



**Inteligência Artificial
e suas Implicações
Econômicas**



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SUAS IMPLICAÇÕES ECONÔMICAS¹

Silvio Meira

Fundador e Cientista-Chefe, TDS.company, TIME Advisor na LEFIL Company, Professor Extraordinário na cesar.school e Distinguished Research Fellow, Asia School of Business.

Carlos A. Primo Braga

Professor Associado, Fundação Dom Cabral e ex-diretor, Política Econômica e Dívida, Banco Mundial.

¹ Este artigo se baseia em Primo Braga (2023a, 2023b, 2024a, 2024b), Primo Braga e Meira (2024), Meira et al. (2023), Meira (2024a, 2024b).

Ficha técnica

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SUAS IMPLICAÇÕES ECONÔMICAS

AUTORES

Silvio Meira
Carlos A. Primo Braga

COORDENAÇÃO DA INICIATIVA IMAGINE BRASIL

Aldemir Drummond
Paulo de Tarso Almeida Paiva
Viviane Barreto de Azevedo Lamego

PRODUÇÃO DO LIVRO

Felipe Lopes
Nicole Santana

PROJETO GRÁFICO

Criação&Design
Valéria Sigaud – Designer Gráfico
Euler Rios – Coordenador

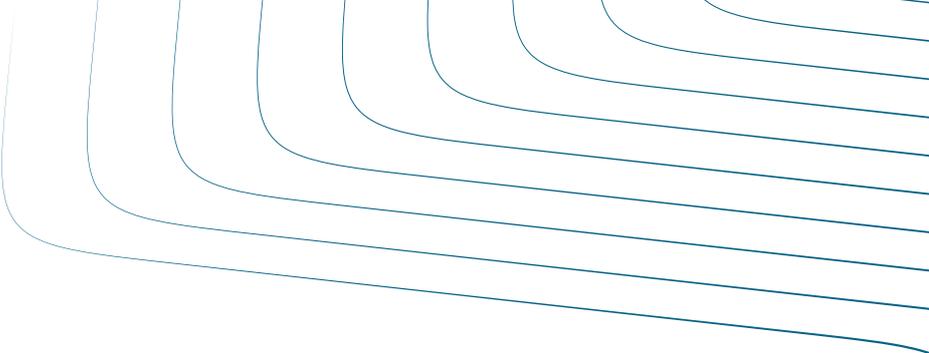
UMA PRODUÇÃO DA FUNDAÇÃO DOM CABRAL

As opiniões expressas neste material são de responsabilidade de seus autores. Não refletem necessariamente a opinião da Fundação Dom Cabral. É permitida a reprodução dos conteúdos, desde que citada a fonte.

FALE COM A IMAGINE BRASIL

imaginebrasil@fdc.org.br
0800 941 9200





Sumário

1. Introdução	5
2. Evolução da IA: do Conceito à Realidade	7
3. Avanços Recentes e Estado da Arte	10
3.1 Grandes Modelos de Linguagem (LLMs).....	10
3.2 Aplicações Práticas dos LLMs	11
3.3 Visão Computacional e Geração de Imagens.....	11
3.4 Desafios e Limitações Atuais	12
3.4.1 Infraestrutura Computacional e Consumo de Energia	12
3.4.2 Viés, “Fairness” e Interpretabilidade.....	13
3.4.3 Escassez de Talentos	13
3.5 Perspectivas Futuras e Tendências Emergentes	14
3.5.1 IA Multimodal e Embodied AI	14
3.5.2 IA Federada e Descentralizada	15
3.5.3 IA Neurosimbólica	15
3.5.4 IA Quântica.....	16
3.5.5 IA Ética e Responsável.....	16
3.5.6 Rumo à IA Geral e Transformadora	17

4. Implicações Econômicas	19
4.1 IA e Produtividade	19
4.1.1 Perspectiva Tecno-otimista	20
4.2 Perspectivas Céticas	20
4.3 Evidências Empíricas Emergentes	21
4.4 IA e o Mercado de Trabalho	21
4.4.1 Estimativas de Deslocamento de Empregos	21
4.4.2 Transformação de Ocupações	22
4.4.3 IA e Distribuição de Renda	22
4.4.4 IA e Organização Industrial	23
4.4.5 IA e Propriedade Intelectual	23
5. O caso do Brasil: Presente e Futuro	25
5.1 Cenário Atual da IA no Brasil	26
5.2 Desafios para a Adoção de IA no Brasil	27
5.2.1 Oportunidades para o Brasil	28
5.2.2 Impacto no Mercado de Trabalho Brasileiro	28
6. A Nova Estratégia Brasileira de IA: Análise e Potencial	31
6.1 Potencial para Inovação e Competitividade Nacionais	32
6.2 Desafios e Considerações Críticas	34
6.3 Impacto no Mercado de Trabalho e na Economia	35
6.4 Considerações Finais e Recomendações	36
7. Considerações Finais	38
Referências	43



1. Introdução

Avanços tecnológicos têm sido catalisadores de transformações profundas nas sociedades humanas ao longo da história. Desde a revolução agrícola, passando pela invenção da imprensa, até as revoluções industriais, a tecnologia tem contribuído para redefinir as estruturas econômicas e sociais. Na atualidade, estamos testemunhando uma nova revolução tecnológica centrada na Inteligência Artificial (IA), que promete impactos sem precedentes em escala e velocidade.

A IA, em sua iteração atual, está emergindo como uma força transformadora na economia global, com potencial para revolucionar indústrias, remodelar mercados de trabalho e redefinir paradigmas de produtividade. Diferentemente de tecnologias anteriores, a IA não se limita a automatizar tarefas físicas, mas adentra o domínio das atividades cognitivas, tradicionalmente consideradas exclusivas dos seres humanos.

O entusiasmo gerado por essas inovações na área da informática é acompanhado por indagações a respeito das suas implicações para o mercado de trabalho, a produtivida-

de econômica e a distribuição de renda, bem como as suas consequências geopolíticas, éticas e legais. A rapidez com que a IA está evoluindo e sendo adotada levanta questões cruciais sobre como as sociedades e economias se adaptarão a essas mudanças.

Este artigo examina criticamente a trajetória da IA, desde os seus primórdios conceituais até as suas manifestações mais recentes, como os grandes modelos de linguagem (LLMs). Buscaremos analisar as perspectivas futuras dessa tecnologia e, crucialmente, suas implicações econômicas, com um foco particular nos desafios e oportunidades para o Brasil.

Nossa análise se baseia em uma revisão da literatura acadêmica e relatórios de indústria, complementada por observações empíricas das tendências atuais. Abordaremos questões como o impacto da IA na produtividade, as transformações no mercado de trabalho, as mudanças na estrutura industrial e os desafios para os sistemas de propriedade intelectual.

Ao longo do texto, daremos atenção especial ao contexto brasileiro, examinando como o país se posiciona nessa revolução tecnológica e quais estratégias podem ser adotadas para maximizar os benefícios e mitigar os riscos associados à IA.

Este estudo não pretende oferecer previsões definitivas sobre o futuro da IA, mas sim um quadro analítico para compreender as complexidades e nuances desse fenômeno tecnológico e suas ramificações econômicas. Nosso objetivo é contribuir para um debate informado sobre como podemos moldar o desenvolvimento e a implementação da IA de maneira que beneficie amplamente a sociedade, preservando valores humanos fundamentais e promovendo um crescimento econômico inclusivo e sustentável.



2. Evolução da IA: do Conceito à Realidade

A história moderna da Inteligência Artificial tem suas raízes em meados do século XX, embora o fascínio humano por máquinas inteligentes remonte a tempos muito mais antigos (Zarkadakis, 2015). O matemático britânico Alan Turing, considerado um dos pioneiros da computação moderna, lançou as bases conceituais para a IA. Em 1935, Turing introduziu o conceito de uma máquina universal de computação, que mais tarde ficaria conhecida como a Máquina de Turing, estabelecendo os fundamentos teóricos para a computação moderna.

Durante a Segunda Guerra Mundial, o trabalho de Turing em Bletchley Park, que levou à quebra dos códigos da máquina alemã Enigma, aprofundou suas reflexões sobre a inteligência de máquinas. Em 1948, em um relatório intitulado "Intelligent Machinery", Turing descreveu alguns dos conceitos centrais que viriam a ser fundamentais para o desenvolvimento da IA (Copeland, 2004).

Um marco significativo na história da IA foi o artigo de Turing publicado em 1950 na revista *Mind*, no qual ele propôs o que ficaria conhecido como o "Teste de Turing". Esse teste propunha uma forma prática de avaliar se uma máquina poderia exibir comportamento inteligente indistinguível de um ser humano (Turing, 1950).

O termo "inteligência artificial" foi oficialmente cunhado em 1956, durante a histórica Conferência de Dartmouth. Organizada por John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon, essa conferência marcou o nascimento da IA como um campo de estudo distinto. O objetivo ambicioso da conferência era explorar como "cada aspecto da aprendizagem ou qualquer outra característica da inteligência pode, em princípio, ser tão precisamente descrito que uma máquina pode ser feita para simulá-lo" (McCarthy *et al.*, 1955).

As décadas seguintes viram o desenvolvimento de várias abordagens para a IA. Os primeiros sistemas de IA baseavam-se em "sistemas especialistas", que utilizavam regras lógicas predefinidas para tomar decisões em domínios específicos. Esses sistemas tiveram sucesso em áreas como diagnóstico médico e jogos de tabuleiro, mas se mostraram limitados em lidar com a complexidade e ambiguidade do mundo real.

A evolução da IA foi marcada por ciclos de otimismo e "invernos da IA", períodos de redução de financiamento e interesse devido a expectativas não atendidas. No entanto, avanços em poder computacional e disponibilidade de dados levaram a um ressurgimento do interesse na IA a partir dos anos 2000.

Um ponto de inflexão ocorreu com o desenvolvimento de técnicas de aprendizado de máquina, particularmente o aprendizado profundo baseado em redes neurais artificiais. Essas técnicas permitiram que os sistemas de IA aprendessem padrões complexos a partir de grandes volumes de dados, sem a necessidade de programação explícita de regras.

Marcos recentes na evolução da IA incluem a vitória do sistema AlphaGo da DeepMind sobre o campeão mundial de Go em 2016, demonstrando a capacidade da IA de superar humanos em tarefas de extrema complexidade (Silver *et al.*, 2017). Outro avanço significativo

foi o desenvolvimento de grandes modelos de linguagem (LLMs), como o GPT (Generative Pre-trained Transformer) da OpenAI.

