxford University Press, v. 138, n. 3, p. 1349-1402, 13 mar. 2023.

BREMMER, Ian; SULEYMAN, Mustafa. **The AI power paradox: can states learn to govern artificial intelligence before its too late?**. New York: Foreign Affairs, 2023.

CHINA. Partido Comunista da China. **Ethical norms for new generation artificial intelligence**. Beijing: PCCH, 2021.

CHINA. Partido Comunista da China. **Governance principles for a new generation of artificial intelligence**: developing responsible artificial intelligence. Beijing: PCCH, 2019.

CHINA. Partido Comunista da China. **New generation artificial intelligence development plan**. Beijing: PCCH, 2017. Disponível em: [https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content\\_5211996.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm). Acesso em: 13 jun. 2024.

CREEMERS, Rogier *et al.* **Full translation**: China's 'New generation artificial intelligence development plan'. Stanford: Digichina, 2017. Disponível em: <https://digichina.stanford.edu/work/full-translation-chinas-new-generation-artificial-intelligence-development-plan-2017/>. Acesso em: 13 jun. 2024.

DIXON, Ren Bin Lee. **Artificial intelligence governance**: a comparative analysis of China, the European Union and the United States. 2022. 140 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Políticas Públicas) – Humphrey School of Public Affairs, University of Minnesota, Minneapolis, 2022.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **American artificial intelligence initiative**: year one annual report. Washington, DC: The White House, 2020.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Maintaining American leadership in artificial intelligence**. Washington, DC: Federal Register, 2019.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **National artificial intelligence research and development strategic plan**. Washington, DC: NSTC, 2023.

ESTADOS UNIDOS. National Security Commission on Artificial Intelligence (NSCAI). **Final report**. Washington, DC: [s. n.], 2021.

OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET. **Fiscal year budget**. Washington: OMB, 2023.

OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET. **Fiscal year budget**. Washington: OMB, 2024.

OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET. **Memorandum for the heads of executive departments and agencies**. Washington, DC: OMB, 2024.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **What is AI?** Can you make a clear distinction between AI and non-AI systems? Paris: OCDE, 2019. Disponível em: <https://oecd.ai/en/wonk/definition>. Acesso em: 13 jun. 2024..

SHEEHAN, Matt. **China's AI regulations and how they get made**. Washington, DC: Carnegie, 2023.

STANFORD UNIVERSITY. Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (HAI). **Artificial intelligence index report 2023**. Stanford: Stanford University, 2023. Disponível em: <https://hai.stanford.edu/>. Acesso em: 4 mar. 2024.

TURING, Alan. Computing machinery and intelligence. **Mind**, Manchester, v. 59, n. 236, p. 433-460, out. 1950.

# Interdependência humano-máquina: transformando o trabalho no Brasil

Ricardo Cappra<sup>53</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

A interdependência entre humanos e máquinas, antes imaginada como possibilidade futurista, já se consolidou como realidade no trabalho. Em um mundo moldado pela inteligência artificial (IA) e pela automação, essa relação simbiótica redefine rotinas profissionais, estruturas organizacionais e até dinâmicas sociais. Contudo, essa interdependência revolucionária expõe desafios urgentes para um país como o Brasil, em que desigualdades históricas limitam o acesso a essas rápidas transformações tecnológicas.

O cenário brasileiro traz um paradoxo intrigante a partir da urgência desse cenário evolutivo, pois enquanto a tecnologia é um vetor de inclusão e democratização, também demonstra o abismo estrutural que já exclui milhões de trabalhadores. Em algumas regiões mais distantes dos grandes centros econômicos do país, o acesso limitado à infraestrutura digital e à educação tecnológica perpetua a desconexão de vastas populações da economia digital. Nos grandes centros urbanos, por outro lado, a demanda por habilidades avançadas em análise de dados e automação tecnológica cresce rapidamente, mas deixa para trás aqueles que não possuem ferramentas ou formação necessárias para acompanhar esse ritmo. Assim, precisamos nos desafiar com a seguinte pergunta: essa interdependência humano-máquina está ampliando oportunidades ou consolidando novas formas de exclusão?

Embora frequentemente celebrada como solução para os desafios da modernidade, essa colaboração entre humanos e máquinas apresenta questões críticas em um país como o Brasil. Quem realmente se beneficia desse modelo? Ele pode ser inclusivo em um contexto em que o acesso às ferramentas tecnológicas e ao conhecimento permanece limitado a poucos? Ou estamos apenas transferindo o poder para aqueles que já possuem os recursos e a infraestrutura para dominar essa relação?

Filósofos como Bernard Stiegler e Byung-Chul Han há tempos ajudam-nos a refletir sobre essas tensões. Stiegler expõe a perda da autonomia mental dos trabalhadores, que passam a depender cada vez mais de sistemas que não controlam, algo que podemos classificar como um tipo de "proletarização cognitiva". Por sua vez, Han, ao discutir a "sociedade da transparência", alerta para os perigos da desumanização do trabalho e da supervalorização da eficiência, desafios que obviamente se amplificam em razão da acelerada adesão da IA

---

53 Ricardo Cappra é pesquisador de cultura analítica, filósofo e empreendedor na área de tecnologia da informação.

no mundo. No contexto da interdependência humano-máquina, essas visões nos levam a questionar até que ponto estamos fortalecendo o potencial humano ou apenas subordinando-o a processos automatizados, quando na maioria dos casos as massas de trabalhadores correm o risco de ser “manipuladas” por sistemas e técnicas.

Esta análise parte de uma constatação: a interdependência humano-máquina já é uma realidade irreversível e praticamente invisível. Irreversível por ser uma evolução tecnológica descentralizada, e invisível por não ser facilmente perceptível por indivíduos e trabalhadores quando estão sendo afetados por esses sistemas. É fundamental compreendermos as barreiras que limitam a implementação inclusiva de inteligência artificial no Brasil, os riscos de alienação associados a uma adoção desordenada e as oportunidades de emancipação que podem surgir com uma abordagem ética e crítica. O desafio é claro: como garantirmos que essa revolução tecnológica, potencializada pela IA, seja uma força para a construção de um futuro mais justo e igualitário, não mais uma engrenagem na perpetuação das desigualdades?

## 2. ALGUMAS REFLEXÕES INICIAIS SOBRE AUTOMAÇÃO NO TRABALHO

O trabalho, antes medido em horas dedicadas por indivíduos, passa por uma das maiores transformações de todos os tempos. A divisão tradicional, que se baseia na repetição de atividades laborais, agora se vê desafiada pela emergência de novas formas de colaboração e automação. O esforço, antes um indicador-chave de produtividade, perde sua rigidez frente à capacidade de execução automática das máquinas. A mensuração do sucesso do trabalho agora passa por se entender a influência dos poderosos processadores de informação sustentados por regras ocultas em forma de *prompts* – uma forma amigável para os humanos se relacionarem com a inteligência artificial. A rotina intelectual, antes reflexiva, agora é automatizada e desafia também nossa percepção de valor no trabalho.

O trabalho automatizado apresenta o desafio de como se manterem o pensamento crítico e a criatividade em um mundo cada vez mais dominado pela automação. É assustador percebermos, no meio dessa rápida evolução tecnológica, o quanto das atividades laborais não desenvolvem habilidades intelectuais, mas apenas exigem uma repetição automática. O trabalhador, formado em currículos voltados para demandas industriais, agora se depara com sistemas focados em eficiência. Em troca, esses sistemas exigem menos recompensas, mas demandam alto consumo energético para se manterem “inteligentes”. Essa reflexão não busca comparar inteligências, mas compreender como essa atual interdependência humano-máquina impacta nossa percepção individual, e também nos convida a repensar o papel humano em um mundo totalmente automatizado.

Durante essa transformação do trabalho acelerada pela IA, precisamos entender que interdependência humano-máquina significa: permitir que máquinas façam para os humanos pensarem; permitir que humanos critiquem enquanto máquinas analisam matematicamente; permitir que máquinas trabalhem enquanto humanos orquestram; permitir que humanos

sintam enquanto máquinas armazenam. Tudo interligado, sem início ou fim definidos, apenas interdependentes.

### 3. REALIDADES DO CENÁRIO BRASILEIRO

A inclusão digital é um dos principais desafios para a plena integração de trabalhadores à nova era da IA. Embora tenha crescido no Brasil, o acesso à tecnologia ainda é desigual e reflete disparidades regionais e sociais que moldam as oportunidades de integração dos indivíduos no mercado de trabalho tecnologicamente avançado. Muitos trabalhadores ainda enfrentam barreiras significativas para acessar tecnologias básicas, seja por desconhecimento dos recursos disponíveis, infraestruturas ultrapassadas em ambientes de trabalho ou por questões econômicas. Porém, o mercado de trabalho exige cada vez mais habilidades em ferramentas tecnológicas avançadas, seja para análise de dados ou de automação. Essa desigualdade não é questão apenas de acesso físico às tecnologias, mas também de preparo educacional e socioeconômico, o que intensifica a distância entre os que podem se adaptar à nova realidade e os que permanecem excluídos.

