

---

**ASCENSÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA**

**RISE OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Matheus Roberto Mattesco<sup>1</sup>  
Ricardo Petri Silva<sup>2</sup>

**RESUMO**

Este artigo explora a evolução histórica da Inteligência Artificial Generativa (IAG), traçando suas raízes do conceito de "Inteligência Mecânica" de Alan Turing até o cenário atual dominado por aprendizado profundo e grandes modelos de linguagem. O artigo examina marcos importantes, incluindo o desenvolvimento de técnicas como retropropagação, Redes Adversariais Generativas, modelos Sequência a Sequência e Transformers. Ele destaca o impacto transformador desses avanços, levando à criação de modelos IAG sofisticados capazes de gerar texto, imagens, música e outras formas de conteúdo de alta qualidade.

O artigo analisa ainda mais o impacto social da IAG, examinando seus potenciais benefícios e riscos.

229

**Palavras-chave:** inteligência artificial generativa; deep learning; ChatGPT; Alan Turing.

**ABSTRACT**

This paper explores the historical evolution of Generative Artificial Intelligence (GAI), tracing its roots from Alan Turing's concept of "Mechanical Intelligence" to the current landscape dominated by deep learning and large language models. The paper examines key milestones, including the development of techniques such as backpropagation, Generative Adversarial Networks, Sequence-to-Sequence models, and Transformers. It highlights the transformative impact of these advancements, leading to the creation of sophisticated IAG models capable of generating high-quality text, images, music, and other forms of content.

The paper further analyzes the societal impact of IAG, examining both its potential benefits and risks.

**Keywords:** generative artificial intelligence; deep learning; ChatGPT; Alan Turing.

---

<sup>1</sup> Discente do Centro Universitário Filadélfia de Londrina - UniFil

<sup>2</sup> Docente do Centro Universitário Filadélfia de Londrina - UniFil

## 1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) tem sido um tema amplamente debatido, sendo uma das principais portas de entrada para o mercado de tecnologia. O aspecto mais notável dessa ascensão é o volume de investimentos que o setor tem atraído, como o maior aporte já registrado no Vale do Silício até a 2024: US\$ 6,6 bilhões destinados à OpenAI, a empresa por trás do ChatGPT, além dos mais de US\$ 13 bilhões investidos pela Microsoft desde 2019 (Ellyatt, 2024; Singh, 2024).

Contudo, o rápido crescimento da IA trouxe várias oportunidades, ela passou a ser vista como um investimento "confiável". Uma pesquisa realizada pela empresa de capitais chamada *Ocorian* revelou que quase todos os gestores de fundos de ativos alternativos acreditam que a IA será fundamental para o crescimento de seus negócios nos próximos cinco anos, sendo que 43% dos entrevistados consideram essa tecnologia muito importante (Wintermeyer, 2024).

Além disso, uma pesquisa conduzida pela consultoria *McKinsey & Company* entre 22 de fevereiro e 5 de março de 2024, que contou com a participação de 1.363 respondentes de diversas regiões, indústrias, tamanhos de empresas e especialidades funcionais, revelou que, nos últimos seis anos, a adoção de IA pelas organizações entrevistadas foi de cerca de 50%. Este ano, a pesquisa mostrou um salto significativo na adoção, que alcançou 72% (McKinsey & Company, 2024).

230

Esse crescente interesse em IA alimenta a percepção de que a tecnologia pode resolver uma variedade de problemas, especialmente após o sucesso do ChatGPT, uma Inteligência Artificial Generativa (IAG) que permitiu aos usuários interagir diretamente com a tecnologia de maneira intuitiva e com um alto nível de assertividade (Wu *et al.*, 2023).

Embora essa evolução tenha impulsionado o avanço da IA como um todo, ela também gerou equívocos sobre suas reais capacidades, além de medos entre aqueles que desconhecem o tema. Este artigo visa apresentar uma síntese das principais evoluções da IAG, demonstrando que essa tecnologia não é algo recente e que muitos dos debates atuais já eram centrais em discussões passadas (Li; Huang, 2020).

Para o desenvolvimento deste estudo, foi adotada uma metodologia exploratória, com a coleta e análise de artigos que proporcionaram avanços significativos na área. O critério de seleção incluiu o número de citações e a relevância histórica dos temas discutidos.

Este artigo busca fornecer uma visão acessível e não técnica da evolução da IA, sendo particularmente útil para estudantes e entusiastas que desejam compreender o tema em um nível mais introdutório.

Um dos equívocos mais comuns é a crença de que a IA, especialmente a IAG, substituirá profissões como a de programadores. Essa crença, amplamente discutida em artigos como os publicados pela NVIDIA, será revisitada ao final deste trabalho, com dados que demonstram ser uma preocupação infundada (Asia, 2024).

Essa visão simplista ignora nuances fundamentais sobre o papel dos profissionais de tecnologia e a verdadeira natureza da IA. Mesmo as ferramentas de IA mais avançadas são limitadas pela dependência de dados existentes e carecem de habilidades essenciais, como raciocínio criativo e julgamento contextual, que são críticos no desenvolvimento de sistemas (Brynjolfsson; McAfee, 2020).