O lançamento do ChatGPT em novembro de 2022 marcou um momento de inflexão na percepção pública da IA. Esse sistema, baseado no modelo GPT-3.5, demonstrou uma capacidade sem precedentes de gerar texto coerente e contextualmente relevante em resposta a uma ampla gama de *prompts*. O ChatGPT atingiu 100 milhões de usuários em apenas dois meses, tornando-se a aplicação de consumo com adoção mais rápida na história (Milmo, 2023).

A rápida evolução dos LLMs é ilustrada pela progressão dos modelos GPT. O GPT-1, lançado em 2018, tinha cerca de 117 milhões de parâmetros. O GPT-2, em 2019, expandiu para 1,5 bilhão de parâmetros. O GPT-3, lançado em 2020, deu um salto quântico para 175 bilhões de parâmetros. Estima-se que o GPT-4, lançado em 2023, tenha mais de 1 trilhão de parâmetros (Brown *et al.*, 2020; OpenAI, 2023).

Essa evolução exponencial em escala e capacidade dos modelos de IA levanta questões sobre o potencial de atingirmos o limiar de uma IA Geral (Artificial General Intelligence, AGI) capaz de realizar qualquer tarefa intelectual que um ser humano possa fazer. Embora ainda haja debate sobre quando (ou se) a AGI será alcançada, há um consenso crescente de que estamos nos aproximando do limiar da IA Transformadora, que terá impactos disruptivos significativos na economia e na sociedade (Dafoe, 2018).

A trajetória da IA, de conceitos teóricos a sistemas cada vez mais capazes e ubíquos, ilustra não apenas o progresso tecnológico, mas também as mudanças nas nossas concepções sobre inteligência, cognição e o próprio papel da tecnologia na sociedade. À medida que a IA continua a evoluir, ela promete remodelar fundamentalmente nossas economias, instituições sociais e a própria natureza do trabalho humano.



3. Avanços Recentes e Estado da Arte

3.1 Grandes Modelos de Linguagem (LLMs)

Os LLMs representam um dos avanços mais significativos na IA contemporânea. Modelos como GPT-4 da OpenAI, PaLM da Google, e Claude da Anthropic têm demonstrado capacidades notáveis em uma ampla gama de tarefas linguísticas (Brown *et al.*, 2020; Chowdhery *et al.*, 2022).

O GPT-4, por exemplo, demonstrou habilidades que se aproximam ou superam o desempenho humano em várias tarefas complexas. Em testes padronizados, como o exame de admissão à Ordem dos Advogados dos EUA, o GPT-4 superou 90% dos candidatos humanos (OpenAI, 2023). Além disso, o modelo demonstrou capacidades multimodais, podendo processar tanto texto quanto imagens como entrada.

3.2 Aplicações Práticas dos LLMs

Os LLMs estão sendo aplicados em uma variedade de domínios:

- 1. Assistentes de Programação:** Ferramentas como o GitHub Copilot, baseado em modelos de IA, estão transformando o desenvolvimento de *software*. Um estudo da GitHub mostrou que os desenvolvedores que usam o Copilot completam tarefas de codificação 55% mais rápido do que aqueles que não o usam (GitHub, 2022).
- 2. Pesquisa Científica:** LLMs estão sendo usados para acelerar a descoberta científica. Por exemplo, o AlphaFold da DeepMind revolucionou a previsão de estruturas de proteínas, uma tarefa crucial para o desenvolvimento de medicamentos (Jumper *et al.*, 2021).
- 3. Aprendizado Adaptativo em Sistemas de Realidade Mista:** A implementação de IA adaptativa em sistemas de aprendizado de realidade mista está proporcionando melhorias significativas no ensino de conceitos científicos. Um estudo recente demonstrou que a adaptabilidade, quando aplicada em estações de ciência inteligentes, melhora o aprendizado de princípios científicos ao permitir que as atividades de ensino se ajustem dinamicamente ao progresso e às necessidades específicas dos alunos. Esse tipo de abordagem não só acelera a compreensão, mas também mantém o engajamento e a motivação dos estudantes, resultando em uma experiência de aprendizado mais eficaz (Yannier *et al.*, 2024).

3.3 Visão Computacional e Geração de Imagens

Avanços em visão computacional e geração de imagens estão expandindo as fronteiras da criatividade e análise visual:

- 1. Geração de Imagens:** Modelos como DALL-E 2 da OpenAI e Midjourney estão transformando profundamente o campo da criação de arte e *design*. Estudos mostram que

as imagens geradas por esses modelos são cada vez mais difíceis de se distinguir de fotografias reais. Por exemplo, um estudo realizado por Nightingale e outros demonstrou que observadores humanos tiveram dificuldades em diferenciar imagens geradas por IA de fotos autênticas em contextos específicos, destacando o nível avançado de realismo alcançado por essas tecnologias (Nightingale *et al.*, 2022).

- 2. Análise Médica:** Sistemas de IA para análise de imagens médicas estão atingindo ou superando o desempenho de radiologistas experientes em certas tarefas. Por exemplo, um sistema de IA desenvolvido pela Google Health demonstrou maior precisão do que radiologistas humanos na detecção de câncer de mama em mamografias (McKinney *et al.*, 2020).

3.4 Desafios e Limitações Atuais

3.4.1 Infraestrutura Computacional e Consumo de Energia

O treinamento e a execução de modelos de IA de larga escala exigem recursos computacionais substanciais, gerando preocupações sobre sustentabilidade e acessibilidade:

- 1. Demanda por Hardware Especializado:** A corrida por capacidade computacional está levando a investimentos massivos em *hardware* especializado. A Meta, por exemplo, está investindo US\$ 10,5 bilhões em GPUs NVIDIA H100 (Prickett Morgan, 2024). Isso cria barreiras significativas de entrada e pode levar a uma concentração de poder econômico no setor de IA.
- 2. Impacto Ambiental:** O consumo de energia associado ao treinamento de grandes modelos de IA é substancial. Strubell *et al.* (2019) estimaram que o treinamento de um único modelo de processamento de linguagem natural de grande escala pode emitir até 300.000 kg de dióxido de carbono. Para contextualizar, isso é equivalente às emissões de 5 carros ao longo de suas vidas úteis.

- 3. Iniciativas de IA Verde:** Em resposta a essas preocupações, há um movimento crescente em direção à "IA Verde". Empresas como a DeepMind estão usando IA para otimizar o consumo de energia em *data centers*, reduzindo o uso de energia para resfriamento em até 40% (DeepMind, 2023).

3.4.2 Viés, "Fairness" e Interpretabilidade

A questão do viés em sistemas de IA continua sendo um desafio significativo:

- 1. Viés em Datasets:** Um estudo do MIT Media Lab encontrou taxas de erro de até 34% para classificação de imagens de mulheres de pele escura em sistemas de reconhecimento facial comerciais, comparado com taxas de erro de 0,8% para homens de pele clara (Buolamwini; Gebru, 2018).
- 2. Esforços de Mitigação:** Iniciativas como o "AI Fairness 360" da IBM estão desenvolvendo ferramentas para detectar e mitigar viés em sistemas de IA (Bellamy et al. , 2018).
- 3. Desafios de Interpretabilidade:** A natureza "caixa-preta" de muitos modelos de IA avançados cria desafios para sua adoção em setores regulados. Um estudo da DARPA mostrou que apenas 25% dos sistemas de IA analisados ofereciam explicações satisfatórias para suas decisões (Gunning; Aha, 2019).

3.4.3 Escassez de Talentos

A demanda por profissionais de IA continua superando significativamente a oferta:

- 1. Crescimento da Demanda:** A demanda por profissionais de IA está crescendo rapidamente, mas a oferta não acompanha o ritmo necessário para atender às necessidades do mercado. De acordo com o "Future of Work Report" de novembro de 2023, o número de visualizações e candidaturas para empregos relacionados à IA aumentou significativamente, refletindo um crescimento global do interesse em cargos nessa área. No entanto, a escassez de talentos especializados permanece um desafio, exacerbado

pelo rápido avanço das tecnologias de IA que exigem habilidades específicas (LinkedIn, 2023).

- 2. Disparidade Global:** A concentração de talentos em IA é marcadamente desigual ao redor do mundo, com a maioria dos pesquisadores de ponta concentrados em um número limitado de países e cidades. De acordo com um estudo que mapeia os principais *hubs* globais de talentos em IA, os Estados Unidos dominam a cena, abrigando uma porcentagem significativa dos pesquisadores mais influentes. Cidades como São Francisco, Nova York e Boston são centros nevrálgicos dessa concentração. Além dos EUA, outros polos importantes incluem Londres, no Reino Unido, e Toronto, no Canadá, o que destaca uma concentração de expertise em um número restrito de locais, contribuindo para o "brain drain" em várias outras regiões do mundo. Empresas chinesas usando modelos *open-source* de IA (por exemplo, Qwen da Alibaba) vêm, no entanto, aumentando a competição entre LLMs (Yang, 2024).

3.5 Perspectivas Futuras e Tendências Emergentes

3.5.1 IA Multimodal e Embodied AI

A integração de múltiplas modalidades de dados está abrindo novas fronteiras na IA.

- 1. Sistemas Multimodais:** Modelos como o GPT-4 e Gemini estão demonstrando capacidades de processar e gerar múltiplos tipos de dados (texto, imagem, áudio) de forma integrada (Team Gemini, 2023).
- 2. Embodied AI:** Há um crescente interesse em sistemas de IA que podem interagir fisicamente com o mundo. Por exemplo, o projeto Dactyl da OpenAI demonstrou um sistema robótico capaz de manipular objetos com destreza comparável à humana (OpenAI, 2023).

3.5.2 IA Federada e Descentralizada

Para abordar preocupações com privacidade e escalabilidade, técnicas de aprendizado federado estão ganhando tração:

- 1. Preservação de Privacidade:** O Google está implementando aprendizado federado em seus produtos móveis, permitindo melhorias nos modelos de IA sem a necessidade de centralizar dados sensíveis dos usuários (McMahan *et al.*, 2017).
- 2. Aplicações em Saúde:** Um consórcio de hospitais nos EUA está usando aprendizado federado para treinar modelos de IA em dados de pacientes sem comprometer a privacidade, resultando em melhorias significativas na previsão de resultados de saúde (Rieke *et al.*, 2020).