A interdependência humano-máquina, apesar de uma realidade, pode por muitas vezes ser invisível ou incompreensível. Não se trata apenas de adaptação de trabalhadores às novas tecnologias, mas também de criação de um sistema educacional que privilegie o pensamento crítico e analítico. Sem essa base educacional, trabalhadores brasileiros podem ser relegados a papéis marginais na economia emergente, o que agrava as desigualdades sociais.

O filósofo Bernard Stiegler (2016, p. 29), em suas reflexões sobre a "proletarização da mente", oferece um quadro teórico essencial para compreendermos esses desafios. O autor argumenta que, na era das tecnologias digitais, não apenas o trabalho manual é desvalorizado, mas também as capacidades cognitivas dos trabalhadores. Essa "proletarização" não se refere à perda de controle apenas sobre as ferramentas de trabalho, mas também sobre os processos de pensamento e decisão que outrora eram parte fundamental do trabalho humano. No Brasil, em que as desigualdades educacionais são profundas, esse fenômeno é ainda mais evidente, afinal, muitos trabalhadores não têm acesso à formação necessária para navegar no novo paradigma tecnológico e isso intensifica sua exclusão econômica e social.

As diferenças regionais ampliam esse cenário de preocupação em um país das dimensões do Brasil. Enquanto algumas regiões desfrutam de iniciativas que promovem integração tecnológica, outras enfrentam limitações estruturais que impedem avanços significativos. A falta de infraestrutura digital, combinada com a escassez de educação orientada à tecnologia, cria um ciclo vicioso de exclusão. É necessário um esforço coordenado entre governos, setor privado e sociedade civil para superação dessas barreiras e garantia de que a interdependência humano-máquina seja uma oportunidade distribuída de forma mais equilibrada.

Precisamos refletir com atenção sobre a "proletarização cognitiva", pois esta nos desafia com relação ao papel da educação na formação de trabalhadores para essa era da IA, para

que sejam capazes de lidar com as exigências do mercado de trabalho atual. Nesse sentido, a inclusão digital não deve ser vista apenas como questão de acesso à tecnologia, mas como forma de se construírem cidadãos analiticamente preparados. Isso implica não apenas ensinar habilidades técnicas, mas também fomentar o pensamento crítico e a capacidade de se tomarem decisões informadas. Sem isso, o Brasil corre o risco de perpetuar um modelo de trabalho no qual poucos têm acesso às ferramentas e aos conhecimentos necessários para prosperar, enquanto muitos permanecem excluídos.

O conceito de "proletarização cognitiva" encontra eco em outras perspectivas filosóficas que analisam o impacto das tecnologias digitais no trabalho humano. Byung-Chul Han (2017), por exemplo, em discussão sobre a "sociedade da transparência", destaca como a ênfase no desempenho e na eficácia pode desumanizar os trabalhadores e reduzi-los a meros componentes de um sistema tecnológico. Essa perspectiva complementa nossa abordagem até aqui e mostra como a exclusão digital é também uma exclusão cognitiva e existencial.

Portanto, o cenário brasileiro de exclusão digital e de desigualdade exige soluções que vão além da mera distribuição de tecnologias. É necessário criarem-se condições para que todos os trabalhadores possam se beneficiar da revolução tecnológica de maneira equitativa. Isso inclui investimentos em infraestrutura digital, mas, acima de tudo, requer uma transformação educacional que priorize os pensamentos analítico e crítico como ferramentas essenciais para a emancipação humana. Somente assim, podemos imaginar um Brasil em que a interdependência humano-máquina não seja fonte de desigualdade para trabalhadores, mas oportunidade para redução de disparidades e construção de um futuro no qual o país participe da competição global não apenas com mão de obra, mas também com seu potencial intelectual e criativo.

#### **4. UM OLHAR ANALÍTICO SOBRE AS NOVAS HABILIDADES PARA O TRABALHO**

As rápidas transformações tecnológicas estão reconfigurando o mercado de trabalho global. Segundo o *Future of Jobs Report 2025*, do Fórum Econômico Mundial, 39% das habilidades atualmente utilizadas pelos trabalhadores precisarão ser adaptadas até 2030, o que reflete as demandas por competências críticas como pensamento analítico, resiliência e alfabetização digital. O relatório também projeta um impacto significativo da automação e da IA, com 170 milhões de novos empregos criados e 92 milhões deslocados no mesmo período.

No Brasil, o contexto é desafiador. O *Boletim de diagnóstico: habilidades digitais no Brasil e no mundo*, publicado pela Anatel, revela que apenas 17,9% da população possui habilidades digitais intermediárias, percentual muito abaixo da meta de 30% estabelecida para 2027. Regiões como Norte e Nordeste enfrentam as maiores desigualdades: cerca de 88% da população não possui essas habilidades o que totaliza 44 milhões de pessoas excluídas das oportunidades do mercado digital. Mesmo no Sudeste, onde as condições socioeconômicas são mais favoráveis, 79% da população carece de habilidades digitais intermediárias, o que evidencia que as disparidades não são apenas regionais, mas também estruturais.

A análise do boletim da Anatel destaca que o nível de instrução é um dos principais fatores que influenciam as habilidades digitais no Brasil. Entre os brasileiros com ensino superior completo, 53,3% possuem habilidades digitais básicas, enquanto esse índice cai para 13,6% entre aqueles com ensino fundamental. Em relação às habilidades intermediárias, a diferença é ainda mais acentuada e revela a importância de se integrarem disciplinas digitais desde os primeiros anos escolares. Adicionalmente, quase metade da população com ensino médio completo permanece sem habilidades digitais intermediárias, o que evidencia lacunas no sistema educacional que comprometem o acesso ao mercado de trabalho digital.

As barreiras econômicas e sociais agravam o quadro. Entre os trabalhadores que ganham até um salário mínimo, apenas 12% possuem habilidades digitais básicas, em contraste com 52,4% entre os que recebem mais de 10 salários mínimos. Além disso, disparidades raciais reforçam as desigualdades: as populações preta e parda apresentam índices de habilidades digitais inferiores aos da população branca, o que evidencia a necessidade de políticas de inclusão que contemplem essas variáveis interseccionais.

O boletim de diagnóstico aponta que, para alcançar a meta de 30% de habilidades intermediárias até 2027, o Brasil precisará incorporar mais 51 milhões de pessoas a esse nível de competência digital. Essa meta ambiciosa requer iniciativas que combinem investimentos em infraestrutura tecnológica, acesso à educação e programas de capacitação digital voltados para populações vulneráveis, como jovens de áreas periféricas e rurais.

Iniciativas como o Plano Estratégico da Anatel 2023-2027 delineiam um caminho viável, ao priorizar populações historicamente marginalizadas e promover políticas educacionais inclusivas que reforcem a alfabetização digital. Além disso, o fortalecimento de parcerias público-privadas e o estímulo à pesquisa em tecnologias inclusivas podem impulsionar a criação de um mercado de trabalho mais equitativo e preparado para os desafios do futuro.

O Brasil tem potencial de se destacar como líder global ao integrar tecnologias emergentes de forma ética e inclusiva, com uso de sua diversidade cultural como ativo estratégico. No entanto, o alcance desse objetivo exige a implementação de políticas públicas robustas e sustentadas, que promovam tanto a inclusão digital quanto a conscientização crítica sobre os impactos das tecnologias emergentes na sociedade e no trabalho. O fortalecimento das habilidades digitais intermediárias e avançadas não é apenas uma meta educacional, mas uma condição essencial para que o país acompanhe e influencie as transformações globais.

## **5. UM FUTURO INEVITÁVEL: INTELIGÊNCIA AUMENTADA E DECISÕES PLURAIS**

Um dos conceitos que se destaca nessa rápida transformação tecnológica é o de inteligência aumentada, que combina a capacidade crítica e criativa dos seres humanos com a eficiência e a precisão das máquinas. Essa abordagem vai além da automação pura e simples e propõe uma relação simbiótica em que humanos e máquinas trabalham juntos para maximizar as possibilidades de análise e de tomada de decisão. Diferentemente da IA

independente, que busca substituir tarefas humanas, a inteligência aumentada valoriza a colaboração entre ambos e promove decisões plurais e inclusivas baseadas em múltiplas perspectivas e fontes de informação.

O elemento central da inteligência aumentada é essa ideia de decisões plurais, em que humanos e máquinas colaboram em um processo decisório aperfeiçoado e contínuo. Isso envolve a consideração de diversas perspectivas, processamento de quantidades cada vez maiores de dados, integração de informações de diferentes origens, modelos matemáticos avançados e ultravelozes, sem deixar de dar o devido valor ao pensamento crítico humano, fusão que possibilita uma tomada de decisão mais robusta e inclusiva. Essa pluralidade, que envolve humano e máquina, é essencial em um mundo marcado pela complexidade, onde soluções simples muitas vezes falham em atender às diversas necessidades de uma sociedade em constante mudança.