Para entender o impacto real da IA no mercado de trabalho e em outras áreas, é importante analisar suas principais evoluções e contextos históricos. Este artigo está estruturado em cinco seções principais. Na primeira parte, a fundamentação teórica proporciona ao leitor uma base atualizada e sólida sobre os conceitos centrais que serão explorados. A segunda seção explora os trabalhos relacionados, discutindo pesquisas que complementam o presente estudo. Na terceira seção, detalha-se a metodologia adotada, explicando os critérios e ferramentas utilizados para garantir a validade dos resultados. A quarta seção apresenta o desenvolvimento, estruturado como uma linha do tempo que destaca os principais marcos históricos e tecnológicos da IAG. Por fim, a conclusão traz uma reflexão do autor, revisitando os pontos centrais do artigo e oferecendo uma visão sobre as implicações futuras da IA no contexto atual, e também uma prévia do que está por vir.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 O que é Inteligência?**

Para compreendermos melhor a IA, é interessante explorar o significado de "inteligência" em diversas áreas. Na psicologia, a inteligência é vista como a capacidade mental de aprender, raciocinar, adaptar-se e resolver problemas. Em diversas avaliações, essa capacidade é mensurada por meio de lógica, raciocínio e memória (Sternberg, 2000).

Na filosofia, Platão define a inteligência como relacionada ao mundo das ideias, onde o ser humano usa a razão para compreender verdades universais. Aristóteles complementa essa visão, considerando a inteligência como a capacidade de raciocínio lógico, essencial para a compreensão e a ação prática, refletindo uma visão semelhante à da psicologia (Shields, 2014).

Por sua vez, na neurociência, Miguel Nicolelis argumenta que a inteligência emerge da complexa interação entre bilhões de neurônios, resultando na neuroplasticidade, que é a capacidade de reorganizar as conexões neurais em resposta à aprendizagem e à experiência (Nicolelis, 2011).

232

### **2.2 Inteligência Artificial**

De acordo com Stuart Russell e Peter Norvig, a IA pode ser definida como o estudo e desenvolvimento de agentes inteligentes, ou seja, sistemas que percebem seu ambiente e tomam ações que maximizam suas chances de sucesso em alcançar um objetivo (Russell; Norvig, 2020).

A IA surgiu para resolver problemas que não podiam ser abordados apenas com algoritmos lógicos, utilizando "inteligência humana" para encontrar soluções. Exemplos disso incluem a geração automática de textos, como na escrita de artigos ou resumos (Brown *et al.*, 2020a), a criação de imagens realistas a partir de descrições, como cenários ou retratos digitais (Ramesh *et al.*, 2021), e até mesmo a

produção de vídeos e animações. Além disso, a IA também auxilia na análise de grandes quantidades de dados, ajudando na tomada de decisões em áreas como medicina, onde pode sugerir diagnósticos, ou finanças, onde pode prever tendências de mercado (Ibrahim *et al.*, 2023).

### **2.3 Processamento de Linguagem Natural**

O campo da IA é composto por diversos domínios, destacando-se entre os principais o Aprendizado de Máquina, o Processamento de Linguagem Natural (PLN), o Reconhecimento de Voz, a Robótica, entre outros (Russell; Norvig, 2020).

Processamento de linguagem natural é o domínio que se concentra na capacidade da IA de compreender, interpretar e gerar linguagem humana. É nesse contexto que a IAG se destaca: por meio de treinamento com dados coletados, ela consegue gerar novos conteúdos, como textos, imagens e outros tipos de mídia que não existiam anteriormente (Jurafsky; Martin, 2019).

233

### **2.4 Inteligência Artificial Generativa**

A IAG representa um dos avanços mais notáveis na área de IA, essa tecnologia refere-se a sistemas capazes de gerar conteúdo novo e original, a partir de padrões aprendidos em dados previamente coletados. Por meio de algoritmos complexos, como o *deep learning*, que é composto por múltiplas camadas de neurônios artificiais. Ela trabalha em conjunto para aprender padrões complexos em grandes conjuntos de dados. Como resultado, essa tecnologia é capaz de criar textos, imagens, músicas e até mesmo vídeos que não existiam anteriormente (Brown *et al.*, 2020b).

A IAG se destaca pela sua capacidade de produzir resultados que parecem humanos, através do conhecimento, incorporado em seus modelos. No caso específico de geração de texto, por exemplo, a IA utiliza vastas quantidades de dados de linguagem para aprender estruturas, estilos e contextos, permitindo a criação de narrativas coesas e informativas (Gozalo-Brizuela; Garrido-Merchán, 2023).

Um exemplo dessa tecnologia é o ChatGPT, uma IAG que permite aos usuários interagir diretamente com a tecnologia, gerando respostas contextuais e criativas. No entanto, a ascensão da IAG também levanta questões sobre autenticidade, autoria e as implicações éticas de sua utilização, refletindo a necessidade de um entendimento mais profundo sobre suas capacidades e limitações (Floridi; Chiriatti, 2020).

### **3 TRABALHOS RELACIONADOS**

Diversos estudos e relatórios recentes discutem a ascensão da IAG, o artigo "Generative Artificial Intelligence: A Historical and Future Perspective" foca na história e evolução da IAG, com foco especialmente em modelos de IAG. Esse artigo aborda marcos importantes nos desenvolvimentos dos modelos e suas aplicações em diversas áreas, o artigo também discute as preocupações relacionadas à privacidade e desinformação que pode vir a ser gerada, e também supõe perspectivas e desafios futuros da IAG (KILINÇ; KEÇECIOĞLU, 2024).

234

No artigo "History of Generative Artificial Intelligence (AI) Chatbots: Past, Present, and Future Development", é traçada a evolução histórica dos *chatbots*, desde suas primeiras versões até as mais avançadas, destacando como seu desenvolvimento caminhou lado a lado com os avanços na IAG. Inicialmente, os *chatbots* eram baseados em regras simples e funcionavam sem IA, limitados a interações básicas e pré-programadas. Com o tempo, à medida que a IA evoluiu, especialmente com a introdução da IAG, os *chatbots* passaram a oferecer interações mais sofisticadas, capazes de entender e gerar respostas mais naturais e contextuais (Al-Amin *et al.*, 2024).