3.5.3 IA Neurosimbólica

A integração de técnicas de aprendizado de máquina com raciocínio simbólico promete criar sistemas de IA mais robustos e interpretáveis:

- 1. Raciocínio Abstrato:** A integração de técnicas de aprendizado de máquina com raciocínio simbólico oferece o potencial de criar sistemas de IA mais robustos e interpretáveis, combinando a eficiência dos métodos baseados em redes neurais com a capacidade de raciocínio abstrato dos métodos simbólicos. Esses sistemas são capazes de aprender conceitos abstratos e regras a partir de poucos exemplos, uma habilidade crucial para a generalização, além dos dados de treinamento. Essa combinação permite que a IA não apenas reconheça padrões, mas também realize tarefas de raciocínio e planejamento, emulando aspectos da cognição humana (Garcez; Lamb, 2023).
- 2. Aplicações em Planejamento:** A NASA está explorando sistemas neurosimbólicos para planejamento de missões espaciais, combinando a flexibilidade do aprendizado de máquina com a confiabilidade do raciocínio baseado em regras (Katz *et al.*, 2022).

3.5.4 IA Quântica

À medida que a computação quântica avança, sua intersecção com a IA promete avanços significativos:

- 1. Otimização Quântica:** A evolução dos algoritmos de otimização quântica mostra avanços significativos em problemas específicos de aprendizado de máquina que podem levar a melhorias de eficiência notáveis em comparação com métodos clássicos, especialmente em cenários nos quais a dissipação e a "esparsidade" do modelo são fatores determinantes. Sob certas condições, algoritmos quânticos podem proporcionar aceleração substancial no aprendizado de modelos de grande escala, como os de linguagem natural (Liu *et al.*, 2024).

3.5.5 IA Ética e Responsável

Há um reconhecimento crescente da necessidade de desenvolver e implementar IA de maneira ética e responsável:

- 1. Frameworks Éticos:** A União Europeia reforçou sua liderança na regulamentação de IA com a publicação do "Regulamento da Inteligência Artificial" em julho de 2024. Esse regulamento estabelece regras harmonizadas para a IA, classificando as aplicações de IA com base em seu nível de risco e impondo requisitos rigorosos para sistemas considerados de alto risco. O objetivo é garantir que a IA seja desenvolvida e implementada de maneira ética e responsável, protegendo os direitos fundamentais e promovendo a inovação dentro de um quadro regulatório claro e consistente (Regulamento [EU] 2024/1689).
- 2. Auditorias de IA:** A auditoria de sistemas de IA é uma área em rápido crescimento, abordando tanto as preocupações éticas quanto técnicas relacionadas ao uso da inteligência artificial. Pesquisadores argumentam que, para promover a transparência e a confiança, é essencial desenvolver abordagens estruturadas e independentes para avaliar a conformidade desses sistemas com normas éticas e regulamentares. Isso é

particularmente relevante em setores sensíveis como finanças e saúde, nos quais a mitigação de riscos relacionados a vieses e equidade é crucial (Mökander, 2023).

3.5.6 Rumo à IA Geral e Transformadora

O rápido avanço da IA levanta questões sobre a possibilidade de atingirmos o limiar de uma IA Geral (AGI) ou, mais imediatamente, uma IA Transformadora:

- 1. Estimativas de Timeline:** A previsão de quando a IA Transformadora será atingida varia amplamente, refletindo a incerteza e complexidade envolvidas em antecipar avanços tecnológicos. De acordo com Gruetzemacher e Whittlestone (2022), o conceito de IA Transformadora envolve uma ampla gama de possíveis impactos que a Inteligência Artificial pode ter na sociedade, economia e política. Eles argumentam que essas transformações podem ocorrer mesmo sem a necessidade de alcançar uma inteligência comparável à humana. O impacto transformador da IA pode ser sentido em diferentes níveis, desde mudanças mais restritas até revoluções significativas, comparáveis às revoluções agrícola e industrial. Isso indica que, embora haja estimativas e previsões, o verdadeiro impacto da IA dependerá das tecnologias específicas em desenvolvimento e do contexto em que serão implementadas.
- 2. Marcos Rumo à AGI:** Pesquisadores da DeepMind propuseram uma série de marcos cognitivos que uma IA precisaria atingir para ser considerada uma AGI, incluindo raciocínio causal, aprendizado contínuo e consciência do próprio conhecimento (Chollet, 2019).
- 3. Implicações de Longo Prazo:** O desenvolvimento de AGI ou IA Transformadora poderia ter implicações profundas para a sociedade, economia e até mesmo para o futuro da humanidade. Alguns pesquisadores, como Nick Bostrom, argumentam que isso poderia representar um risco existencial se não for desenvolvido e gerenciado adequadamente (Bostrom, 2014).

À medida que a IA continua a evoluir e se integrar mais profundamente em nossa sociedade e economia, será crucial navegar cuidadosamente nos desafios éticos, legais e sociais que surgem. O desenvolvimento de estruturas regulatórias adequadas e a promoção de uma adoção responsável da IA serão fundamentais para garantir que os benefícios dessa tecnologia transformadora sejam maximizados, enquanto seus riscos são mitigados.

A trajetória futura da IA provavelmente será caracterizada por avanços contínuos em capacidade e escala, uma integração mais profunda com outras tecnologias emergentes (como computação quântica e biotecnologia), e um foco crescente em desenvolver sistemas que sejam não apenas poderosos, mas também confiáveis, explicáveis e alinhados com valores humanos.



4. Implicações Econômicas

A inteligência artificial está emergindo como uma força transformadora na economia global, com potencial para remodelar fundamentalmente a natureza do trabalho, a estrutura de indústrias inteiras e os padrões de crescimento econômico. Esta seção examina as principais implicações econômicas da IA, abordando seu impacto na produtividade, no mercado de trabalho, na distribuição de renda e na organização industrial.

4.1 IA e Produtividade

O impacto da IA na produtividade é um dos aspectos mais debatidos e potencialmente significativos de sua influência econômica.

4.1.1 Perspectiva Tecno-otimista

Muitos analistas adotam uma visão otimista sobre o potencial da IA para impulsionar ganhos de produtividade:

- 1. Aumento da Produtividade do Trabalho:** Baily, Brynjolfsson e Korinek (2023) argumentam que a IA tem o potencial de aumentar significativamente a produtividade de trabalhadores em atividades cognitivas, que são responsáveis por cerca de 60% do valor adicionado em economias modernas. Eles estimam que, se a IA aumentar em 30% a produtividade desses trabalhadores em um período de dez anos, isso poderia se traduzir em um aumento de 18% na produtividade agregada da economia.
- 2. Aceleração da Inovação:** A IA tem o potencial de acelerar o processo de inovação em várias áreas do conhecimento. Por exemplo, no desenvolvimento de medicamentos, sistemas de IA, como o AlphaFold da DeepMind, estão reduzindo drasticamente o tempo e custo necessários para a descoberta de novas moléculas (Jumper *et al.*, 2021).
- 3. Desafios de Mensuração:** Mokyr (2018) argumenta que as métricas tradicionais de produtividade podem não capturar adequadamente o impacto total da IA, especialmente em termos de inovações de produtos e serviços não precificados.

4.2 Perspectivas Céticas

No entanto, alguns economistas adotam uma visão mais cautelosa sobre o impacto da IA na produtividade:

- 1. O Paradoxo de Solow:** Assim como ocorreu com a revolução da informática, alguns argumentam que podemos estar enfrentando um novo "Paradoxo de Solow" com a IA. Robert Solow (1987) observou que "você pode ver a era do computador em todos os lugares, exceto nas estatísticas de produtividade". Gordon (2018) argumenta que o

impacto da revolução digital, incluindo a IA, tem sido menos significativo do que revoluções tecnológicas anteriores.

- 2. Estimativas Moderadas:** Acemoglu (2024) adota uma perspectiva mais moderada, estimando que o impacto da IA será da ordem de um aumento modesto de 0,66% na produtividade total de fatores nos próximos dez anos.

4.3 Evidências Empíricas Emergentes

Estudos empíricos recentes começam a fornecer evidências do impacto da IA na produtividade:

- 1. Adoção de IA e Desempenho de Empresas:** Damioli, Roy e Vertesy (2021) analisaram o desempenho de firmas com patentes de IA concedidas entre 2000 e 2016, encontrando uma correlação significativa com aumentos de produtividade do trabalho, particularmente no setor de serviços.
- 2. Impacto em Tarefas Específicas:** Brynjolfsson, Raymond e Li (2023) examinaram o impacto do uso de LLMs em serviços de atendimento a clientes e observaram ganhos de produtividade significativos, especialmente para os agentes menos qualificados.

4.4 IA e o Mercado de Trabalho

O impacto da IA no mercado de trabalho é uma das questões mais debatidas e potencialmente disruptivas.

4.4.1 Estimativas de Deslocamento de Empregos

Vários estudos têm tentado quantificar o potencial impacto da IA no emprego:

- 1. Análise do World Economic Forum:** Um relatório do WEF (2023) sugere que cerca de 83 milhões de postos de trabalho serão eliminados globalmente no período 2023-27 devido à Quarta Revolução Industrial (com foco na IA e uso de Big Data), enquanto 69 milhões de novos empregos serão criados, resultando em um impacto negativo líquido de 14 milhões de empregos.
- 2. Estudo do FMI:** Cazzaniga *et al.* (2024) estimam que cerca de 40% dos empregos globais estarão expostos à adoção de IA. Nos países de alta renda, essa exposição pode chegar a 60%.

4.4.2 Transformação de Ocupações

A IA não apenas substitui empregos, mas também transforma a natureza de muitas ocupações.

- 1. Complementaridade Homem-Máquina:** Autor (2024) argumenta que a IA pode auxiliar na recuperação econômica da classe média, permitindo que um número crescente de trabalhadores desempenhe tarefas que hoje são o monopólio de uma elite intelectual.
- 2. Polarização do Mercado de Trabalho:** Acemoglu e Restrepo (2019) sugerem que a IA pode levar a uma maior polarização do mercado de trabalho, com crescimento nas ocupações de alta e baixa qualificação, mas uma contração nas ocupações de qualificação média.

4.4.3 IA e Distribuição de Renda

O impacto da IA na distribuição de renda é uma preocupação crescente:

- 1. Concentração de Riqueza:** A IA pode exacerbar a concentração de riqueza, beneficiando, principalmente, as empresas de tecnologia e trabalhadores altamente qualificados.

- 2. Impacto nos Salários:** Acemoglu (2024) observa que a IA pode aumentar a diferença entre a taxa de retorno ao capital *versus* o retorno ao fator trabalho, potencialmente impactando negativamente os rendimentos reais de trabalhadores menos qualificados.
- 3. Estudos Globais:** Cornelli, Frost e Mishra (2023) analisaram a correlação entre investimentos em IA e desigualdade econômica em termos globais, sugerindo que os segmentos mais pobres da sociedade podem observar uma queda na sua participação na renda nacional.