No Brasil, as aplicações desses conceitos são particularmente promissoras em áreas como gestão pública. Sistemas de inteligência aumentada que analisam dados de saúde pública para identificar em que áreas os recursos devem ser priorizados, combinando os *insights* analíticos das máquinas com o conhecimento contextual e cultural de gestores locais, poderiam otimizar a alocação de recursos, reduzindo desigualdades e promovendo maior eficácia nas políticas públicas. Outro exemplo é a agricultura, área em que a combinação de sensores IoT (internet das coisas) e modelos preditivos pode ajudar agricultores a tomar decisões mais informadas sobre irrigação e uso de fertilizantes e, assim, aumentar a produtividade de forma sustentável. Na educação, sistemas de tutorias aumentadas podem oferecer experiências personalizadas para estudantes, adaptando conteúdos às suas necessidades específicas e reduzindo desigualdades de aprendizado. Esses exemplos ilustram como a inteligência aumentada não apenas complementa as capacidades humanas, mas também amplifica nosso impacto em áreas cruciais para o desenvolvimento social e econômico, graças à contribuição de decisões plurais aos mecanismos tradicionais estabelecidos. No entanto, o sucesso dessa integração depende de um ecossistema colaborativo que envolve governos, setor privado, universidades e a sociedade civil.

A inteligência aumentada não deve ser vista como substituição, mas como extensão das capacidades humanas. Inspirando-nos nas reflexões de Luciano Floridi sobre a infosfera, podemos compreender a relação humano-máquina como parte de uma evolução interdependente, em que ambos coexistem e se fortalecem mutuamente. Para que essa relação simbiótica seja benéfica, é essencial que o desenvolvimento da inteligência aumentada seja acompanhado por debates críticos e reflexões filosóficas. Afinal, a verdadeira inovação não está apenas na tecnologia, mas em como escolhemos utilizá-la para construção de um futuro mais justo e plural.

## 6. EDUCAÇÃO TRANSFORMADORA: A EMANCIPAÇÃO ATRAVÉS DA AUTONOMIA ANALÍTICA

A educação analítica surge como resposta urgente às transformações impostas pela revolução tecnológica e pela presença crescente da IA em diversos aspectos da vida contemporânea. Em um contexto em que a informação é abundante, mas frequentemente desconexa ou mal compreendida, a capacidade de análise de dados e de tomada de decisões baseadas em evidências torna-se essencial. A autonomia na análise é um ato de liberdade, pois isso forma indivíduos que sejam protagonistas em um mundo cada vez mais orientado por dados, capazes de interpretar padrões, compreender contextos e intervir de maneira crítica tanto no ambiente de trabalho quanto na vida cotidiana.

A educação analítica não depende exclusivamente de infraestrutura tecnológica sofisticada. Embora tecnologias avancem exponencialmente, o verdadeiro ponto de partida reside em uma transformação cultural e educacional. É necessário repensarmos como ensinamos, priorizando o pensamento crítico, a resolução de problemas e o uso consciente de dados. Nesse sentido, Byung-Chul Han, em sua obra sobre a infocracia (2022, p. 25), alerta para os riscos de uma sociedade em que o desequilíbrio informacional pode levar à alienação e à crise democrática. O autor defende que, em um ambiente dominado por dados, é essencial a capacitação de indivíduos para compreenderem a lógica por trás das informações que consomem. Essa abordagem ressoa com a necessidade de preparação de professores e educadores para estimularem a análise crítica e promoverem o uso de dados como ferramenta de emancipação social.

Um dos grandes desafios da educação analítica é o combate da dependência de intermediários na interpretação de dados. Quando indivíduos não têm autonomia para analisar informações, tornam-se vulneráveis a manipulações, seja por parte de algoritmos, seja por narrativas distorcidas. Hans Rosling, autor do livro *Factfulness* (2019), descreve a análise baseada em dados como forma de terapia cognitiva, em que a compreensão clara dos fatos liberta os indivíduos de preconceitos e temores infundados.

No Brasil, essa autonomia analítica é ainda mais urgente, dado o cenário de desigualdades regionais e educacionais. É essencial que as políticas públicas incorporem práticas de educação analítica, desde os níveis básicos de ensino, e garantam que as novas gerações sejam capacitadas a navegar com segurança e senso crítico no mar de informações que caracteriza a era digital. A conexão entre educação analítica e sustentabilidade social não pode ser ignorada. Ao preparar indivíduos para compreenderem e aplicarem dados de forma ética e eficaz, não apenas promovemos avanços econômicos, mas também fortalecemos os pilares da justiça social e da igualdade de oportunidades. A análise crítica de dados permite que decisões sejam tomadas de maneira informada e plural, ao contemplar múltiplas perspectivas e reduzir as chances de exclusão ou marginalização de grupos vulneráveis.

A educação analítica pode contribuir para a mitigação dos efeitos negativos da proletarianização cognitiva. Na era da IA o trabalhador não está perdendo o controle somente de suas ferramentas, mas também dos processos cognitivos que antes eram centrais à sua função.

Ao introduzir a análise de dados como prática universal, empoderamos os indivíduos a retomar esse controle e transformamos a tecnologia em instrumento de emancipação, não de dominação. A implementação da educação analítica como pilar da formação básica e continuada requer esforços coordenados entre governos, setor privado e sociedade civil. Além de iniciativas como os laboratórios analíticos, é fundamental o investimento na formação de educadores, no desenvolvimento de materiais didáticos acessíveis e na disseminação de boas práticas que integrem o pensamento analítico ao cotidiano das escolas e empresas.

Por fim, a educação analítica representa mais do que uma resposta às demandas tecnológicas: é um caminho para a construção de uma sociedade mais crítica, participativa e resiliente. Ao capacitar os cidadãos a compreenderem e utilizarem dados de forma consciente, promovemos não apenas avanços individuais, mas também um progresso coletivo que beneficia a todos. Em um mundo em que informação é poder, a educação analítica é a chave para democratização desse poder e garantia de um futuro mais justo e inclusivo.

## **7. PREPARANDO O BRASIL PARA A ERA DA INTERDEPENDÊNCIA HUMANO-MÁQUINA**

Ao longo deste texto, apresentamos como a revolução tecnológica traz desafios e oportunidades que exigem uma reflexão profunda sobre o papel da educação, do mercado e das políticas públicas no Brasil. Chegamos agora a um momento de olhar para frente, não com respostas absolutas, mas com propostas que convidam à ação coletiva. As recomendações não pretendem ser uma lista de obrigações ou certezas, mas um ponto de partida para inspirar governantes, professores, organizações e a sociedade civil a construir, juntos, caminhos que valorizem o humano em um mundo cada vez mais moldado pela tecnologia. Mais do que nunca, é essencial unirmos esforços para garantir que a interdependência humano-máquina seja um motor de inclusão, criatividade e emancipação.

Vivemos em uma era de profundas mudanças catalisadas pela transformação digital e pela expansão da IA, o que exige não apenas adaptações técnicas, mas uma revisão de valores, práticas e prioridades como sociedade. As propostas que seguem são um convite à construção coletiva de um futuro mais justo, inovador e inclusivo, guiado por uma visão ética e analítica que coloca o ser humano no centro das decisões tecnológicas. Diante disso, compartilhamos alguns caminhos que buscam incentivar a reflexão e a ação, criando condições para que o Brasil transforme a era digital em uma oportunidade para todos. Cada recomendação foi elaborada com base nas necessidades urgentes da sociedade contemporânea, considerando-se os desafios e as oportunidades da era da informação e da IA.

### **7.1 Repensar a educação para a era da informação**

A base para qualquer transformação duradoura está na educação. A transição para uma sociedade digital requer revisão completa dos currículos escolares, da formação docente e dos ambientes de aprendizado.

- Currículos para o pensamento analítico: os sistemas educacionais devem ir além do ensino tradicional e incorporar disciplinas que desenvolvam análise de dados, resolução de problemas complexos e leitura crítica de informações desde a educação básica. Essas habilidades são essenciais para formação de cidadãos aptos a atuar em um mundo dominado pela informação.
- Professores como agentes de transformação: investir na formação contínua dos educadores é imperativo. Professores devem ser capacitados a utilizar tecnologias digitais de maneira eficaz e a promover um aprendizado que integre conceitos teóricos e práticos.
- Laboratórios práticos: espaços educativos que combinem criatividade, tecnologia e experimentação devem ser criados em escolas e universidades. Esses ambientes possibilitam que os alunos enfrentem desafios reais e desenvolvam soluções inovadoras.

## 7.2 Promover a requalificação contínua de profissionais

A adaptação ao futuro do trabalho depende da habilidade de aprender e requalificar-se ao longo da vida.

- Programas de requalificação regionalizados: regiões menos favorecidas devem ser prioritárias em iniciativas de treinamento em habilidades digitais e analíticas. Cursos gratuitos ou subsidiados podem criar oportunidades de inclusão social e profissional.
- Parcerias público-privadas: empresas, universidades e governos devem trabalhar juntos para desenvolver programas de aprendizado dinâmicos que estejam alinhados às demandas do mercado e às transformações tecnológicas.