O artigo "Speculative Futures on ChatGPT and Generative Artificial Intelligence (AI): A Collective Reflection from the Educational Landscape" é um trabalho abrangente de caráter especulativo, que apresenta ao leitor narrativas focadas nos benefícios e armadilhas da IAG, com ênfase no impacto dessa tecnologia na educação. Elaborado por um grupo global de especialistas, o artigo oferece uma reflexão aprofundada sobre como a IAG pode moldar o aprendizado, o ensino e o

cenário educacional de forma geral (Bozkurt *et al.*, 2023).

Destaca-se também o "Manual de Inteligência Artificial no Direito Brasileiro", escrito pela professora *Fernanda de Carvalho Lage*. A autora oferece um guia acessível e de fácil compreensão sobre o tema. Esse artigo proporciona uma perspectiva didática ao abordar a IA a partir de um ponto de vista externo à área técnica, com o uso também da história para explicar determinados pontos. O artigo está disponível na Biblioteca Digital Jurídica do Superior Tribunal de Justiça (STJ), tornando-se uma referência importante para o estudo da aplicação da IA no contexto jurídico brasileiro (Lage, 2023).

Outro trabalho de grande referência foi o artigo "Sabiá: Portuguese Large Language Models", que apresenta uma pesquisa sobre a eficácia do pré-treinamento de IAG para o português. O estudo conclui que a especialização de modelos para idiomas específicos pode resultar em melhorias significativas, sugerindo um futuro com uma variedade de modelos adaptados a domínios específicos, em vez de depender de um único modelo abrangente (Pires *et al.*, 2023).

235

Todos os trabalhos citados nesta seção apresentam evoluções principalmente na IAG, que serviram como base para o desenvolvimento deste estudo. É importante destacar que, embora esses estudos tenham apontado avanços e qualidades, também se concentraram nas limitações e potenciais malefícios gerados pela IAG. As limitações identificadas incluem a abordagem excessivamente técnica do assunto em alguns artigos e a falta de menção a pontos históricos importantes em outros, como o Inverno da IA.

#### **4 METODOLOGIA**

A metodologia utilizada neste trabalho é de natureza exploratória, tendo como objetivo coletar e analisar os principais trabalhos e marcos que contribuíram para a evolução da IAG até o formato que conhecemos atualmente. A pesquisa exploratória foi realizada com base em uma revisão de estudos e desenvolvimentos importantes no campo da IAG, destacando os avanços tecnológicos, acadêmicos e as aplicações

práticas que moldaram seu impacto nos diversos setores.

A pesquisa foi realizada em três etapas principais. Primeiramente, foi feita a coleta dos estudos relevantes, selecionados com base em sua importância para a evolução da IAG. Em seguida, foi realizada uma análise detalhada dos artigos, focando em suas contribuições técnicas e impactos no campo. Por fim, as informações obtidas foram sintetizadas e organizadas, categorizando os principais marcos em uma linha do tempo, de forma a evidenciar a progressão dos avanços e inovações tecnológicas da IAG.

Os artigos foram selecionados com base em sua relevância histórica, número de citações, data de publicação e impacto direto no desenvolvimento de novas técnicas de IAG. As principais fontes foram coletadas por meio de buscas no *Google Scholar* e *Semantic Scholar*.

## **5 DESENVOLVIMENTO**

236

Essa pesquisa surgiu a partir da necessidade de explorar tópicos mais complexos e específicos no campo da IA. Durante o desenvolvimento de uma arquitetura recentemente implementada na área de IAG, diversos desafios técnicos foram enfrentados, o que motivou uma extensa busca por soluções. Nesse processo, uma vasta gama de artigos e marcos históricos da IA foram identificadas, revelando a rica trajetória de descobertas e inovações que moldaram o campo ao longo do tempo. Essas descobertas inspiraram a criação de uma cronologia da IAG, com o objetivo de mapear sua evolução e impacto no desenvolvimento das tecnologias modernas.

No entanto, a história da IA, que culminou nas avançadas arquiteturas de IAG, tem suas raízes muito antes do surgimento das tecnologias computacionais modernas. Para compreender plenamente a ascensão desse campo e suas ramificações mais recentes, é necessário olhar para as ideias e conceitos que antecederam o século XX.

## 5.1 Pré-Alan Turing

A IA consolidou-se como um campo de estudo formal na conferência a ser mencionada nas seções seguintes. Contudo, a concepção de IA tem raízes em períodos muito anteriores, vinculando-se a ideias e reflexões de épocas passadas.

De acordo com evidências arqueológicas, Yuval Noah Harari, em "Sapiens: Uma Breve História da Humanidade", aborda como a espécie *Homo sapiens* se destacou sobre os Neandertais, enfatizando a capacidade de inovação e adaptação dos *Homo sapiens*. Desde os primórdios, o ser humano, como conhecido hoje, buscou ferramentas e inovações para maximizar seu rendimento. Essa tendência é visível nas primeiras ferramentas de pedra, datadas de cerca de 2,6 milhões de anos atrás, que permitiram um acesso mais eficiente a alimentos e proteção. Essa necessidade de otimização e eficiência reflete diretamente a forma como a IA é vista e desenvolvida atualmente. Assim como os *Homo sapiens* criaram instrumentos para enfrentar desafios, a IA representa uma extensão desse impulso humano para inovar e facilitar a vida (Harari, 2015).