4.4.4 IA e Organização Industrial

A IA está remodelando a estrutura de várias indústrias:

- 1. Concentração de Mercado:** O desenvolvimento de LLMs e outras tecnologias avançadas de IA requer investimentos substanciais, favorecendo empresas com vastos recursos. Isso pode levar a uma maior concentração de mercado em certos setores.
- 2. Transformação de Indústrias Tradicionais:** Indústrias tradicionais estão sendo transformadas pela IA. Por exemplo, no setor automotivo, a IA está impulsionando o desenvolvimento de veículos autônomos, potencialmente remodelando toda a cadeia de valor da indústria (Rao; Verweij, 2017).
- 3. Surgimento de Novos Modelos de Negócio:** A IA está possibilitando o surgimento de novos modelos de negócio baseados em personalização em massa, previsão em tempo real e automação avançada (Agrawal; Gans; Goldfarb, 2018).

4.4.5 IA e Propriedade Intelectual

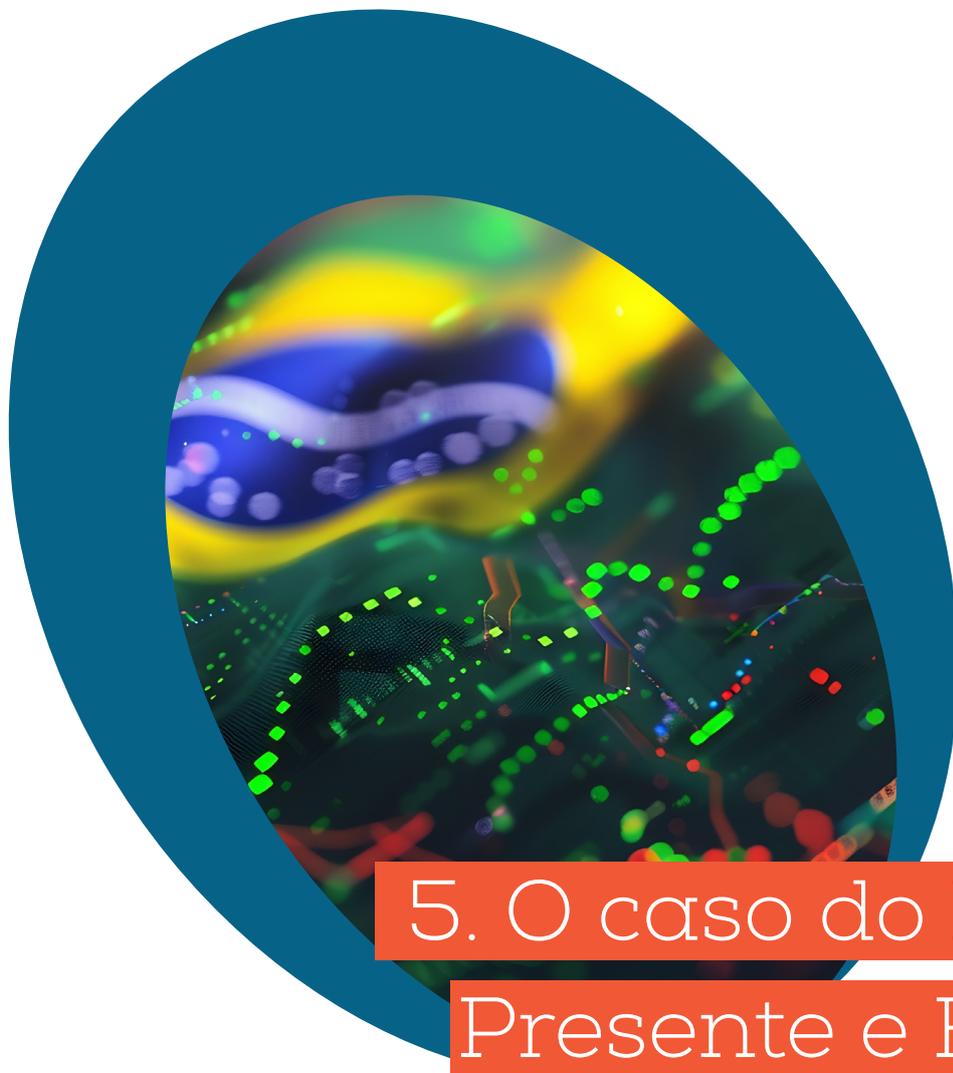
A IA está desafiando os sistemas tradicionais de propriedade intelectual:

- 1. Autoria de IA:** Questões sobre se e como proteger obras geradas por IA estão sendo debatidas em várias jurisdições. Nos EUA, por exemplo, o Copyright Office estabeleceu

que material gerado com assistência de IA pode obter proteção apenas se houver intervenção humana substantiva (CRS, 2023).

2. **Uso de Dados Protegidos:** O treinamento de LLMs levanta questões sobre o uso de material protegido por direitos autorais. Processos judiciais, como o do New York Times contra OpenAI e Microsoft, estão começando a abordar essas questões (The New York Times, 2023).
3. **Impacto na Inovação:** O sistema de propriedade intelectual enfrenta desafios à medida que a inteligência artificial continua a evoluir, exigindo adaptações que equilibrem a proteção dos inovadores humanos e o desenvolvimento contínuo das tecnologias de IA. Como discutido por Kim *et al.* (2021), muitas suposições feitas sobre a IA podem distorcer a análise do direito de patentes, especialmente no que diz respeito à atribuição de inventividade a sistemas de IA. É essencial que o sistema legal reconheça as limitações e capacidades reais da IA para evitar interpretações equivocadas que possam comprometer tanto a proteção da inovação quanto a promoção de novos desenvolvimentos tecnológicos.

Em conclusão, as implicações econômicas da IA são amplas e profundas, com potencial para remodelar fundamentalmente a estrutura de nossas economias. Enquanto oferece oportunidades significativas para aumentos de produtividade e inovação, a IA também apresenta desafios em termos de disrupções no mercado de trabalho, concentração de mercado e desigualdade econômica. A navegação bem-sucedida dessa transição tecnológica exigirá políticas cuidadosamente calibradas e uma abordagem que busque maximizar os benefícios da IA em paralelo com esforços de mitigação dos seus potenciais efeitos negativos.



5. O caso do Brasil: Presente e Futuro

O Brasil, como uma das maiores economias emergentes do mundo, enfrenta uma conjuntura única de desafios e oportunidades no contexto da adoção e implementação da IA. O lançamento recente do "Plano IA para o Bem de Todos" pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI, 2024) representa um marco significativo na abordagem do Brasil à IA, estabelecendo uma visão abrangente e ambiciosa para o desenvolvimento e uso da tecnologia no país.

Esse plano se alinha com as tendências globais de investimento em IA, como observado em países como Estados Unidos, China e nações europeias (Accenture, 2023), e tem o potencial de posicionar o Brasil como um *player* relevante no cenário internacional de IA.

5.1 Cenário Atual da IA no Brasil

O Brasil tem feito progressos significativos na adoção de tecnologias digitais, incluindo a IA, mas ainda enfrenta desafios consideráveis:

- 1. Penetração da Internet e Infraestrutura Digital:** Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a penetração da Internet no Brasil atingiu 82,7% em 2022, criando um ambiente potencialmente propício para a adoção de tecnologias avançadas como a IA. No entanto, a desigualdade no acesso à Internet e a infraestrutura digital inadequada em certas regiões continuam sendo obstáculos significativos (CGI.br, 2023).
- 2. Adoção de IA por Empresas:** O uso de Inteligência Artificial nas grandes empresas brasileiras está crescendo rapidamente. De acordo com um estudo da Deloitte realizado em 2024, quase 60% das grandes empresas no Brasil já utilizam IA em suas operações. Esse número, embora impressionante, revela um potencial significativo para expansão, especialmente se comparado a outros mercados globais. O relatório também destaca que, globalmente, as empresas estão priorizando a criação de valor por meio da IA, com foco em melhorar a eficiência operacional e fomentar a inovação. No entanto, a adoção ainda enfrenta desafios, incluindo a necessidade de escalar as implementações e desenvolver a confiança nos sistemas de IA (Deloitte, 2024).
- 3. Pesquisa em IA:** O Brasil figura entre os 20 países líderes em publicações sobre IA no período 2019-23 (Programa Setorial da Internet, 2024), demonstrando uma base acadêmica em crescimento. No entanto, a transição da pesquisa para aplicações práticas e comercializáveis ainda é um desafio significativo (Meira *et al.*, 2023).
- 4. Investimento em P&D:** Nos últimos dez anos, o investimento do Brasil em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) tem ficado atrás tanto de economias emergentes comparáveis quanto dos países líderes globais. Enquanto países como a Coreia do Sul consistentemente alocam mais de 4% do seu PIB para P&D, o Brasil manteve seu investimento estagnado em torno de 1% do PIB, refletindo uma lacuna significativa no

compromisso com a inovação. Além disso, a trajetória de investimento do Brasil contrasta fortemente com a da China, que aumentou significativamente seus gastos com P&D, agora aproximando-se de 2,4% do PIB. Essa disparidade é ainda mais acentuada pelas ineficiências burocráticas e pela inconsistência nas políticas públicas brasileiras, que dificultam o uso eficaz dos recursos. Essa situação resultou em um ritmo mais lento de avanços tecnológicos e na redução da competitividade global do Brasil em comparação com economias mais dinâmicas. De acordo com o Instituto de Estatísticas da UNESCO (2023), o investimento em P&D como percentual do PIB no Brasil apresentou pouco crescimento, em contraste com os aumentos agressivos observados em outras economias emergentes e nos países líderes.

5.2 Desafios para a Adoção de IA no Brasil

Apesar dos avanços, o Brasil enfrenta obstáculos significativos na adoção generalizada de IA:

- 1. Desigualdade Digital:** Embora a penetração da Internet tenha aumentado, ainda existem disparidades significativas no acesso à tecnologia entre regiões e grupos socioeconômicos (CGI.br, 2023).
- 2. Infraestrutura Tecnológica:** A falta de infraestrutura adequada, especialmente em termos de capacidade computacional e armazenamento de dados, é um gargalo significativo. Por exemplo, estima-se que haja menos de 1.000 GPUs NVIDIA H100 (ou equivalentes) em todo o Brasil, em comparação com centenas de milhares nos EUA (Meira, 2024).
- 3. Qualificação de Capital Humano:** A Fundação Dom Cabral aponta que a taxa de qualificação da mão de obra não acompanha o ritmo da digitalização das empresas (Arruda; Tadeu; Costa, 2023). Isso cria um descompasso crítico entre as necessidades do mercado e as habilidades disponíveis.

- 4. Investimento em P&D em IA e Aplicações:** O investimento em pesquisa e desenvolvimento em IA, no Brasil, ainda vai levar algum tempo para crescer ao ponto em que será relevante face a países comparáveis globalmente, e ainda mais tempo para ter impacto prático nos mercados.