## 7.3 Expandir o acesso à tecnologia

Sem acesso às ferramentas básicas da era digital, a inclusão é inviável.

- Conectividade amplificada: é essencial levar-se internet de alta velocidade para comunidades rurais e periféricas para conectá-las às oportunidades do mundo digital.
- Distribuição de ferramentas tecnológicas: programas que forneçam dispositivos básicos a estudantes e trabalhadores em situação de vulnerabilidade podem transformar realidades e criar novas oportunidades.
- Espaços comunitários de aprendizado: bibliotecas, centros culturais e escolas podem ser transformados em *hubs* digitais, com oferecimento de acesso gratuito à tecnologia e ao aprendizado.

## 7.4 Incentivar o pensamento crítico e ético na era da informação

Em um ambiente saturado de dados, a capacidade de interpretação e de questionamento das informações é vital.

- Alfabetização digital crítica: ensinar a análise independente de informações digitais é medida necessária para combater as manipulações, a desinformação e as vieses algorítmicos.
- Diálogos sobre ética e tecnologia: fóruns interdisciplinares podem explorar os impactos da inteligência artificial sob perspectivas filosóficas, sociais e econômicas e promover discussões que envolvam a sociedade como um todo.

## 7.5 Fortalecer políticas públicas e colaboração multissetorial

Transformações estruturais exigem estratégias coordenadas e inclusivas.

- Planos de transformação digital: políticas de longo prazo devem priorizar a inclusão digital, a educação tecnológica e a inovação sustentável, mediante conexão entre as diversas regiões do país.
- Inovação regional: soluções locais e específicas para diferentes contextos regionais precisam ser incentivadas, em respeito às diversidades cultural e econômica do Brasil.
- Monitoramento do impacto tecnológico: avaliar os efeitos das tecnologias no mercado de trabalho e na sociedade é crucial para a criação de políticas adaptativas e eficazes.

## 7.6 Abraçar a inteligência aumentada como potencial humano-máquina

A colaboração entre humanos e máquinas representa uma das maiores oportunidades da atualidade.

- Inteligência aumentada nas políticas públicas: ferramentas analíticas e sistemas de IA podem otimizar a gestão de recursos, melhorar serviços públicos e ampliar o impacto de iniciativas sociais.
- Transparência e diversidade nos sistemas: garantir que tecnologias representem a pluralidade cultural e social do Brasil é essencial para promoção de equidade e redução de desigualdades.

## 7.7 Construir uma cultura analítica inclusiva

Por fim, a cultura analítica deve ser uma força unificadora e transformadora.

- Debates públicos: eventos e campanhas que expliquem o impacto positivo do uso de dados na vida cotidiana podem democratizar o acesso ao conhecimento analítico.
- Práticas analíticas em escolas e empresas: ferramentas de análise de dados devem ser integradas ao cotidiano escolar e empresarial para capacitar cidadãos a tomar decisões mais informadas e autônomas.

## 8. O PARADIGMA DA INTERDEPENDÊNCIA E A REINVENÇÃO DO TRABALHO

A interdependência humano-máquina não é apenas um fenômeno técnico ou econômico, é uma transformação radical que redefine o papel do ser humano em um mundo profundamente moldado por tecnologias. Em sua essência, essa relação simbiótica entre humanos e máquinas nos desafia a reimaginar o trabalho, a educação e, acima de tudo, nossa própria humanidade. No entanto, como vimos ao longo dessa análise, a realidade brasileira, marcada por desigualdades históricas e exclusão digital, impõe uma questão urgente: como transformar essa interdependência em força emancipadora, não em mecanismo de perpetuação da desigualdade?

Ao longo do texto, foram evidenciados os abismos existentes, tanto regionais, sociais, quanto educacionais, que tornam a revolução tecnológica uma promessa distante para milhões de trabalhadores. Fica o alerta de Bernard Stiegler (2016, p. 29) de que a "proletarização cognitiva" não é a perda apenas do controle sobre ferramentas de trabalho, mas a perda de autonomia sobre o próprio pensamento. No Brasil, em que essas ferramentas e o conhecimento são frequentemente privilégio de poucos, o risco é consolidar-se um sistema em que a tecnologia se torna mais uma engrenagem de exclusão.

Por outro lado, a interdependência humano-máquina oferece a oportunidade ímpar, não de substituir o humano, mas de ampliar suas capacidades. Inspirando-se na filosofia de Luciano Floridi (2014, p. 25), que concebe a infosfera como extensão da nossa existência, podemos entender a inteligência aumentada como caminho para integrarmos a capacidade crítica, emocional e criativa humana com a eficiência e a precisão das máquinas. Essa visão só será alcançada se, como sociedade, optarmos por um desenvolvimento tecnológico orientado por princípios éticos, críticos e inclusivos.

A revolução tecnológica deve ser uma revolução social. Para isso, precisamos de uma educação transformadora que não apenas ensine habilidades técnicas, mas que fomente o pensamento crítico e a autonomia analítica. Como Byung-Chul Han observa, em um mundo de transparência total e de eficácia sobre-humanizada (2017; 2022), o valor humano está em sua capacidade de questionar, imaginar e reinventar. Preparar os cidadãos para essa nova era exige, mais do que nunca, políticas públicas que equilibrem inclusão digital com reflexões éticas e garantam que o progresso tecnológico seja uma ponte para a justiça social, não um muro que aprofunda desigualdades.

A interdependência humano-máquina deve ser vista como convite para a co-criação de um futuro mais plural e democrático. Não se trata apenas de se integrarem humanos e máquinas, mas de se redefinir o que significa ser humano em uma era em que as fronteiras entre o natural e o artificial estão se tornando cada vez mais tênues. Esse é o momento de escolhermos: seremos espectadores passivos dessa transformação ou protagonistas de uma era em que a tecnologia potencializa o humano, em vez de substituí-lo? O Brasil, com sua diversidade cultural, riqueza criativa e potencial intelectual, tem a chance de liderar essa transformação globalmente.

Por fim, a construção de um futuro em que humanos e máquinas coexistem de maneira interdependente não é apenas uma questão estratégica ou técnica, mas uma decisão filosófica. É um chamado para que indivíduos, organizações e governos assumam a responsabilidade de moldar a tecnologia como força de inclusão, inovação e emancipação. Essa é a verdadeira revolução, que não apenas transforma o trabalho, mas que reimagina o que significa trabalhar, viver e criar em um mundo interconectado.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (Anatel). **Boletim de diagnóstico**: habilidades digitais no Brasil e no mundo. Brasília: Anatel, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel>. Acesso em: 12 jan. 2025.

FLORIDI, Luciano. **The fourth revolution**: how the infosphere is reshaping human reality. Oxford: Oxford University Press, 2014.

HAN, Byung-Chul. **Infocracia**: digitalização e a crise da democracia. Petrópolis: Vozes, 2022.

HAN, Byung-Chul. **Sociedade da transparência**. Tradução de Enio Giachini. Petrópolis: Vozes, 2017.

ROSLING, Hans. **Factfulness**: o hábito libertador de só ter opiniões baseadas em fatos. Rio de Janeiro: Record, 2019.

STIEGLER, Bernard. **Automatic society**: the future of work. Tradução de Daniel Ross. Cambridge: Polity Press, 2016. v. 1.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Future of jobs report 2025**. Geneva: World Economic Forum, 2025. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2025/>. Acesso em: 12 jan. 2025.

# Inteligência artificial, automação do trabalho, empregabilidade e Previdência Social

Rogério Nagamine Costanzi<sup>54</sup>

“O que todos devemos fazer é nos certificar que estamos usando a inteligência artificial de uma maneira que beneficie a humanidade, e não que a deteriore.”