237

No livro "O Verdadeiro Criador de Tudo", Miguel Nicolelis argumenta que a capacidade humana de inovar e buscar soluções para melhorar a qualidade de vida é um dos principais fatores que contribuíram para o sucesso da espécie. Essa busca incessante por melhorias levou ao desenvolvimento de ferramentas e tecnologias ao longo da história, culminando na era digital conhecida hoje. Nicolelis destaca que, ao longo da evolução, o *Homo sapiens* não apenas se adaptou ao ambiente, mas também o moldou através da invenção. Essa dinâmica é evidente na atual ascensão da IA, que, assim como inovações passadas, busca resolver problemas complexos e melhorar a eficiência em diversas áreas, desde a saúde até a indústria (Nicolelis, 2019).

Para enriquecer essa discussão, pode-se trazer à tona a filosofia de Aristóteles, que via o ser humano como um "animal racional" cujo objetivo é a busca pela excelência e a realização do potencial humano. Aristóteles acreditava que a razão e a inovação são essenciais para a realização da eudaimonia, ou seja, a vida boa e

virtuosa. Essa ideia ressoa profundamente na forma como a IA é abordada atualmente; a tecnologia é utilizada não apenas para facilitar a vida, mas também para alcançar um estado de bem-estar e desenvolvimento humano (Wedgwood, 2017).

Além disso, a cibernética, introduzida por Norbert Wiener na década de 1940, trouxe uma nova perspectiva sobre a interação entre humanos e máquinas. Esse campo de estudo explorou como sistemas, sejam eles biológicos ou mecânicos, podem se comunicar e aprender, estabelecendo uma base para a IA moderna. A ideia de que as máquinas podem simular processos humanos de pensamento e aprendizado é um reflexo direto da busca milenar da humanidade por aprimoramento e eficácia (Stephan, 2016).

Portanto, a história da IA é, em muitos aspectos, uma continuação da narrativa humana sobre inovação e adaptação, onde a tecnologia é uma extensão das capacidades cognitivas e um testemunho da incessante busca por soluções que facilitem e melhorem a vida. Essa busca, que ecoa a filosofia aristotélica, reafirma a importância de integrar razão, criatividade e tecnologia em um caminho que visa não apenas a sobrevivência, mas a verdadeira realização do potencial humano (Brynjolfsson; McAfee, 2020).

238

## **5.2 Inteligência Mecânica**

Não podemos iniciar a discussão sobre IA sem antes falar sobre Alan Mathison Turing, que trouxe à tona o conceito de "Inteligência Mecânica". Ele foi responsável por comandar a equipe que criou as máquinas "Bomba" durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), responsáveis pela quebra das criptografias realizadas pela máquina Enigma alemã. Esse feito não apenas ajudou a vencer a guerra, mas também antecipou consideravelmente o programa de pesquisa sobre a IA. O mesmo princípio que Turing aplicou na quebra de criptografia — processar dados complexos para descobrir padrões ocultos — agora é uma característica fundamental das arquiteturas de IAG. Turing sustentou que "qualquer coisa executada por um computador humano (isto é, um humano que trabalhava com números) poderia ser feita por uma

máquina"(Gladwin, 1997).

Em seu artigo "COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE", publicado em 1950, Turing explora a relação entre inteligência e máquinas, propondo que a capacidade de uma máquina "pensar" e a possibilidade de aprendizado e adaptação nas máquinas são essenciais para que elas melhorem seu desempenho com base em experiências, uma ideia que se tornou central na IAG. Turing também questiona as limitações das máquinas e a natureza do pensamento, desafiando a noção de que a inteligência é exclusivamente humana, e seu trabalho lançou as bases para o desenvolvimento da IA, influenciando tanto a filosofia quanto a ciência da computação (Turing, 1950).

### **5.3 O Nascimento da Inteligência Artificial**

O termo "Inteligência Artificial" e seus primeiros conceitos começaram a tomar forma em 1956, quando John McCarthy, professor de matemática em Dartmouth, nos EUA, organizou um convite para grandes cientistas realizarem um estudo de dois meses sobre IA durante o verão. Este evento, conhecido como a Conferência de Dartmouth, discutiu temas que viriam a se tornar o âmago da área, que hoje são conhecidas como:

- Computadores automáticos (Sistemas Autônomos): Sistemas que operam de forma independente, realizando tarefas sem intervenção humana.
- Programação de computadores para o uso de linguagens (Processamento de Linguagem Natural): Habilidade dos computadores de entender e gerar linguagem humana.
- Redes de neurônios (Redes Neurais Artificiais): Modelos computacionais que aprendem padrões complexos, inspirados na estrutura do cérebro.
- Teoria da complexidade computacional (Teoria da Complexidade): Estudo dos recursos necessários para resolver problemas computacionais e sua classificação.
- Autoaperfeiçoamento (Aprendizado de Máquina): Algoritmos que melhoram seu desempenho com base em dados e experiências anteriores.

- Abstrações (Representação do Conhecimento): Modelos que simplificam a realidade para facilitar o raciocínio e a manipulação de informações.

- Aleatoriedade e criatividade (Inteligência Artificial Generativa): Uso de algoritmos para criar novos conteúdos de forma original e inovadora.

Esses conceitos, discutidos na Conferência de Dartmouth, continuam a ser fundamentais na pesquisa e no desenvolvimento de IA (Mccarthy *et al.*, 2006).