5.2.1 Oportunidades para o Brasil

Apesar dos desafios, o Brasil possui oportunidades significativas no campo da IA:

- 1. Aumento de Produtividade:** A adoção de IA tem o potencial de aumentar significativamente a produtividade em setores-chave da economia brasileira, como agricultura, manufatura e serviços (Primo Braga; Meira, 2024).
- 2. Liderança Regional:** O Brasil tem a oportunidade de se posicionar como líder em inovação tecnológica na América Latina, aproveitando sua base acadêmica e industrial (Programa Setorial da Internet, 2024).
- 3. Soluções para Desafios Sociais:** A IA pode ser aplicada para abordar desafios sociais específicos do Brasil, como melhorar a eficiência do sistema de saúde pública ou otimizar o planejamento urbano em grandes cidades (Meira *et al.*, 2023).
- 4. Empreendedorismo em IA:** O ecossistema de *startups* do Brasil, um dos mais dinâmicos da América Latina, oferece terreno fértil para inovações em IA (ABStartups, 2023).

5.2.2 Impacto no Mercado de Trabalho Brasileiro

O impacto da IA no mercado de trabalho brasileiro é um tema de preocupação e debate:

- 1. Estimativas de Deslocamento:** A análise da Fundação Dom Cabral, em colaboração com o World Economic Forum, sugere um impacto negativo líquido de 2,6 milhões de empregos no Brasil no período 2023-27, com uma contribuição significativa da digitalização e da automação (Arruda; Tadeu; Costa, 2023).

2. **Setores Mais Afetados:** Um estudo da Goldman Sachs (2023) indica que mais de 20% dos empregos no Brasil podem ser potencialmente impactados por tecnologias digitais no médio prazo, com setores como manufatura, varejo e serviços administrativos sendo particularmente vulneráveis.

3. **Criação de Novos Empregos:** Por outro lado, a IA também está criando novas oportunidades de emprego em áreas como desenvolvimento de *software*, análise de dados e gerenciamento de sistemas de IA (BRASSCOM, 2023).

Para entender melhor o impacto da IA no Brasil, é útil analisar os desafios e oportunidades em diferentes tipos de empresas, categorizadas por intensidade tecnológica (baixa, média e alta) e porte (pequeno, médio e grande), como no Quadro 1:

Quadro 1 - Matriz Comparativa: Desafios e Oportunidades por Intensidade Tecnológica e Porte das Empresas

Intensidade Tecnológica	Porte	Desafios	Oportunidades
Baixa	Pequeno	Capacitação, Recursos Financeiros, Infraestrutura	Automação de Tarefas, Apoio Governamental
	Médio	Integração, Segurança de Dados	Eficiência Operacional, Personalização de Serviços
	Grande	Resistência à Mudança, Complexidade Regulatória	Escalabilidade, Inovação em Produtos
Média	Pequeno	Recursos Humanos, Concorrência	Soluções Customizadas, Colaborações
	Médio	Investimento Inicial, Manutenção	Melhoria de Produtos, Análise de Dados
	Grande	Complexidade de Implementação, Gerenciamento de Mudanças	Competitividade, Eficiência Energética
Alta	Pequeno	Escalabilidade, Investimento	Nicho de Mercado, Agilidade
	Médio	Conformidade Regulatória, Interoperabilidade	Parcerias Estratégicas, Desenvolvimento de Patentes
	Grande	Investimento em Infraestrutura, Gestão de Talentos	Liderança de Mercado, Pesquisa Avançada

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para que o Brasil possa aproveitar plenamente as vantagens da IA, é necessário um esforço coordenado entre governo, setor privado e academia. Investimentos em infraestrutura digital, educação e capacitação profissional são fundamentais para garantir que a mão de obra brasileira esteja preparada para os desafios e oportunidades trazidos pela IA. Além disso, a criação de políticas públicas que incentivem a adoção ética e responsável da IA é essencial para mitigar os riscos e maximizar os benefícios dessa revolução tecnológica.



6. A Nova Estratégia Brasileira de IA: Análise e Potencial

O "Plano IA para o Bem de Todos" (MCTI, 2024) representa uma abordagem abrangente e ambiciosa para o desenvolvimento e uso da IA no Brasil, estruturada em cinco eixos principais:

- 1. Infraestrutura e Desenvolvimento de IA:** Com um investimento previsto de R\$ 5,79 bilhões, esse eixo visa posicionar o Brasil como um ator global em IA. Inclui iniciativas como a aquisição de um supercomputador de alto desempenho, o desenvolvimento de processadores nacionais de IA e a criação de uma infraestrutura de IA sustentável baseada em energias renováveis.

2. **Difusão, Formação e Capacitação em IA:** Com R\$ 1,15 bilhão alocados, esse eixo foca na formação de talentos em todos os níveis, desde a educação básica até a pós-graduação, e na requalificação de profissionais para atender à crescente demanda por habilidades em IA.
3. **IA para Melhoria dos Serviços Públicos:** Com um investimento de R\$ 1,76 bilhão, esse eixo visa tornar o Brasil um modelo global de eficiência e inovação no uso de IA no setor público, incluindo a criação de uma nuvem "soberana" e o desenvolvimento de soluções de IA para diversos serviços governamentais.
4. **IA para Inovação Empresarial:** Esse eixo, com R\$ 13,79 bilhões previstos, busca estruturar uma cadeia robusta de valor em IA no Brasil, apoiando diretamente as missões da Nova Indústria Brasil (NIB) e posicionando o país como um polo global de desenvolvimento e uso de IA.
5. **Apoio ao Processo Regulatório e de Governança da IA:** Com R\$ 103,25 milhões alocados, esse eixo visa consolidar um arcabouço de governança de IA que promova a inovação, assegure o direito ao desenvolvimento e proteja os direitos humanos, posicionando o Brasil como referência em IA responsável e confiável.

Esse plano representa um passo significativo na direção certa, alinhando-se com as melhores práticas globais em estratégias nacionais de IA (Galindo; Perset; Sheeka, 2021). A abordagem multifacetada do plano, abrangendo desde infraestrutura até governança, demonstra uma compreensão holística dos desafios e oportunidades apresentados pela *IA-wave*.

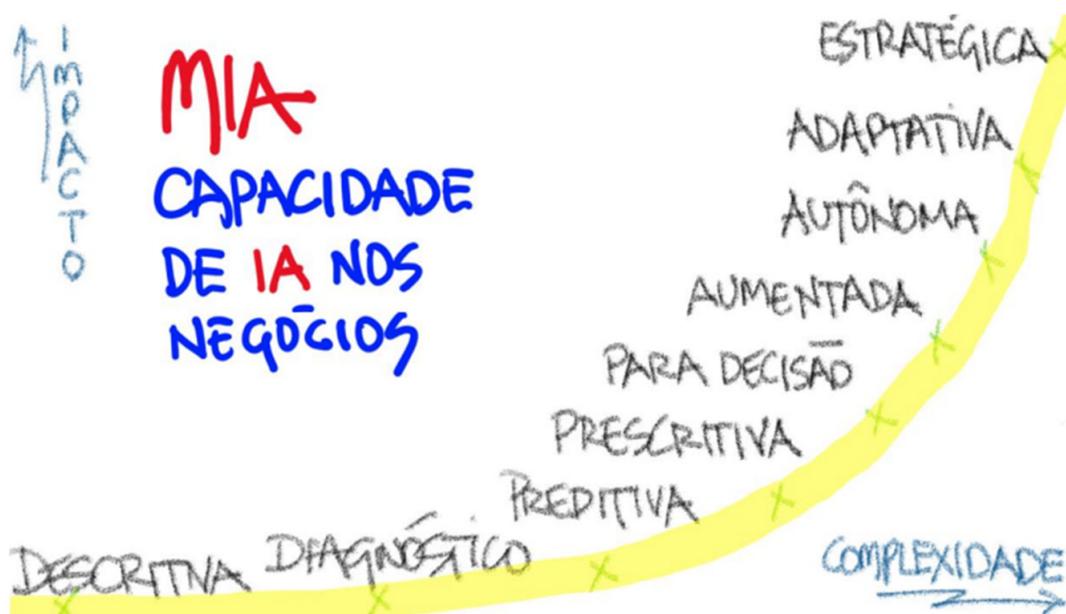
6.1 Potencial para Inovação e Competitividade Nacionais

O "Plano IA para o Bem de Todos" apresenta um potencial significativo para impulsionar a inovação e a competitividade do Brasil no cenário global.

- 1. Desenvolvimento de Capacidades Nacionais em IA:** O foco no desenvolvimento de infraestrutura de IA, incluindo supercomputadores e processadores nacionais, pode reduzir a dependência tecnológica externa e fomentar um ecossistema de inovação local (Meira, 2024).
- 2. Formação de Capital Humano:** O investimento em formação e capacitação em IA em todos os níveis educacionais pode criar uma força de trabalho qualificada, essencial para a competitividade na economia digital (Acemoglu; Restrepo, 2022).
- 3. Aplicação de IA no Setor Público:** A melhoria dos serviços públicos através da IA pode aumentar a eficiência governamental e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, contribuindo para um ambiente mais propício à inovação e ao empreendedorismo (OECD, 2023).
- 4. Fomento à Inovação Empresarial:** O apoio à adoção de IA por empresas de todos os portes pode aumentar a produtividade e a competitividade do setor privado brasileiro no mercado global (Brynjolfsson; McAfee, 2022).
- 5. Governança Responsável de IA:** O desenvolvimento de um marco regulatório e de governança para IA pode criar um ambiente de confiança e segurança jurídica, essencial para atrair investimentos e promover a inovação responsável (Cath *et al.*, 2018).

O Modelo MIA de Níveis de Capacidade para IA (Meira, 2024) oferece um *framework* útil para avaliar e desenvolver as capacidades de IA das organizações brasileiras – veja Figura 1. Este modelo, que abrange desde a inteligência descritiva até a inteligência estratégica, pode ser uma ferramenta valiosa para guiar a implementação do plano nacional de IA, permitindo que empresas e instituições públicas identifiquem seu nível atual de maturidade em IA e planejem seu desenvolvimento futuro.

Figura 1 - Modelo MIA de Níveis de Capacidade para IA



Fonte: Elaborada pelos autores.

6.2 Desafios e Considerações Críticas

Apesar do potencial significativo, a implementação bem-sucedida do plano de IA do Brasil enfrenta vários desafios:

- 1. Viabilidade Financeira:** O plano prevê um investimento total de R\$ 23,03 bilhões, um montante significativo que pode enfrentar desafios de implementação dadas as restrições orçamentárias do país. A garantia de recursos consistentes e de longo prazo será crucial para o sucesso da estratégia.
- 2. Capacitação de Talentos:** Embora o plano inclua iniciativas de formação e capacitação, o desafio de criar uma força de trabalho qualificada em IA é global e particularmente agudo no Brasil. A eficácia das medidas propostas em suprir a demanda crescente por talentos em IA ainda precisa ser comprovada (Arruda; Tadeu; Costa, 2023).