Tim Cook, CEO da Apple<sup>55</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico sempre cria certo temor na sociedade de que as mudanças possam levar à automação do trabalho e à substituição de seres humanos por máquinas, equipamentos, robôs ou, na atual conjuntura, pela inteligência artificial (IA), com impactos muito negativos sobre empregos. Embora o desenvolvimento tecnológico efetivamente acabe por destruir alguns tipos de ocupações, em geral, também cria outros tipos de empregos. Por exemplo, no setor bancário, o desenvolvimento tecnológico realmente destruiu ou reduziu de forma significativa as ocupações de caixas bancários pelo desenvolvimento tanto de caixas automáticos quanto de operações bancárias digitais e, mais recentemente, pelo PIX. Por outro lado, foram criadas novas ocupações vinculadas ao desenvolvimento e à aplicação dessas novas tecnologias. Outro caso de mecanização que substituiu trabalho é o que tem acontecido no setor agropecuário em geral ou, em um exemplo mais concreto, na colheita da cana-de-açúcar, que era feita manualmente e cada vez mais ocorre com uso de máquinas. Nesse caso, em que pese a destruição de postos de trabalho, podem ser vistas como positivas a supressão de atividades altamente penosas e a promoção de ganhos de

---

54 Doutor em economia, pela Universidade Autônoma de Madrid, e especialista em políticas públicas e gestão governamental, do Governo Federal. Teve passagens pelo Ministério da Previdência Social (como subsecretário do Regime Geral de Previdência Social (RGPS), assessor especial do ministro, diretor do Departamento do RGPS e coordenador-geral de estudos previdenciários), pelo Ministério do Trabalho e Emprego (como assessor especial do ministro e coordenador-geral de emprego e renda), pelo Ministério do Desenvolvimento Social, Ipea (como coordenador de seguridade social) e pela Organização Internacional do Trabalho (OIT). Foi membro do Conselho Nacional de Previdência Social (CNPS), do Conselho Deliberativo do Fundo de Amparo ao Trabalhador (Codefat) e do Conselho Nacional dos Direitos do Idoso (CNDI). Ganhador do Prêmio Interamericano de Proteção Social (2º lugar), da Conferência Interamericana de Seguridade Social (CISS) em 2015, e do Prêmio SOF de Monografia (2º lugar), do Ministério do Planejamento/Esaf em 2016. Foi presidente do Cone Sul da Conferência Interamericana de Seguridade Social (CISS) e vice-presidente da Comissão de Adultos Maiores, da Conferência Interamericana de Seguridade Social (CISS).

55 Disponível em: <https://forbes.com.br/principal/2019/07/as-13-melhores-citacoes-sobre-o-futuro-da-inteligencia-artificial/#foto4>. Acesso em: 21 mar. 2025.

produtividade. Claro, contudo, que essa mudança enseja políticas públicas que favoreçam a migração desses trabalhadores para outros setores de atividade econômica.

Em que pese o impacto decorrente da destruição de algumas ocupações, a tecnologia também ajuda a criar novas e permite ganhos de produtividade que podem ter impacto positivo para o crescimento econômico. Por essa razão, é preciso evitarmos visões catastróficas a respeito das novas tecnologias, entre as quais a inteligência artificial generativa (IAG). A IAG é uma tecnologia emergente que utiliza algoritmos para criar novos conteúdos a partir de dados existentes.

Nesse contexto, a postura mais adequada em relação à IA é buscarmos maximizar as oportunidades que estão relacionadas a qualquer novo desenvolvimento tecnológico, como ganhos de produtividade e crescimento econômico, e tentarmos minimizar os custos associados à automação do trabalho e à destruição de ocupações tradicionais. Esse deveria ser o olhar das políticas públicas em relação às profundas transformações que estão surgindo e continuarão a surgir com a IA, pois esta é uma realidade hoje inevitável.

Esse cenário de transformações ocorre, ademais, em um cenário de rápido e intenso envelhecimento populacional que pressiona as despesas da seguridade social – da previdência social, da saúde e da assistência social. Essa realidade cria a necessidade urgente de nova reforma da previdência ante grandes transformações tecnológicas e do mercado de trabalho, encontrando-se a previdência cada vez mais pressionada, com uma relação entre contribuintes por previdenciário cada vez menor. Certamente haverá piora na razão de dependência<sup>56</sup> de idosos e previdenciária. Com a crescente digitalização, a previdência social enfrenta desafios como a sustentabilidade financeira e a necessidade de atendimento a uma população envelhecida.

De modo a analisar essas questões, o presente estudo está organizado da seguinte forma: a) na seção 2, após uma tentativa sucinta de definirmos o que podemos chamar de IA, são discutidos seus impactos no mercado de trabalho; b) na parte 3 analisa-se a previdência social no contexto de intensa transformação tecnológica e de rápido processo de envelhecimento populacional; c) na parte 4 são feitas as considerações finais.

## 2. IA E MERCADO DE TRABALHO

Muito se fala atualmente de IA e de seus impactos. Mas para debater seus impactos é preciso, em primeiro lugar, entender ou tentar definir o que ela é. De forma muito resumida e um tanto burocrática, IA pode ser entendida como campo da ciência da computação que se concentra na criação de sistemas capazes de realizar tarefas que requerem inteligência humana. Essas tarefas incluem raciocínio, aprendizado, reconhecimento de padrões, compreensão de linguagem natural, tomada de decisões e interação com seres

---

56 Razão de dependência previdenciária consiste na relação entre contribuintes e beneficiários da previdência social.

humanos. A IA está presente em muitas áreas do nosso cotidiano como, por exemplo, os disseminados assistentes virtuais.

Agrawal *et al.* (2019, p. 3) trazem a definição de IA como “a teoria e o desenvolvimento de sistemas de computador capazes de executar tarefas que normalmente exigem inteligência humana”. Contudo, uma forma mais peculiar de ver a IA é compreendê-la a partir do que as máquinas ainda não conseguem fazer.

Entre os tipos de IA podem ser citadas: a) aprendizado de máquina (*machine learning*), que são algoritmos que permitem às máquinas aprender a partir de dados; b) redes neurais, que são estruturas modeladas usadas para reconhecer padrões complexos; c) processamento de linguagem natural, tecnologia que permite às máquinas entender e interagir em linguagem humana.

Feitas essas definições, fica claro que tal revolução tecnológica representada pela IA gera profundas transformações econômicas e sociais no mundo como um todo e também no mercado de trabalho. Efetivamente, a IA pode substituir alguns tipos de ocupações, embora crie novos postos de trabalho e oportunidades, bem como pode trazer expressivos ganhos de produtividade e crescimento econômico.

Sempre que há nova onda de progresso tecnológico intensificam-se os debates sobre a relação entre automação e empregos. Nesse debate podem-se observar dois extremos opostos: aqueles que veem a nova tecnologia como meio de alívio dos trabalhadores das tarefas mais árduas, obtenção de ganhos de produtividade e criação de novas ocupações, e aqueles que enfatizam a ameaça iminente aos empregos e o risco de desemprego. Provavelmente, a verdade está distante desses dois extremos. De qualquer forma, até hoje, o desenvolvimento tecnológico nunca gerou desemprego em massa, mas ocorreu concomitantemente com a migração da mão-de-obra da agropecuária e da indústria para o setor terciário ou de serviços.

Cabe a pergunta se a nova onda tecnológica se diferencia das revoluções tecnológicas pelas quais já passamos. Há que se perguntar se a IA poderia ter impactos diferenciados sobre o mercado de trabalho, porque, enquanto os avanços na tecnologia no século XX foram principalmente focados em trabalhadores manuais, o desenvolvimento tecnológico da IA permitiria a substituição de tarefas cognitivas não rotineiras e, por consequência, afetaria potencialmente os trabalhadores de colarinho branco ou mais qualificados, bem como teria amplitude diferente das revoluções tecnológicas que ocorreram no passado.

Gmyrek, Berg e Bescond (2023) analisaram a exposição potencial global de ocupações e tarefas à IA generativa e especificamente aos transformadores pré-treinados generativos (GPT), e as possíveis implicações dessa exposição para a quantidade e a qualidade do trabalho. O estudo estima que apenas ocupações ligadas a trabalhos administrativos estão altamente expostas à tecnologia, com 24% das tarefas administrativas consideradas altamente expostas e 58% com exposição de nível médio. Para os outros grupos ocupacionais, a maior parcela de tarefas altamente expostas oscila entre 1 e 4%. A estimativa é que o impacto mais importante da tecnologia provavelmente será o aumento do trabalho – automatizando-se

algumas tarefas dentro de uma ocupação enquanto se deixa tempo para outras tarefas – em oposição à automação total das ocupações. Os efeitos potenciais do emprego, seja aumentando ou automatizando, variam amplamente entre os grupos de renda do país, devido a diferentes estruturas ocupacionais. Em países de baixa renda, apenas 0,4% do emprego total seria potencialmente exposto aos efeitos da automação, enquanto em países de alta renda a parcela sobe para 5,5%. Portanto, embora a IA possa substituir o trabalho humano em alguns casos, em vários outros pode funcionar como mecanismo que complementa as tarefas executadas pelos humanos com potenciais ganhos de produtividade.

Gmyrek, Berg e Bescond (2023) ressaltam que a IA pode exercer ou substituir tarefas não rotineiras e é capaz de executar tarefas cognitivas, como analisar texto, redigir documentos e mensagens ou pesquisar em repositórios privados. Como consequência, essa nova onda de automação poderá se concentrar em um grupo diferente de trabalhadores, normalmente associado ao “trabalho de conhecimento”. Segundo esse estudo, o grupo ocupacional com maior parcela de tarefas expostas à tecnologia GPT seria o grupo dos empregos administrativos. Como resultado do progresso tecnológico, muitos desses empregos podem nunca surgir em países em desenvolvimento, em que tradicionalmente serviram como veículo para aumentar o emprego feminino. Para outros tipos de “trabalho de conhecimento”, a exposição seria apenas parcial, o que sugere um potencial de aumento mais forte e benefícios de produtividade, em vez de deslocamento de empregos. De modo geral, a conclusão do estudo vai no sentido de que a maioria dos empregos e indústrias são apenas parcialmente expostos à automação e, portanto, têm mais probabilidade de ser complementados do que substituídos pela IA.