É importante também mencionar que, no ano seguinte, em 1957, o psicólogo Frank Rosenblatt publicou o artigo "The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain", introduzindo um modelo simplificado de neurônio artificial chamado *Perceptron*, que serviu de base para o desenvolvimento de redes neurais artificiais (Rosenblatt, 1958).

#### **5.4 O Primeiro Chatbot**

A IAG é hoje comumente utilizada em chatbots, oferecendo interações em linguagem natural. Um marco importante nesse desenvolvimento foi a criação do programa ELIZA, desenvolvido por Joseph Weizenbaum em 1966. ELIZA simulava uma conversa com um terapeuta, utilizando PLN para responder às entradas dos usuários. Embora suas capacidades fossem limitadas, ELIZA foi um dos primeiros exemplos de como os computadores poderiam imitar a interação humana. Vale também citar que Weizenbaum cita em seu artigo que pessoas que passavam pela ELIZA recusavam-se a acreditar que era realmente uma máquina, assim ecoando diretamente no teste de turing (Weizenbaum, 1966).

Embora ELIZA possa parecer simples hoje, seu impacto perdura nas tecnologias contemporâneas. O programa estabeleceu as bases para interfaces conversacionais, influenciando *chatbots* e assistentes virtuais modernos. A capacidade de ELIZA de evocar a percepção de inteligência moldou a maneira como os usuários interagem com a IA. Além disso, levantou questões éticas sobre a desumanização nas interações tecnológicas, destacando a responsabilidade dos desenvolvedores. O legado de ELIZA continua a inspirar a pesquisa em PLN e

interação humano-computador, enfatizando a importância de refletir criticamente sobre a tecnologia (Berry, 2023).

## 5.5 Inverno da IA

Após a criação dos neurônios *Perceptron* e da ELIZA, o estudo voltado à IA passou por um momento difícil, denominado "Inverno da IA". Esse termo, cunhado em 1984, surgiu durante um debate na conferência da "*Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)*", onde se discutia a estagnação do progresso na pesquisa em IA. Diversos fatores impactaram esse período, muitos dos quais são recorrentes hoje, como Herbert Simon, que previu em 1965 que "máquinas serão capazes, dentro de vinte anos, de fazer qualquer trabalho que um homem possa fazer" (Russell; Norvig, 2020).

Os *Perceptrons*, apesar de suas contribuições iniciais, enfrentavam limitações significativas: conseguiam apenas resolver problemas linearmente separáveis e não aprendiam representações complexas, resultando em dificuldades para modelar relações intrincadas e padrões não lineares. Essa limitação foi um fator crucial para a crítica à pesquisa em IA, especialmente com o Relatório *Lighthill*, publicado em 1973 pelo matemático Sir James Lighthill. Esse relatório questionou a eficácia da pesquisa em IA por não atingir os "objetivos grandiosos" prometidos, resultando em cortes substanciais de financiamento no Reino Unido (Lighthill, 1973).

Outro documento relevante foi o Relatório "*Automatic Language Processing Advisory Committee (ALPAC)*", publicado em 1966, que examinou o progresso da tradução automática e concluiu que não havia sinais de que a tecnologia poderia ser prática em um futuro próximo, levando também a cortes de financiamento para projetos relacionados. Além disso, a explosão combinatória de complexidade dos problemas enfrentados pela IA, que tornava o processo de resolução excessivamente complexo, e a falência da LISP Machine, que era a principal linguagem utilizada para desenvolvimento em IA, contribuíram para esse período de estagnação, levando muitos a questionarem a viabilidade e o futuro da pesquisa em IA (Russell; Norvig,

2020).

## **5.6 O Retorno e a Evolução do Treinamento em IA**

O fim dos Invernos da IA e seu renascimento, a partir da década de 1990, resultaram de uma combinação de avanços tecnológicos, novas abordagens teóricas e mudanças no mercado. Entre os principais fatores que impulsionaram esse renascimento estão o aumento significativo do poder computacional, impulsionado pela Lei de Moore, que prevê o dobro da capacidade de processamento a cada dois anos, e o uso de *Graphics Processing Unit (GPU)*, que tornaram viável o treinamento de modelos complexos em tempos razoáveis.

Um marco significativo nesse ressurgimento da IAG foi a publicação do artigo "*Learning Representations by Back-Propagating Errors*" em 1986 por David E. Rumelhart, Geoffrey E. Hinton e Ronald J. Williams. Esse trabalho descreveu o algoritmo *Backpropagation*, que revolucionou o campo das redes neurais, permitindo o ajuste eficaz dos pesos das conexões entre os neurônios artificiais. O procedimento visa minimizar a discrepância entre a saída prevista pela rede e a saída desejada. Embora o termo "aprendizado profundo" ainda não fosse utilizado, o *Backpropagation* se tornou um dos pilares fundamentais para o que se tornaria essa nova abordagem em aprendizado de máquinas. A implementação desse algoritmo possibilitou que o treinamento por gradiente descendente se tornasse até dez milhões de vezes mais rápido, reduzindo o tempo necessário para o treinamento de anos para apenas algumas horas. Esse avanço não apenas ressuscitou as redes neurais, mas também abriu caminho para uma nova era de inovação em inteligência artificial (Rumelhart; Hinton; Williams, 1986).

242

## **5.7 Reconhecimento da IA**

Em 1997, o *Deep Blue*, um computador desenvolvido pela IBM, fez história ao derrotar o campeão mundial de xadrez Garry Kasparov em uma partida de seis jogos.