3. **Regulação e Governança:** O plano reconhece a necessidade de um arcabouço regulatório e de governança para IA, mas os detalhes sobre como isso será implementado e sua eficácia em promover inovação enquanto protege direitos individuais e coletivos ainda são incertos (Cath *et al.*, 2018).
4. **Desigualdades Sociais e Digitais:** Apesar do foco em inclusão, o Brasil enfrenta desafios significativos em termos de desigualdade social e digital. Garantir que os benefícios da IA sejam acessíveis a todos os brasileiros, independentemente de sua renda, localização geográfica ou nível de educação, será um desafio considerável (CGI.br, 2023).
5. **Dependência Tecnológica:** Apesar do foco em soberania tecnológica, o Brasil ainda depende significativamente de tecnologias e plataformas de IA desenvolvidas em outros países. A transição para uma maior autonomia tecnológica exigirá esforços substanciais e de longo prazo (Meira *et al.*, 2023).

6.3 Impacto no Mercado de Trabalho e na Economia

O impacto da IA no mercado de trabalho brasileiro é um tema de grande relevância e preocupação:

1. **Estimativas de Deslocamento:** A análise da Fundação Dom Cabral sugere um impacto negativo líquido de 2,6 milhões de empregos no Brasil no período 2023-27 devido à digitalização e automação (Arruda; Tadeu; Costa, 2023). O plano de IA reconhece esse desafio, mas a eficácia das medidas propostas para mitigar esses impactos ainda é incerta.
2. **Setores Mais Afetados:** Estudos indicam que mais de 20% dos empregos no Brasil podem ser potencialmente impactados por tecnologias digitais no médio prazo (Goldman Sachs, 2023). O plano propõe iniciativas de requalificação, mas a escala e a rapidez necessárias para essa transição representam um desafio significativo.

- 3. Criação de Novos Empregos:** A IA está criando novas oportunidades de emprego em áreas como desenvolvimento de *software* e análise de dados (BRASSCOM, 2023). No entanto, há preocupações sobre se essas oportunidades serão suficientes para compensar as perdas em outros setores e se serão acessíveis a uma parcela significativa da força de trabalho brasileira.
- 4. Impacto na Produtividade:** O potencial da IA para aumentar a produtividade é significativo. Estimativas globais sugerem que a IA poderia aumentar a produtividade do trabalho em até 40% até 2035 (Accenture, 2023). No contexto brasileiro, isso poderia se traduzir em um impulso significativo para a competitividade econômica, especialmente em setores como agricultura, manufatura e serviços.

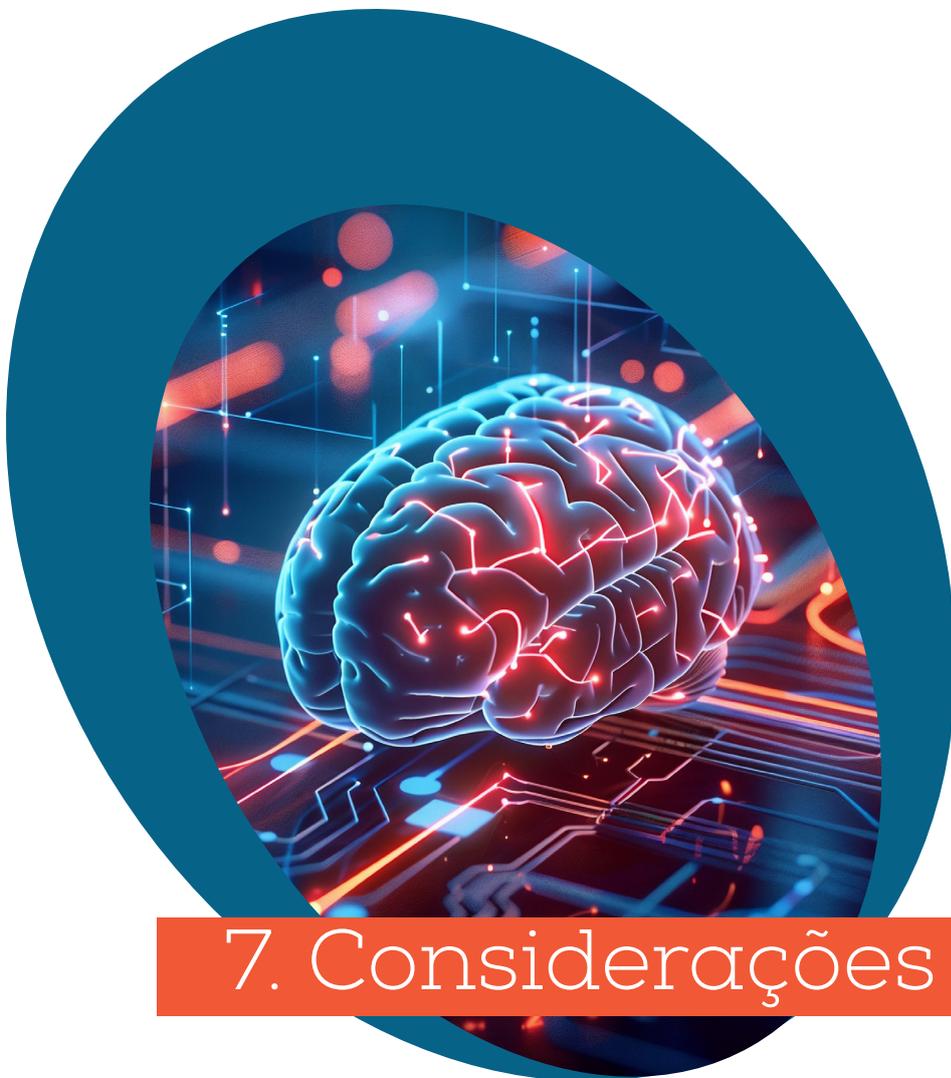
6.4 Considerações Finais e Recomendações

O "Plano IA para o Bem de Todos" representa uma oportunidade significativa para o Brasil se posicionar como um ator relevante no cenário global de IA. Para maximizar o potencial desse plano e superar os desafios identificados, recomenda-se:

- 1. Implementação Efetiva e Monitoramento:** Estabelecer mecanismos robustos de implementação e monitoramento para garantir que os objetivos do plano sejam alcançados. Isso pode incluir a criação de um comitê multissetorial de supervisão e a definição de indicadores-chave de desempenho (*KPIs*) claros.
- 2. Parcerias Público-Privadas:** Fomentar parcerias entre o setor público, privado e academia para acelerar o desenvolvimento e a adoção de IA. Essas parcerias podem ser particularmente eficazes na criação de soluções inovadoras para desafios sociais e econômicos (Etzkowitz; Zhou, 2017).
- 3. Foco em Setores Estratégicos:** Priorizar a aplicação de IA em setores onde o Brasil já possui vantagens competitivas, como agricultura, energia renovável e *fintech*. Isso pode gerar casos de sucesso e impulsionar a adoção mais ampla de IA na economia.

4. **Desenvolvimento de um Ecossistema de Inovação:** Criar e fortalecer *hubs* de inovação em IA, incentivando a colaboração entre *startups*, grandes empresas, universidades e centros de pesquisa. Isso pode acelerar o desenvolvimento de soluções de IA adaptadas às necessidades locais e globais.
5. **Cooperação Internacional:** Buscar oportunidades de cooperação internacional em pesquisa e desenvolvimento de IA, especialmente com países líderes em tecnologia. Isso pode ajudar a acelerar a curva de aprendizado e o acesso a tecnologias avançadas.
6. **Ética e Responsabilidade:** Garantir que o desenvolvimento e a implementação de IA no Brasil sigam princípios éticos e responsáveis, com foco na transparência, "explicabilidade" e equidade. Isso é crucial para construir confiança pública e prevenir consequências negativas não intencionais.

Em conclusão, o "Plano IA para o Bem de Todos" oferece uma base promissora para o desenvolvimento da IA no Brasil, mas seu sucesso dependerá da capacidade do país de superar desafios em termos de implementação, financiamento, desenvolvimento de talentos e inclusão social. Com uma execução cuidadosa e um compromisso sustentado, o Brasil tem o potencial de se tornar um ator importante em IA no cenário global, impulsionando sua competitividade econômica e promovendo o bem-estar social através da inovação tecnológica.



7. Considerações Finais

Embora a fascinação por Inteligência Artificial, humanoides e máquinas inteligentes seja uma constante histórica, a experiência recente com LLMs abre um novo capítulo nessa narrativa. LLMs têm o potencial de gerar impactos econômicos e sociais que afetarão múltiplos aspectos da vida humana de forma revolucionária. Como discutido ao longo deste artigo, as implicações no mercado de trabalho, na produtividade, na distribuição de renda, nos sistemas legais e nos ecossistemas de inovação serão profundas e de longo alcance.

Nesse contexto de rápida evolução tecnológica, o Brasil lançou sua ambiciosa estratégia nacional de IA, o "Plano IA para o Bem de Todos" (MCTI, 2024). Essa iniciativa, com um investimento previsto de R\$ 23,03 bilhões, representa um marco significativo na abordagem do país à IA, buscando posicionar o Brasil como um ator relevante no cenário global de tecnologia. O plano, estruturado em cinco eixos principais: infraestrutura, formação, serviços públicos, inovação empresarial e governança, demonstra uma compreensão holística

dos múltiplos aspectos necessários para o desenvolvimento e adoção bem-sucedidos da IA.

A estratégia brasileira reflete o reconhecimento do potencial transformador da IA e a necessidade de ação decisiva. No entanto, é crucial reconhecer que o sucesso dessa estratégia dependerá não apenas de investimentos financeiros, mas também da superação de desafios estruturais profundamente enraizados na sociedade e economia brasileiras. O foco na formação e capacitação em IA em todos os níveis educacionais é particularmente promissor, sendo fundamental para criar uma força de trabalho capaz de desenvolver, implementar e gerenciar sistemas de IA avançados.

Contudo, ao mesmo tempo que buscamos aproveitar as oportunidades oferecidas pela IA, é imperativo que consideremos cuidadosamente os riscos e desafios éticos associados a essa tecnologia. Os mercados financeiros, até o momento, vêm "abraçando" o potencial transformador da IA, mas isso pode mudar caso a tecnologia venha a ter um impacto social disruptivo. Existem considerações que merecem atenção no campo da ética, em termos geopolíticos e com respeito ao risco inerente a essa revolução tecnológica.