Bessen (2019) lembra bem que novas tecnologias não apenas substituem o trabalho por máquinas, mas, em um mercado competitivo, reduzem os preços. Além disso, a tecnologia poderia melhorar a qualidade do produto, a personalização ou a velocidade de entrega. Todos esses processos tendem a aumentar a demanda. Se a demanda aumentar o suficiente, o emprego crescerá, mesmo que o trabalho necessário por unidade de produção diminua.

Bessen (2019) argumenta não haver evidência de que a automação de computadores ou IA tenha levado até agora a perdas significativas de empregos. Alguns estudos fizeram estimativas do impacto da tecnologia de computadores no emprego e encontraram, no mínimo, um aumento modesto no emprego após a adoção da tecnologia. Estudos adicionais podem aprofundar nossa compreensão do impacto da automação de computadores no emprego e como esse impacto difere entre ocupações e indústrias. Além disso, precisamos entender como os aplicativos de IA no futuro próximo serão diferentes daqueles do passado recente. A IA pode introduzir produtos e serviços inteiramente novos que exploram necessidades e desejos que de outra forma não seriam atendidos. Nesse caso, pode haver novas e inesperadas fontes de crescimento de emprego. A pesquisa pode ajudar a determinar a extensão da mudança nos tipos de aplicações, ocupações e indústrias afetadas por novas aplicações de IA, mas na medida em que a IA cria aplicações totalmente novas, a previsão fica mais difícil. Embora a IA possa não criar desemprego no futuro próximo, provavelmente

eliminará empregos em algumas ocupações enquanto criará novos empregos em outras. A necessidade de se retrainarem trabalhadores e de se fazer a transição destes para novas ocupações pode ser difícil, mesmo que a taxa total de emprego permaneça alta. Essa análise deixa claro que um papel fundamental das políticas públicas de mercado de trabalho é facilitar a possível migração da força de trabalho de determinadas ocupações para outros postos de trabalho.

Arntz, Gregory e Zierahn (2016) também amenizam visões que associam a automação e a digitalização a um futuro sem empregos. Essa preocupação estaria associada a abordagens que assumem que ocupações inteiras, em vez de tarefas de trabalho únicas, serão automatizadas pela tecnologia. Tal abordagem levaria a uma superestimação da automatização de empregos, já que ocupações rotuladas como de alto risco muitas vezes contêm parcela substancial de tarefas que são difíceis de automatizar. O estudo realiza uma abordagem baseada em tarefas. O resultado encontrado, em geral, é que, em média, nos 21 países da OCDE, 9% dos empregos estariam passíveis de ser automatizados. Portanto, a ameaça dos avanços tecnológicos seria muito menos pronunciada em comparação com a abordagem baseada na ocupação, embora com heterogeneidades entre os países da OCDE.

Além disso, Arntz, Gregory e Zierahn (2016) argumentam que a utilização de novas tecnologias é um processo lento, devido a obstáculos econômicos, legais e sociais, de modo que a substituição tecnológica muitas vezes não ocorre como esperado. Defendem ainda que, mesmo que novas tecnologias sejam introduzidas, os trabalhadores podem se ajustar às mudanças de dotações tecnológicas trocando de tarefas e prevenindo assim o desemprego tecnológico. Ademais, a mudança tecnológica também gera empregos adicionais por meio da demanda por novas tecnologias e por meio de maior competitividade. A conclusão do estudo é que a automação e a digitalização dificilmente destruirão grande quantidade de empregos. O desafio para o futuro seria lidarmos com a crescente desigualdade e garantirmos (re)treinamento suficiente.

O McKinsey Global Institute (2017) chama atenção que apenas pequena porcentagem de ocupações pode ser totalmente automatizada pela adaptação das tecnologias atuais, mas algumas atividades de trabalho de quase todas as ocupações poderiam ser automatizadas, ou seja, a ênfase deve ser dada nas atividades de trabalho em vez de ocupações inteiras. As ocupações são compostas de uma gama de atividades com diferentes potenciais para automação. Por exemplo, um vendedor de varejo passará algum tempo interagindo com clientes, cuidando de estoques e registrando vendas. Cada uma dessas atividades é distinta e requer diferentes capacidades para ser executada com sucesso, bem como possui distintas possibilidades de ser substituída pela automação. A estimativa apresentada pelo estudo é que menos de 5% das ocupações possam ser totalmente automatizadas, mas cerca de 60% das ocupações têm pelo menos 30% de atividades que podem ser automatizadas.

Segundo o mesmo estudo, trabalhadores altamente qualificados que laboram em estreita colaboração com a tecnologia provavelmente terão forte demanda e poderão aproveitar novas oportunidades de trabalho. Já trabalhadores de qualificação média cujas atividades

têm o maior potencial técnico para automação (atividades físicas previsíveis, coleta e análise de dados) devem buscar oportunidades de retreinamento para se preparar para mudanças em suas atividades em direção às complementares às atividades que as máquinas começarão a executar. Trabalhadores de baixa qualificação que trabalham com tecnologia poderão obter mais em termos de produção e produtividade, mas podem sofrer pressão salarial dada a oferta potencialmente grande nesse grupo. Os sistemas educacionais precisarão evoluir para um local de trabalho alterado. Para todos, desenvolver agilidade, resiliência e flexibilidade será importante em um momento em que o trabalho de todos provavelmente mudará em algum grau. Finalmente, a automação criará oportunidade para aqueles no trabalho fazerem uso das habilidades humanas inatas, as quais as máquinas têm mais dificuldade em replicar: pensamento lógico e resolução de problemas, capacidades sociais e emocionais, fornecimento de *expertise*, treinamento e desenvolvimento de outros e criatividade.

Briggs e Kodnani (2023), da Goldman Sachs, defendem que se a IAG cumprir suas capacidades prometidas, o mercado de trabalho poderá enfrentar disrupção significativa. A estimativa do referido estudo é que cerca de dois terços dos empregos atuais estariam expostos a algum grau de automação de IA, e que a IAG poderia substituir até um quarto do trabalho atual. Em nível global, a IAG poderia expor o equivalente a 300 milhões de empregos de tempo integral à automação. Contudo, os autores também ressaltam que o deslocamento de trabalhadores da automação tem sido historicamente compensado pela criação de novos empregos, e que o surgimento de novas ocupações após inovações tecnológicas é responsável pela grande maioria do crescimento do emprego a longo prazo. A combinação de economias significativas de custos de mão de obra, criação de novos empregos e maior produtividade para trabalhadores não deslocados aumenta a possibilidade de um *boom* de produtividade que eleve substancialmente o crescimento econômico.

Lexer e Scarcella (2019) analisam como enfrentar problemas relacionados às mudanças dentro dos mercados de trabalho devido à tecnologia. Chamam atenção que uma das propostas tem sido de mudanças dentro do sistema de seguridade social por meio da introdução de uma renda básica incondicional, desde que a Finlândia lançou um experimento como possível solução para essas mudanças no início de 2017. Ademais, também analisam propostas de introdução de impostos sobre robôs, que recentemente tem sido um dos pontos centrais do debate em relação à ultrapassagem de empregos tipicamente humanos pela IA e seu impacto nas finanças estatais. A argumentação vai no sentido de que sempre houve mudanças nos mercados de trabalho devido à inovação e as melhores medidas para enfrentamento dos desafios da IA também devem levar em consideração outros aspectos não diretamente relacionados aos sistemas de seguridade social e instrumentos fiscais. Conforme apontado pela OCDE, as preocupações reais devem focar nos nossos programas educacionais, em preparar as habilidades necessárias da força de trabalho na economia do século XXI. Ademais, um imposto sobre robôs poderia ser algo prejudicial à inovação e ao desenvolvimento tecnológico, com impactos negativos sobre o crescimento econômico.

Ernst *et al.* (2019) chamam atenção que a onda atual de aplicações baseadas em IA pode ser a maior e mais abrangente mudança tecnológica observada nas últimas décadas, tendo em vista que essa nova tecnologia pode ser aplicada a grande variedade de setores e ocupações, independentemente do nível de habilidade da força de trabalho envolvida. Essa mudança cria um medo amplamente compartilhado de perda de emprego e controle sobre a vida das pessoas. Experiências anteriores com automação, em particular decorrentes da robotização nas últimas três décadas, parecem sugerir que essa nova onda de mudança tecnológica pode trazer desafios significativos, especialmente para países em desenvolvimento que enfrentam tanto a automação quanto a realocação de tarefas existentes e, portanto, perdem sua vantagem de custos de mão de obra mais baixos que estavam sustentando seu modelo de desenvolvimento no passado recente.