Essa conquista não apenas ressaltou as capacidades computacionais avançadas da época, mas também exemplificou a aplicação prática da IA em um domínio altamente complexo e estratégico, como o xadrez. O *Deep Blue* utilizava um sofisticado sistema de busca em árvore, analisando as posições das peças e avaliando diferentes movimentos para decidir a melhor jogada. Garry Kasparov, impressionado com o desempenho da máquina, declarou: “Pela primeira vez na história da humanidade, vi algo semelhante a um intelecto artificial” (Campbell; Hoane; Hsu, 2002).

Além disso, o impacto do *Deep Blue* na percepção pública sobre a IA ajudou a abrir portas para pesquisas em IAG, mostrando que a IA poderia não apenas seguir regras predefinidas, mas também aprender e inovar em áreas mais criativas. Essa mudança de paradigma incentivou investimentos e pesquisas em IAG, refletindo a confiança crescente na capacidade das máquinas de realizar tarefas cognitivas complexas (Russell; Norvig, 2020).

## **5.8 Avanço do Treinamento em Deep Learning**

243

Em 2006, um artigo seminal foi publicado por Geoffrey Hinton, Simon Osindero e Yee-Whye Teh, intitulado “*A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets*”. Este trabalho apresentou um método inovador para treinar redes neurais profundas, que eram difíceis de serem treinadas devido à sua complexidade não linear (Hinton; Osindero; Teh, 2006).

O *Deep Learning* é uma subárea da IA que utiliza redes neurais artificiais para modelar e compreender dados complexos. Essas redes são compostas por múltiplas camadas de neurônios artificiais que processam informações de maneira semelhante ao cérebro humano. O objetivo é aprender a representar dados de forma hierárquica, permitindo que a máquina identifique padrões e faça previsões precisas (Sarker, 2021).

No entanto, um problema persistente no *Deep Learning* é o da caixa preta, que se refere à opacidade dos modelos de IA, tornando as decisões do sistema difíceis de compreender. Esse desafio é tão relevante que resultou no surgimento de um novo

campo da IA: a Inteligência Artificial Explicável (XAI) (Barredo Arrieta *et al.*, 2020).

No artigo, os autores introduziram as *Restricted Boltzmann Machines* (RBMs), que são uma forma de rede neural capaz de aprender a representar dados sem supervisão. Isso significa que as RBMs podem analisar os dados por conta própria, sem precisar de rótulos ou instruções explícitas. O método proposto facilitou o treinamento dessas redes em várias camadas, tornando-as mais eficazes em tarefas como reconhecimento de fala, classificação de imagens e processamento de linguagem natural (Fischer; Igel, 2012).

O impacto deste trabalho é significativo, pois pavimentou o caminho para o desenvolvimento de diversas arquiteturas modernas de aprendizado profundo, como os autoencoders, amplamente utilizados em aprendizado de máquina não supervisionado, e as redes neurais convolucionais (CNNs), essenciais em tarefas de visão computacional, ambas com grande aplicação em IAG atualmente (Hinton; Osindero; Teh, 2006).

244

## **5.9 Nascimento da Inteligência Artificial Generativa**

Podemos considerar 2014 como o nascimento da IAG, ano em que dois artigos fundamentais foram publicados, possibilitando que a IA finalmente gerasse conteúdos novos e originais.

O primeiro artigo, "*Generative Adversarial Nets*", de Ian Goodfellow e colaboradores, revolucionou a forma como os sistemas de IA geram dados. A proposta central deste trabalho é o uso de duas redes neurais que competem em um jogo adversário: um Gerador, que cria amostras falsas, e um Discriminador, que avalia se a amostra gerada é real ou não. O objetivo é que o Gerador se torne tão eficiente que o Discriminador não consiga distinguir entre amostras reais e geradas. Essa abordagem teve um impacto significativo em diversas áreas, incluindo a geração de imagens, objetos, músicas e textos (Goodfellow *et al.*, 2014).

O segundo artigo relevante deste ano, "*Sequence to Sequence Learning with Neural Networks*", de Ilya Sutskever, Oriol Vinyals e Quoc V. Le, introduziu um novo

paradigma para o processamento de sequências com redes neurais. Antes dessa pesquisa, sistemas de tradução e tarefas semelhantes utilizavam métodos baseados em modelos de Markov, nos quais a previsão do próximo estado dependia apenas do atual, ignorando dados anteriores, o que limitava a capacidade de capturar dependências de longo prazo entre os elementos de uma sequência, a arquitetura Seq2Seq proposta é composta por dois componentes principais:

**Codificador (Encoder):** Recebe a sequência de entrada (como uma frase em inglês) e a transforma em um vetor fixo de representação, encapsulando a informação da sequência inteira.

**Decodificador (Decoder):** Recebe esse vetor do codificador e o utiliza para gerar a sequência de saída (como uma frase em francês).

Esse artigo demonstrou a capacidade de capturar toda a informação de uma sequência de tamanho variável em um vetor de dimensão fixa, chamado de "vetor de contexto" ou "vetor de pensamento", que serve como entrada para o decodificador.