Os desafios de introduzir considerações éticas em sistemas de IA são significativos. O problema é ilustrado pela "competição" entre diferentes objetivos, como o direito à liberdade de expressão *versus* a importância de controlar a disseminação de "fake news". A estratégia brasileira de IA, com seu foco no "bem de todos", oferece uma perspectiva valiosa sobre como orientar o desenvolvimento tecnológico para beneficiar a sociedade como um todo. No entanto, a implementação bem-sucedida dessa visão exigirá não apenas investimentos e desenvolvimento tecnológico, mas também uma reflexão sobre os valores que queremos que guiem o desenvolvimento da IA.

O filósofo Nick Bostrom argumenta que a evolução da IA pode gerar um risco existencial para a humanidade. Seu argumento pode ser sintetizado como um problema de controle: uma vez que a IA Geral seja atingida, um processo autônomo de melhoria de sistemas de IA poderia ocorrer, culminando com o fenômeno da "singularidade", quando tais sistemas atingiriam "superinteligência". Adeptos da ideia de "singularidade", como Vernor Vinge e

Ray Kurzweil, enfatizam a tendência de crescimento exponencial de tecnologias de informação, como ilustrado pela "Lei" de Moore no caso de microchips.

Embora o tom dessas análises possa ser caracterizado como exemplos de tecno-otimismo, existe também a percepção de que essa evolução poderia culminar em um ambiente tecnológico além da compreensão humana e eventualmente imune a tentativas de controle. Tal cenário ainda reside no campo da ficção científica, mas os incentivos para se construir sistemas de IA cada vez mais poderosos, seja por razões geopolíticas, seja por incentivos comerciais, tendem a dominar preocupações com a segurança desses sistemas.

Nos últimos anos, muitos cientistas, como Stephen Hawking, e inovadores soaram o alarme sobre o perigo de a IA evoluir de forma não alinhada com os objetivos da humanidade. Uma análise recente sobre as chances de um evento apocalíptico causando a morte de quase toda a humanidade nos próximos 70 anos identificou a IA e uma guerra nuclear como as ameaças mais relevantes (The Economist, 2023).

Cenários apocalípticos vêm atraindo uma atenção crescente. Uma tese recentemente elaborada por Garrett (2024) sugere que a Superinteligência Artificial (SIA) poderia ser a explicação para o paradoxo de Fermi (qual seja, se existem civilizações alienígenas no universo, por que ainda não tivemos contatos com elas?), atuando como um "*Great Filter*", que tenderia a gerar externalidades calamitosas para civilizações que desenvolvessem tal tecnologia. Naturalmente, tais especulações tendem a ser descartadas pela indústria de IA. No entanto, é importante reconhecer que a IA é uma tecnologia de "uso dual", relevante tanto para aplicações civis quanto para aplicações militares.

Em um cenário internacional caracterizado por tensões geopolíticas crescentes, o perigo de uma corrida armamentista com base em IA não pode ser descartado. O Brasil, como uma potência regional e um ator importante no cenário internacional, tem a responsabilidade de contribuir para o desenvolvimento de normas e estruturas de governança global para IA que promovam a paz e a cooperação internacional.

A estratégia brasileira de IA reconhece a importância da governança e regulação responsável. À medida que a IA se torna mais poderosa e ubíqua, os desafios éticos e sociais associados a seu uso tornam-se mais pronunciados. O Brasil tem a oportunidade de se posicionar como um líder global em governança ética de IA, desenvolvendo estruturas regulatórias que promovam a inovação enquanto protegem os direitos individuais e coletivos.

No entanto, o Brasil, assim como outras nações, enfrenta o desafio de navegar pelos impactos disruptivos da IA no mercado de trabalho. As estimativas de deslocamento de empregos devido à automação e à IA são preocupantes, e a eficácia das medidas de requalificação propostas no plano brasileiro ainda precisa ser comprovada. É crucial que a implementação da estratégia de IA seja acompanhada por políticas robustas de proteção social e programas de transição de carreira para mitigar os impactos negativos no emprego.

Além disso, a questão da desigualdade social e digital no Brasil não pode ser subestimada. O sucesso da estratégia de IA dependerá da capacidade do país de garantir que os benefícios dessa tecnologia sejam distribuídos de forma equitativa, evitando o aprofundamento das disparidades existentes. Isso exigirá não apenas investimentos em infraestrutura digital, mas também políticas ativas de inclusão e programas de alfabetização digital.

Em suma, o fato de estarmos vivendo um período caracterizado pelo crescimento exponencial das capacidades de sistemas de IA ilustra a necessidade de uma atenção crescente ao desenvolvimento de estruturas reguladoras adequadas. Desenvolver tais estruturas de uma forma coordenada em nível internacional é um dos grandes desafios da atualidade. O Brasil precisa não apenas investir no capital humano necessário para uma participação efetiva nessa revolução tecnológica, mas também contribuir para a elaboração de sistemas de governança que incluam salvaguardas contra eventuais externalidades negativas da IA.

A estratégia nacional de IA do Brasil representa um passo importante nessa direção, mas seu sucesso dependerá da capacidade de superar desafios estruturais, promover a inclusão e garantir que os benefícios da IA sejam distribuídos de forma equitativa. O país tem

a oportunidade de liderar pelo exemplo, demonstrando como uma nação em desenvolvimento pode abraçar as oportunidades oferecidas pela IA, enquanto navega cuidadosamente pelos desafios associados.

À medida que avançamos para um futuro cada vez mais moldado pela IA, é imperativo que continuemos a examinar criticamente não apenas as capacidades técnicas dessa tecnologia, mas também suas implicações éticas, sociais e econômicas mais amplas. O caminho à frente será complexo e desafiador, exigindo colaboração entre governo, setor privado, academia e sociedade civil.

Se bem-sucedido, o Brasil pode não apenas colher os benefícios econômicos da revolução da IA, mas também contribuir significativamente para moldar um futuro onde a IA verdadeiramente sirva ao bem de todos. Esse é um objetivo ambicioso, mas um que vale a pena perseguir, não apenas para o Brasil, mas para toda a humanidade. O sucesso nessa empreitada exigirá uma abordagem equilibrada que reconheça tanto o potencial transformador da IA quanto os riscos associados, sempre mantendo o foco no bem-estar humano e no desenvolvimento sustentável.



Referências

ABSTARTUPS. *Mapeamento do Ecosistema Brasileiro de Startups*. 2023. Disponível em: <https://hub.abstartups.com.br/mapeamento-captacao>

ACCENTURE. *Technology Vision 2023: When Atoms Meet Bits – The Foundations of Our New Reality*. 2023. Disponível em: <https://www.accenture.com/us-en/insights/technology/technology-trends-2023>

ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 33. Spring 2019, p. 3-29.

ACEMOGLU, D. *The Simple Macroeconomics of AI*. Economic Policy, forthcoming, 2024.

AGRAWAL, A., GANS, J.S.; GOLFARB, A. Artificial Intelligence: The Ambiguous Labor Market Impact of Automating Prediction. *The Journal of Economic Perspectives*, n.33 Spring 2019, p. 31-50.

ANDREESSEN, M. Why Software Is Eating The World. *The Wall Street Journal*. August 20th 2011.

ARRUDA, C.; TADEU, H.; COSTA, M. *O Futuro do Trabalho: novas tecnologias e pauta ambiental podem agregar 69 milhões de novas ocupações e eliminar 83 milhões*. Nova Lima: FDC e WEF, processed, 2003.

AUTOR, D. *Applying AI to Rebuild Middle Class Jobs*. NBER Working Paper Series 32140. February 2024.

BAILY, M. N., BRYNJOLFSSON E.; KORINEK A. *Machines of mind: The case for an AI-powered productivity boom*. Brookings, 2023.

BELLAMY, Rachel K.E. *et al. AI Fairness 360: an extensible toolkit for detecting, Understanding, and Mitigating Unwanted Algorithmic Bias 2*. 2018.

BENDER, E.M. *et al. On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big?* In *Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. March, 2021, p. 3 -10.

BOSTROM, N. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford: Oxford University Press, 2014.

BRASSCOM. *Estudo da Brasscom aponta demanda de 797 mil profissionais de tecnologia até 2025*. 2023. Disponível em: <https://brasscom.org.br/wp-content/uploads/2021/12/BRI2-2021-007-01-Demanda-de-Talentos-em-TIC-e-Sigma-TCEM-v117.pdf>

BRESNAHAN, Timothy F.; TRAJTENBERG, Manuel. General purpose technologies 'Engines of growth?' *Journal of econometrics*, vol. 65, n.1. 1995. 83-108.

BRIGGS, J. *et al. The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth*. *Goldman Sachs Economic Research*. March 26th 2023.

BROLLO, F., et al. *Broadening the Gains from Generative AI: The Role of Fiscal Policies*. IMF Staff Discussion Note SDN/2024/02. June 2024.

BROWN *et al. Language models are few-shot learners*. arXiv preprint ArXiv:2005.14165. 2020.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. *Race Against the Machine*. Lexington, MA: Digital Frontier Press, 2011.

BRYNJOLFSSON, E.; LI, D.; RAYMOND, L.R. *Generative AI at Work*. NBER Working Paper 31161. April 2023.

BRYNJOLFSSON, E.; ROCK, D.; SYVERSON, C. The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies. *MIT Initiative on the Digital Economy Research Brief*, vol. 2, 2019.

BUBECK, S. *et al.* *Sparks of Artificial General Intelligence: Early experiments with GPT-4*. Microsoft Research. April 13th 2023, p. 2-19, processed.

BUOLAMWINI, J.; GEHRU, T. *Gender Shades: Intersectional Accuracy Disparities in Commercial Gender Classification*. In Proceedings of the 1st Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. FAT 2018, p. 81–91. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3287560.3287596>

CATH, Corinne *et al.* Artificial intelligence and the "good society": the US, EU, and UK approach. *Science and engineering ethics*. n. 24, 2018. p. 505-528.

CAZZANIGA, M. *et al.* *Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work*. IMF Staff Discussion Note, SDN. 2024.

CHAKRAVORTI, Bhaskar; BHALLA, Ajay; CHATURVEDI, Ravi Shankar; FILIPOVIC Christina. "50 Global Hubs for Top AI Talent." *Harvard Business Review*, December 21st 2021. Disponível em: <https://hbr.org/2021/12/50-global-hubs-for-top-ai-talent>. Acesso em: 18 Aug. 2024.

CHOLLET, François. *On the measure of intelligence*. 2019. arXiv preprint arXiv:1911.01547.