Contudo, os mesmos autores argumentam que há oportunidades significativas decorrentes dessas novas tecnologias baseadas em IA, mesmo para países em desenvolvimento, e que os riscos, em vez de estar do lado das perdas de empregos, estão ligados ao agravamento das desigualdades de renda, tanto dentro dos países quanto entre os países. A natureza digital particular da IA facilita sua difusão, mas cria grandes vantagens de pioneirismo que podem contribuir para aumento ainda maior da concentração e da desigualdade do mercado. Ao mesmo tempo, sua versatilidade e sua natureza de propósito geral permitem a criação de sistemas especialistas que são potencialmente benéficos em uma ampla gama de ocupações, mesmo entre as pouco qualificadas ou pouco produtivas. Para que as oportunidades excedam os riscos, no entanto, as políticas precisam ser ajustadas tanto em nível nacional quanto internacional.

Os formuladores de políticas e parceiros sociais precisariam garantir que empresas individuais não possam ganhar domínio de mercado. Além disso, iniciativas existentes, como aquelas empreendidas por parceiros sociais na economia de plataforma, precisam ser desenvolvidas ainda mais e implementadas de forma mais ampla. No nível internacional, uma melhor partilha dos benefícios da nova economia digital, possivelmente por meio de ajustes em tratados internacionais, também será necessária para se evitar que as empresas digitais minem a base de receita fiscal de um país. Finalmente, propostas de políticas de longa data para uma economia global mais justa devem ganhar vida nova à luz das recompensas econômicas significativas que as inovações baseadas em IA prometem. De qualquer forma, dada a novidade dessa inovação tecnológica, serão necessárias observação e monitorização contínuas das suas aplicações e impactos, tanto por atores nacionais quanto internacionais. Como a tecnologia está evoluindo rapidamente, novos riscos e oportunidades podem surgir, o que exigirá ajustes regulatórios constantes para se garantir que os rendimentos tecnológicos sejam amplamente compartilhados.

Agrawal *et al.* (2019) coloca a questão do impacto no mercado de trabalho questionando se as máquinas podem fazer o que os humanos fazem, então ainda haverá trabalho para os humanos no futuro? Contudo, a resposta vai na direção que enfatiza a mudança tecnológica como um aumento na riqueza para a sociedade. Apesar disso, o impacto da IA na sociedade

dependerá de como o aumento da renda gerada será distribuído. Os GPT mais recentes a se difundir podem levar ao aumento da desigualdade devido ao viés de habilidade e à maior participação de capital. No longo prazo, a sociedade provavelmente será mais rica, não menos.

Em Agrawal *et al.* (2019) também há discussões de como a IA muda a natureza do trabalho. Ela e a robótica substituem os trabalhadores em tarefas que estes realizavam anteriormente e, por meio desse canal, criam um poderoso efeito de deslocamento, o que leva a menor participação do trabalho na produção econômica. Ao mesmo tempo, a produtividade aumentará e o capital se acumulará, aumentando assim a demanda por trabalho. Haveria a criação de novas tarefas, funções e atividades nas quais o trabalho tem vantagem comparativa em relação às máquinas. A criação de novas tarefas geraria um efeito de reintegração que contrabalançaria diretamente o efeito de deslocamento.

O Fórum Econômico Mundial prevê que a IA e a automação poderiam criar 133 milhões de novos empregos, especialmente em áreas como análise de dados, engenharia de IA e desenvolvimento de *software* (WEF, 2018).

De modo geral, estimativas baseadas em tarefas que podem ser substituídas pela IAG mostram que a automação substitui menos ocupações do que estimativas baseadas diretamente em ocupações, pois vale lembrar que uma ocupação é composta de várias tarefas passíveis ou não de substituição. Além disso, é necessária uma visão de equilíbrio geral que leve em consideração que a IAG tende a criar novas ocupações e maiores ganhos de produtividade, que podem gerar crescimento econômico e, conseqüentemente, favorecer a geração de empregos formais, não prejudicá-la.

Nesse contexto, parece correto esperarmos que a IA leve a uma migração da força de trabalho de antigas para novas ocupações e, portanto, o papel da política pública deve ser o de facilitar esse processo de realocação da mão de obra. Como na maioria dos casos, há benefícios, custos e riscos envolvidos nesse processo, assim as políticas públicas devem agir no sentido de se minimizarem os custos/riscos e se maximizarem os benefícios e vantagens trazidos pela IAG. De qualquer forma, deveria ser claro que se trata de mudança inevitável. A qualificação da mão de obra para aproveitamento das vantagens da IA pode ser, também, um componente importante para garantia de maior competitividade da economia brasileira nesse cenário de economia globalizada.

Além da questão dos impactos da IAG no mercado de trabalho, há necessidade de um debate a respeito da regulamentação dessa tecnologia. Não adianta tentar-se coibir ou vedar sua utilização, mas, efetivamente, há necessidade de alguma regulamentação a respeito do uso de ferramentas de IA.

### 3. PREVIDÊNCIA SOCIAL NO CONTEXTO DA TRANSFORMAÇÃO DEMOGRÁFICA E IA

Existe profunda conexão entre mercado de trabalho e previdência social. Em princípio, quanto menor for a taxa de participação de pessoas em idade de trabalhar e quanto maiores forem o desemprego e a informalidade, maior tende a ser a desproteção previdenciária e menor a base de financiamento. De forma inversa, quanto maior for a taxa de participação da população em idade ativa e menores forem a informalidade e o desemprego, maiores a cobertura previdenciária e a base de financiamento da previdência social.

Por essas conexões entre mercado de trabalho e previdência, os possíveis impactos da IAG no mundo laboral podem, de forma indireta, ter repercussões na previdência social. Além dos desafios da transformação tecnológica, a sociedade brasileira também enfrenta profunda transformação demográfica, com rápido e intenso envelhecimento populacional que pressiona fortemente a seguridade social, tendo em vista que essa conjunção de fatores tende a incrementar, de forma acelerada, os gastos com previdência, saúde e assistência social no país.

Costanzi e Ansiliero (2024) mostraram que, para o Brasil em 2022, de uma população de cerca de 129,5 milhões de pessoas em idade tradicional de trabalhar, apenas 58,9 milhões eram contribuintes da previdência, ou seja, menos da metade do total (45,5%). Assim, complementarmente, 70,7 milhões de trabalhadores que não contribuíam para a previdência (55,5% do total) em razão de estarem fora da força de trabalho, desempregados ou na informalidade. Esse dado mostra a necessidade de incremento das taxas de participação no mercado de trabalho, em especial das mulheres, bem como de políticas que reduzam de forma estrutural tanto o desemprego quanto a informalidade no país.

*A priori*, como discutido na seção anterior, parece um certo exagero atribuir-se à IAG a possibilidade de geração de desemprego em massa; Portanto, também tende a ser exacerbado o temor de que essa nova forma do desenvolvimento tecnológico venha a criar prejuízos mais estruturais ao financiamento da previdência. Na realidade, atualmente, a fragilidade do financiamento do Regime Geral de Previdência Social (RGPS) está muito vinculada à previdência rural e ao microempreendedor individual (MEI), que são esquemas quase não contributivos e representam parcela relevante dos segurados do RGPS.

Nesse sentido parece mais importante, no presente momento, a preocupação com a correção dos riscos ao financiamento vinculado ao MEI e ao segurado especial, bem como com a preparação para o rápido e intenso envelhecimento populacional, do que propriamente com o temor dos impactos da IA.

De qualquer forma, os sistemas de previdência social precisam adaptar-se a um mundo em que a natureza do trabalho está mudando. Políticas que incentivem a requalificação e a transição para novas formas de emprego serão essenciais para garantir a viabilidade dos sistemas previdenciários. Essa linha de pensamento indica que não necessariamente as transformações decorrentes da IAG ou qualquer mudança tecnológica que tenha impactos no mercado

de trabalho devem ser tratadas com mudanças diretas na seguridade social, mas podem demandar mudanças nas políticas de educação, no mercado de trabalho, na qualificação profissional e na regulamentação.

O processo de envelhecimento também terá impactos na estrutura demográfica da própria força de trabalho brasileira. No atual contexto de economia globalizada e frenético ritmo de desenvolvimento tecnológico, será fundamental a adoção de políticas do tipo *lifelong learning*, em que se exige o contínuo retreinamento da força de trabalho para se lidar com as novas tecnologias vinculada à IAG.

A regulamentação do mercado de trabalho para se adequar às transformações tecnológicas também deverá ter papel importante nesse contexto de profundas mudanças no mundo laboral em função da tecnologia. Um exemplo claro da importância dessa regulamentação é o caso dos trabalhadores de plataformas ou de aplicativos de transporte de passageiros e entrega de mercadorias e refeições. Até o presente momento, não apenas o Brasil, mas muitos outros países ainda não conseguiram estabelecer uma regulamentação para esse grupo de trabalhadores que consiga conciliar flexibilidade e proteção social sustentável. Assim, boa parcela desses trabalhadores ainda exerce essas atividades sem proteção previdenciária.