Esses desenvolvimentos têm raízes nas ideias pioneiras de Alan Turing sobre "Inteligência Mecânica". A abordagem adversarial das Redes Adversárias Generativas reflete a essência do que Turing propôs: máquinas que não apenas seguem regras pré definidas, mas que também aprendem e se adaptam com base em suas experiências. Turing vislumbrou uma era em que as máquinas poderiam "pensar" e gerar novas informações, um conceito central nas IAGs contemporâneas (Sutskever; Vinyals; Le, 2014)

245

## 5.10 Ponto de Virada

Avançando para 2018, após o desenvolvimento da arquitetura Seq2Seq, surgiram várias limitações, como o cálculo sequencial e a dificuldade em capturar dependências de longo alcance. Foi nesse contexto que surgiu o artigo "*Attention Is All You Need*", que focou diretamente nessas questões e introduziu os *Transformers*. Essa nova arquitetura abandonou completamente a recorrência e a convolução, utilizando exclusivamente mecanismos de atenção para capturar dependências entre

os elementos de entrada e saída. O título reflete essa mudança de paradigma, com os Transformers permitindo o processamento paralelo de informações, superando as limitações das Redes Neurais Recorrentes em termos de velocidade e de manuseio de dependências de longo alcance. Essa inovação teve um impacto profundo no processamento de linguagem natural, pavimentando o caminho para o desenvolvimento de *Large Language Models (LLMs)* como GPT e BERT. (Vaswani *et al.*, 2017)

Logo em seguida, em 2019, o artigo "*BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*" introduziu o BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), um modelo inovador de representação de linguagem que impulsionou a ascensão da IA de várias maneiras.

O BERT usa um método chamado Modelo de Linguagem Mascarado (MLM), que ensina o sistema a adivinhar palavras que estão faltando em uma frase, levando em conta as palavras antes e depois dela. Isso ajuda o modelo a entender melhor o significado das palavras em diferentes contextos. Além disso, o BERT também aprende a prever a próxima frase, o que é importante para entender como as sentenças se relacionam, tornando mais fácil responder perguntas e interpretar textos.

O sucesso do BERT destacou a eficácia do aprendizado por transferência, permitindo que representações gerais de linguagem fossem adaptadas para tarefas específicas com menos dados rotulados. Embora o GPT, criado pela OpenAI, também tenha sido lançado em 2019, o BERT trouxe inovações significativas, como o aprendizado bidirecional e o mascaramento de palavras, permitindo uma compreensão mais profunda do contexto nas frases (Devlin *et al.*, 2018).

### **5.11 ChatGPT**

Em 2020, a empresa OpenAI publicou o artigo "*Language Models are Few-Shot Learners*", no qual discute o desenvolvimento do modelo de PLN chamado GPT-3. Com 175 bilhões de parâmetros, o GPT-3 possui 10 vezes mais parâmetros do que qualquer outro modelo existente na época. Os resultados mostraram que o GPT-3

alcançou um desempenho notável em uma variedade de tarefas de PLN, incluindo tradução, perguntas e respostas, e tarefas de fechamento. Além disso, ele se destacou em atividades que requerem raciocínio rápido e adaptação de domínio, como reorganização de palavras, utilização de novas palavras em frases e resolução de problemas aritméticos com três dígitos (Brown *et al.*, 2020a).

O estudo também incluiu uma análise que reuniu 80 participantes para avaliar a capacidade do GPT-3 de gerar textos indistinguíveis dos escritos por humanos. Apesar do desempenho avançado do modelo, a precisão dos participantes em identificar os artigos gerados pelo GPT-3 foi apenas ligeiramente superior ao acaso, alcançando 52%. Isso indica que o texto produzido pelo GPT-3 é frequentemente difícil de distinguir do texto humano, refletindo seu impacto significativo no campo da IA e da PLN (Brown *et al.*, 2020a).

Em 2022, em novembro, a empresa OpenAI lançou para o mercado um sistema chamado ChatGPT, da qual utilizava a arquitetura do GPT-3, e teve um impacto significativo, alcançando a marca de 100 milhões de usuários ativos em apenas dois meses após seu lançamento, assim se tornando o aplicativo de consumo que mais rapidamente alcançou 100 milhões de usuários na história, superando até mesmo redes sociais populares como Instagram e TikTok (Leiter *et al.*, 2023).

O modelo não apenas gerou um grande volume de tráfego, mas também provocou um debate mais amplo sobre as implicações da inteligência artificial na sociedade, incluindo sua influência em profissões, educação e a criação de conteúdo.

## **5.12 Pós ChatGPT**

Após o surgimento do ChatGPT, diversos modelos semelhantes foram lançados no mercado, abrangendo várias ramificações mais específicas de IAG, como o Gemini, desenvolvido pela Google, e o LLaMA, criado pelo Meta, entre muitos outros. A OpenAI continua a lançar novas versões, e os investimentos na área aumentam, tornando o tema cada vez mais debatido globalmente.

Vale também citar uma das arquiteturas que busca abordar alguns desses

problemas, o RAG (*Retrieval-Augmented Generation*). Essa arquitetura visa utilizar de forma eficiente fontes externas de conhecimento para aprimorar a geração de linguagem. A RAG combina a capacidade dos modelos de linguagem de aprender com grandes volumes de dados à flexibilidade de recuperar informações de bancos de dados em tempo real. Isso melhora a precisão das respostas e permite atualizações contínuas do conhecimento sem a necessidade de re-treinamento completo (Lewis *et al.*, 2021).

A integração da IAG em setores variados, como marketing, entretenimento e finanças, aumentou significativamente. As empresas estão utilizando esses modelos para automação de tarefas, criação de conteúdo e análise de dados. Contudo, desafios éticos persistem, pois modelos de IAG podem reproduzir preconceitos presentes nos dados de treinamento, levantando questões sobre responsabilidade e transparência na IA. Além disso, a qualidade da geração de linguagem traz riscos associados à criação de desinformação e *deepfakes* exigindo a implementação de ferramentas eficazes para identificar e mitigar a propagação de informações falsas (Al-Kfairy *et al.*, 2024).