CHOWDHURY, A. *et al.* *PaLM: Scaling Language Modeling with Pathway*. arXiv preprint, 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2204.02311>.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL (CGI.br). *TIC Domicílios 2022: Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros*. São Paulo: CGI.br. 2023. Disponível em: <https://www.cgi.br/publicacao/pesquisa-sobre-o-uso-das-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao-nos-domicilios-brasileiros-tic-domicilios-2022/>

COPELAND, B. J. (ed.). *The Essential Turing*. Oxford. online edn. Oxford Academic, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oso/9780198250791.001.0001>. Acesso em: 14 ago. 2024.

CORNELLI, G., FROST, J.; MISHRA, S. *Artificial intelligence, services globalisation and income inequality*. BIS Working Papers n. 1135. October 2023.

CRS. *Generative Artificial Intelligence and Copyright Law*. *Congressional Research Service Legal Sidebar*. September 29th 2023.

DAFOE, A. *AI Governance: A Research Agenda*. Centre for the Governance of AI, Future of Humanity Institute. University of Oxford. 2018. Disponível em: <https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/ai-governance-a-research-agenda.pdf>

DAMIOLI, G.; van ROY, V.; VERTESY, D. The impact of artificial intelligence on labor

productivity. *Eurasian Business Review*, 2021. n.11, 2021. p. 1-25.

DEEPMIND. DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%. DeepMind Blog, 2016. Disponível em: <https://deepmind.google/discover/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-by-40/>

DELOITTE. *The State of Generative AI in the Enterprise: Now decides next*. 2024. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/consulting/us-state-of-gen-ai-report-q2.pdf>.

EUROPEAN COMMISSION. *Artificial intelligence, blockchain and the future of Europe*. Brussels: EC. June 2021.

EUROPEAN COMMISSION. *Regulamento (UE) 2024/1689 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de junho, que cria regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial*. 2024. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32024R1689>.

FREY, Carl B. Learning From Automation Anxiety of the Past. *MIT Sloan Management Review*. November 12th 2019.

GALINDO, Laura; PERSET, Karine; SHEEKA, Francesca. *An overview of national AI strategies and policies*. 2021.

GARCEZ, Artur d'Avila; LAMB, Luís C. Neurosymbolic AI: the 3rd wave. *Artificial Intelligence Review*, vol. 56, n. 11, 2023, p. 12387-12406. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10448-w>.

GARRETT, M.A. Is artificial intelligence the great filter that makes advanced technical civilisations rare in the universe? *Acta Astronautica*. n. 219. 2024. p. 731-35.

GATES, Bill. *The Age of AI has begun*. 2023. [gatesnotes.com](https://www.gatesnotes.com).

GITHUB. *Research: quantifying GitHub Copilot's impact on developer productivity and happiness*. GitHub Blog, 2024. Disponível em: <https://github.blog/news-insights/research/research-quantifying-github-copilots-impact-on-developer-productivity-and-happiness>.

GOLDMAN SACHS. Picking Apart the Productivity Paradox. *Top of Mind*, n. 39. 2015. Entrevista com Robert Gordon.

GOLDMAN SACHS. Generative AI could raise global GDP by 7%. Insights. April 5th 2023.

GRUETZEMACHER, Ross; WHITTLESTONE, Jess. *The transformative potential of artificial intelligence*. *Futures* 135, 2022.

GUNNING, David; AHA, David. *DARPA's explainable artificial intelligence (XAI) program*. AI magazine 40, n. 2, 2019. p.44-58.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: Acesso à Internet e à Televisão e Posse de Telefone Móvel Celular para Uso Pessoal 2021*. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/2044-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios>

JIANG, L. *et al.* Delphi: Towards Machine Ethics and Norms. October 14th2021. processed.

JONES, Cameron R. *People cannot distinguish GPT-4 from a human in a Turing test*, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/html/2405.08007v1>

JUMPER, John *et al.* *Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold*. Nature, vol. 596, n. 7873, 2021. pp. 583-589. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>.

KATZ, Gilad *et al.* Exploring neurosymbolic AI for mission planning at NASA. *Proceedings of the 37th AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2022. pp. 7023-7030. Disponível em: <https://doi.org/10.1609/aaai.v37i7.6260>.

KIM, Daria *et al.* *Ten Assumptions About Artificial Intelligence That Can Mislead Patent Law Analysis*. Max Planck Institute for Innovation & Competition Research Paper, 2021. pp. 21-18.

KURZWEIL, R. *The Singularity is Near*. New York: Penguin Group, 2005.

LINKEDIN. *Future of Work Report: AI at Work*. LinkedIn, nov. 2023. Disponível em: <https://economicgraph.linkedin.com/content/dam/me/economicgraph/en-us/PDF/future-of-work-report-ai-november-2023.pdf>.

LIU, Junyu *et al.* Towards provably efficient quantum algorithms for large-scale machine-learning models. *Nature Communications* 2024. 15:1: 434.

MATTHEWS, D. An unusual way to figure out if humanity is toast. Vox. July 10th 2023.

MCCARTHY, John; MINSKY, Marvin; ROCHESTER, Nathaniel; SHANNON, Claude. *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. Dartmouth College. 1995. Disponível em: <http://raysolomonoff.com/dartmouth/boxa/dart564props.pdf>.

MCKINNEY, Scott M. *et al.* International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, vol. 577, n. 7788, 2020. pp. 89-94. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6>.

MCMAHAN, Brendan *et al.* *Communication-efficient learning of deep networks from decentralized data*. Artificial intelligence and statistics, PMLR. 2017.

MCTI. *Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBlA) 2024-2028*. 2024. Disponível em: <https://tinyurl.com/5n98w47v>, Acesso em: 16 ago. 2024.

MEIRA, S. *et al.* *Inteligências individual, social e artificial*. TDS eBook. 2023.

MEIRA, S. *The impact of artificial intelligence on software engineering: a holistic perspective*. TDS eBook 2024a.

MEIRA, S. *I3: Innovation x Irrationality = Impact*," SSRN. July 12th 2024b. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4890826

MÖKANDER, Jakob. Auditing of AI: Legal, ethical and technical approaches. *Digital Society*, vol. 2, n. 3, 2023. pp. 49. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s44206-023-00074-y>.

NIGHTINGALE, Sophie J.; WADE, Kimberley A.; WATSON, Derrick G. *Can people identify original and manipulated photos of real-world scenes?* Cognitive research: principles and implications 2. 2017. p. 1-21.

NORDHAUS, W.D. Are We Approaching an Economic Singularity? Information Technology and the Future of Economic Growth. *American Economic Journal: Macroeconomics* vol.13, n.1 2021. p. 299-332.

OPENAI. *GPT-4 Technical Report*. 2023. Disponível em: <https://www.openai.com/research/gpt-4>

PERRIGO, B. *The New AI-Powered Bing Is Threatening Users*. That's No Laughing Matter. Time. February 17th 2023.

PETHOKOUKIS, J. *Googlenomics: A Long-read Q&A with Chief Economist Hal Varian*. AEIdeas. December 20th 2017.

PIPER, K. *The case for taking AI seriously as a threat to humanity*. Vox . October 15th 2020.

PORTER, Jon. *ChatGPT continues to be one of the fastest-growing services ever*. The Verge, 2023. Disponível em: <https://www.theverge.com/2023/11/6/23948386/chatgpt-active-user-count-openai-developer-conference>.

PRICKETT MORGAN, Timothy. *Inside the Massive GPU Buildout at Meta Platforms*. The Next Platform, March 13th 2024. Disponível em: <https://www.nextplatform.com/2024/03/13/inside-the-massive-gpu-buildout-at-meta-platforms/>.

PRIMO BRAGA, C.A.; PAIVA, P. (orgs.) *Produtividade e o Futuro da Economia Brasileira*,

eBook. Nova Lima: FDC, 2022.

PRIMO BRAGA, C.A.; MEIRA, S. (orgs.). *Inteligência Artificial e a Produtividade no Trabalho*, eBook. Nova Lima: FDC, 2024.

PRIMO BRAGA, C.A. Oppenheimer, Turing e o Apocalipse. *Valor Econômico*, 23 de outubro 2023a.

PRIMO BRAGA, C.A. Mercado de trabalho e a Esfinge. *Valor Econômico*, 28 de agosto 2023b.

PRIMO BRAGA, C.A. Momentos de euforia. *Valor Econômico*, 12 abr. 2024a.

PRIMO BRAGA, C.A. Como as empresas médias brasileiras estão adotando, com sucesso, a inteligência artificial. *Exame Negócios*, 26 de junho 2024b.

PROGRAMA SETORIAL DA INTERNET. *O cenário atual de desenvolvimento da Inteligência Artificial no Brasil*. vol.16, n.1, 2024.

RAO, Anand S.; VERWEIJ, Gerard. *Sizing the prize: What's the real value of AI for your business and how can you capitalise?* PwC Global. 2017. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/news-room/docs/report-pwc-ai-analysis-sizing-the-prize.pdf>

RIEKE, Nicola et al. The future of digital health with federated learning. *npj Digital Medicine*, vol. 3, n. 1, 2020. pp. 1-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41746-020-00323-1>.

SHETH, Amit *et al.* Neurosymbolic AI: Why, What, and How. 2023. arXiv preprint arXiv:2305.00813. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2305.00813>.

SILVER, D. *et al.* *Mastering Chess and Sogi by Self-Play with a General Reinforcement Algorithm*. 2017. Deepmind, processed.

SOLOW, R. *We'd Better Watch Out*. New York Times Book Review, July 12th 1987.

STRUBELL, Emma; GANESH, Ananya; MCCALLUM, Andrew. *Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP*. Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL 2019), 2019. pp. 3645-3650. Disponível em: <https://www.aclweb.org/anthology/P19-1355.pdf>.

TEAM GEMINI. Gemini: a family of highly capable multimodal models. 2023. arXiv preprint arXiv:2312.11805.

THE ECONOMIST. What are the chances of an AI apocalypse? July 10th 2023.

UNESCO. Institute for Statistics. *Research and Development Expenditure (% of GDP)*. 2023. Disponível em: <http://data.uis.unesco.org>.

VINGE, V. *The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era*. VISION-21 Symposium, 1993. processed.

WEF. *Future of Jobs 2023*. Geneva: World Economic Forum, 2023.

YANG, Z. Why Chinese companies are betting on open-source AI. *MIT Technology Review*, July 24th 2024.

YANNIER, N. *et al.* AI Adaptivity in a Mixed-Reality System Improves Learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00388-5>.

YUDKOWSKY, E. *Pausing AI Developments Isn't Enough. We Need to Shut it All Down*. Time, March 29th 2023.

ZARKADAKIS, G. *In Our Own Image*. London: Rider, 2015.