Na verdade, os sistemas de previdência social já enfrentam um desafio gigantesco devido ao rápido e intenso processo de envelhecimento populacional. Quanto a isso, destaca-se o forte incremento da população idosa, que é o grupo etário com maior participação entre os beneficiários da previdência, de forma concomitante à redução da população em idade mais tradicional de trabalhar, que deve resultar, *ceteris paribus*, na queda do total de contribuintes. De acordo com estimativa de Costanzi e Ansiliero (2024), a relação de contribuintes por beneficiário de aposentadoria, pensão e BPC/LOAS, atualmente em torno de 2 para 1, deve cair para 1 para 1 já em meados da década de 2050. Em 2060, em um cenário sem reforma, haveria mais beneficiários que contribuintes (Costanzi e Ansiliero, 2024, p. 21).

De acordo com projeção demográfica do IBGE de 2024, a população de pessoas com 60 anos ou mais de idade no Brasil, hoje de 35,4 milhões, irá crescer nos próximos 30 anos (até 2055) até o patamar de 69,7 milhões. Portanto, a população idosa irá praticamente dobrar nas próximas 3 décadas, assim como sua participação na população total, que passará de 16,6% para 32,3% no referido período. Até 2070, a população idosa irá atingir 75,3 milhões, ou 37,8% do total.

Outra forma de vermos esse impressionante incremento é notar que nos próximos 30 anos a população idosa vai crescer, em média, 1,14 milhão de pessoas por ano. Essa relevante mudança demográfica tem profundos impactos econômicos e sociais, bem como cria a necessidade de profundas mudanças nas políticas públicas. O envelhecimento irá pressionar fortemente os gastos da seguridade social, tanto previdenciários quanto também na área da saúde e da assistência social. Mais que isso, o rápido e intenso envelhecimento populacional, embora seja algo a ser comemorado como resultado do incremento da expectativa de vida e, também, da queda na fecundidade, demanda um planejamento de médio e longo prazos que não costuma ser feito no Brasil, quase sempre focado no curto prazo.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como colocado ao longo do presente artigo, o desenvolvimento tecnológico vinculado à IAG tem gerado temores de substituição em massa do trabalho humano que poderia aumentar de forma significativa o desemprego e, conseqüentemente, representar grave prejuízo ao financiamento da previdência social. Apesar da disseminação de visões catastrofistas em relação à IAG, esse debate não difere, em algum grau, do que ocorreu no passado em outras ondas de desenvolvimento tecnológico. Na realidade, como argumentado neste artigo, a visão mais realista é que, se por um lado a IAG pode gerar destruição de postos de trabalho pela automação, por outro lado essa nova tecnologia também gera novas ocupações e novos empregos, bem como permite ganhos de produtividade que estimulam o crescimento econômico que, por sua vez, favorece a geração de empregos formais. Por essa razão, da mesma forma como ocorreu no passado, quando novas tecnologias não geraram um futuro sem empregos, não há razões para acreditarmos que isso venha ocorrer no futuro próximo com a IA.

Ademais, há estudos que focam, de forma não ideal, na substituição de ocupações como um todo, sem considerar que na realidade qualquer ocupação é composta por vários tipos de tarefas, e, provavelmente, algumas podem ser passíveis de substituição pela IA, mas não necessariamente todas. Por essa razão, quando a análise foca nas tarefas, normalmente se chega a estimativas mais limitadas sobre as possibilidades de substituição e/ou automação. Apenas uma pequena porcentagem de ocupações poderia ser totalmente automatizada pela adaptação das tecnologias atuais, mas algumas atividades de trabalho de quase todas as ocupações poderiam ser automatizadas. Ou seja, em muitos casos não haveria substituição integral de trabalhadores humanos pela IA, mas ao contrário, em muitas ocupações a IA poderia ser complementar ao trabalho humano, com ganhos de produtividade e crescimento econômico sustentando.

A IA cria oportunidades e riscos. Embora existam benefícios advindos da IAG, com possibilidade de ganhos de produtividade e maior crescimento econômico, existem também riscos que devem ser minimizados. A IA efetivamente tende a criar uma realocação de mão de obra que, em especial no curto prazo, pode efetivamente deslocar parcela da força de trabalho e, caso não complementada com políticas adequadas de qualificação profissional, pode haver incremento da desigualdade.

Como aqui mostrado, há estudos que defendem que o impacto mais importante da tecnologia pode ser o aumento do trabalho – pela automatização de algumas tarefas dentro de uma ocupação que propicia tempo disponível para outras tarefas – em oposição à automação total das ocupações. Em países de baixa renda, apenas 0,4% do emprego total seria potencialmente exposto aos efeitos da automação, enquanto em países de alta renda essa parcela sobe para 5,5%. Portanto, embora a IA possa substituir o trabalho humano em alguns casos, em vários outros pode funcionar como mecanismo que complementa as tarefas executadas pelos humanos com potenciais ganhos de produtividade.

De qualquer forma, deveria ficar claro que a IAG é uma mudança inevitável. Evitar essa realidade só representaria perda de oportunidades em termos de produtividade e crescimento econômico, bem como poderia resultar em inserção menos favorável da economia brasileira no mundo globalizado. Tendo em vista que se trata de uma mudança inevitável, a melhor estratégia é adaptar-se da melhor e mais rápida forma a essa nova revolução tecnológica. Claro, contudo, que não há previsão exata de até onde essa nova IAG pode chegar, o que torna mais complicado fazerem-se previsões a respeito dos seus impactos futuros. Até por isso, é importante o monitoramento contínuo de seus efeitos no mercado de trabalho e na sociedade como um todo, na busca por regulamentações que permitam minimização dos riscos, sem criação de entraves ao processo de inovação tecnológica.

Já os impactos da IA na previdência tendem a ser indiretos e decorrentes das transformações no mundo do trabalho. Dado que não se pode esperar desemprego em massa por conta da IAG, em princípio não se deve temer um prejuízo mais estrutural ao financiamento dos sistemas de proteção social. Na realidade, talvez o maior desafio que a previdência no Brasil enfrente atualmente seja o rápido e intenso processo de envelhecimento populacional, para o qual o país não está se planejando da forma adequada.

A IA está moldando o futuro do trabalho e, conseqüentemente, da própria previdência social. Embora apresente desafios significativos, também oferece oportunidades para inovação e criação de novos empregos. O papel da política pública tem que ser de maximizar as oportunidades trazidas pela IAG e de minimizar os riscos, bem como qualificar a força de trabalho brasileira para aproveitar ao máximo os ganhos potenciais dessa nova onda tecnológica. Nesse contexto, o diálogo entre governos, empresas e sociedade civil será fundamental para garantir que a transição para uma economia mais automatizada seja justa e inclusiva.

## REFERÊNCIAS

AGRAWAL, Ajay; GANS, Joshua; GOLDFARB, Avi (ed.). **The economics of artificial intelligence: an agenda**. Chicago: University of Chicago Press, 2019.

ARNTZ, Melanie; GREGORY, Terry; ZIERAHN, Ulrich. **The risk of automation for jobs in OECD countries: a comparative analysis**. Paris: OECD Publishing, 2016. (OECD Social, Employment and Migration Working Papers, n. 189). Disponível em: <https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>. Acesso em: 18 mar. 2026.

BESSEN, James E. **AI and jobs: the role of demand**. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2019. (NBER Working Paper, n. 24235)..

BRIGGS, Joseph; KODNANI, Devesh. **The potentially large effects of artificial intelligence on economic growth**. [S. l.]: Goldman Sachs, 2023. (Global Economics Analyst).

COSTANZI, Rogério Nagamine; ANSILIERO, Graziela. **Evolução e projeção de longo prazo de contribuintes e beneficiários e implicações para o financiamento da previdência social**. Rio de Janeiro: Ipea, 2024. (Texto para Discussão, n. 2988). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.38116/td2988-port>. Acesso em: 25 abr. 2025.

GYMYREK, Paweł; BERG, Janine; BESCOND, David. **Generative AI and jobs**: a global analysis of potential effects on job quantity and quality. Genebra: International Labour Organization, 2023. (ILO Working Paper, n. 96). Disponível em: <https://doi.org/10.54394/FHEM8239>. Acesso em: 18 mar. 2026.

LEXER, Michaela; SCARCELLA, Luisa. Artificial intelligence and labor markets: A critical analysis of solution models from a tax law and social security law perspective. **Rivista italiana di informatica e diritto**, [s. l.], n. 1, v. 1, p. 53-73, 2019. DOI: <https://doi.org/10.32091/RIID0004>. Acesso em: 11 mar. 2026.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **A future that works**: automation, employment, and productivity. [S. l.]: McKinsey & Company, 2017.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **The economics of artificial intelligence**: implications for the future of work. Genebra: OIT, 2018. (ILO Research Paper Series, n. 5).

WORLD ECONOMIC FORUM. **The future of jobs report 2018**. Geneva: WEF, 2018.



CENTRO DE ESTUDOS E  
DEBATES ESTRATÉGICOS



edições **câmara**  
ESTUDOS & DEBATES



Consultoria  
Legislativa