248

Uma outra preocupação de acordo com o "*Artificial Intelligence Index Report 2024*", estamos nos aproximando de uma escassez de dados de treinamento, o que pode limitar o desenvolvimento futuro dos modelos. Além disso, surgem questões éticas significativas relacionadas à privacidade e segurança, bem como os riscos associados à geração de desinformação. Esses desafios evidenciam a necessidade de uma abordagem responsável e cuidadosa no avanço da IAG, para garantir que seus benefícios sejam aproveitados sem comprometer a ética e a segurança (Maslej *et al.*, 2024).

### **5.13 Um novo inverno da IA?**

A história da IA mostra que diversos fatores podem precipitar um novo "inverno da IA", e muitos deles se refletem no contexto atual.

Expectativas Exageradas:

Um relatório feito pela Goldman Sachs em Junho de 2024 chamado "*GEN AI: TOO MUCH SPEND, TOO LITTLE BENEFIT?*", explora o contraste entre o investimento significativo em IA e os resultados tangíveis limitados vistos até agora. O analista-chefe Jim Covello expressa ceticismo em relação ao otimismo em torno da IAG, argumentando que os altos custos de desenvolvimento e implementação a tornam inviável para muitos casos (Nathan; Grimberg, 2024).

Limitações Técnicas:

Empresas como a Google vem lançando modelos cada vez mais complexos e poderosos, e informam que estão cada vez melhores. Porém o artigo "*Larger and more instructable language models become less reliable*" estuda diversos modelos e descobre algo muito interessante, que modelos mais iniciais, ou seja, com menos dados, costumam evitar perguntas quando não as tem conhecimento, porém modelos ampliados e moldados tendem a dar uma resposta aparentemente sensata, mas errada, com muito mais frequência. O estudo destaca a necessidade de uma mudança fundamental no design e desenvolvimento de IA de propósito geral, particularmente em áreas de alto risco para as quais uma distribuição previsível de erros é primordial (Zhou *et al.*, 2024).

Um estudo realizado por pesquisadores da Apple, que envolveu testes lógicos em diversos modelos de IAG, concluiu que uma única alteração em uma cláusula de uma pergunta pode comprometer significativamente o desempenho do modelo, resultando em uma deterioração de até 65%. Os autores levantam a hipótese de que a IAG não é capaz de realizar operações lógicas de forma autônoma, baseando-se apenas em sentenças lógicas previamente treinadas (Mirzadeh *et al.*, 2024).

Falta de Poder Computacional:

Um aspecto crucial na discussão sobre IAG é o custo energético associado ao treinamento de modelos. O GPT-3, por exemplo, consome cerca de 1.300 megawatts-hora de eletricidade, o equivalente ao consumo anual de 130 residências nos EUA

(Luccioni; Viguier; Ligozat, 2022).

Para mitigar esse desafio, empresas como Google e Microsoft estão explorando a energia nuclear como uma alternativa sustentável e eficiente, buscando soluções para reduzir o impacto ambiental associado ao alto consumo energético (Gar- Ver, 2024).

## **6 CONCLUSÃO**

Após a coleta dos principais marcos da IAG, foi possível obter uma visão mais holística sobre o tema. Essa tecnologia evoluiu significativamente nos últimos anos e promete continuar seu desenvolvimento. O trabalho não apenas contribui para o entendimento atual da IAG, mas também indica direções para futuras pesquisas nesse campo.

Entretanto, a metodologia aplicada apresentou algumas limitações, especialmente na coleta dos marcos históricos. Diversos eventos e contribuições relevantes, como as obras de Isaac Asimov e a evolução dos semicondutores, entre outros importantes, não puderam ser incluídos devido a restrições impostas pelo escopo deste trabalho.

A IAG é uma tecnologia impressionante que, atualmente, atinge um pico em sua ascensão e nos investimentos. No entanto, isso também tem gerado muitas decepções e preocupações na sociedade. É importante refletir sobre o fato de que vivemos na era com o maior volume de informações, mas também na era da maior desinformação.

Além disso, observa-se uma lacuna na literatura atual, pois poucos estudos abordam as possíveis consequências de uma centralização da IAG como centro de informações. Essa questão poderá ter um impacto significativo na sociedade, levando a um cenário em que a IAG desempenhe um papel central na disseminação e controle da informação.

E, por fim, a IA, em todas as suas formas, é uma extensão da inteligência humana, refletindo tanto nossas capacidades quanto nossas limitações. Embora seja

uma criação fascinante, ela nos lembra que, sem a capacidade humana de imaginar, inovar e sonhar, a IA permaneceria apenas um conceito vazio.

## REFERÊNCIAS

- AL-AMIN, M. et al. *History of generative Artificial Intelligence (AI) chatbots: past, present, and future development*. 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2402.05122>. Acesso em: 05 mar. 2025.
- AL-KFAIRY, M. et al. Ethical challenges and solutions of generative ai: An interdisciplinary perspective. *Informatics*, v. 11, n. 3, 2024. ISSN 2227-9709. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9709/11/3/58>. Acesso em: 05 mar. 2025.
- ASIA, T. W. Nvidia's ceo jensen huang: Ai will take over coding, making learning optional. *Tech Wire Asia*, March 2024. Acesso em: 21 out. 2024. Disponível em: <https://techwireasia.com/2024/03/nvidias-ceo-jensen-huang-ai-will-take-over-coding-making-learning-optional/>. Acesso em: 05 mar. 2025.
- Barredo Arrieta, A. et al. Explainable artificial intelligence (xai): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible ai. *Information Fusion*, v. 58, p. 82–115, 2020. ISSN 1566-2535. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566253519308103>. Acesso em: 05 mar. 2025.
- BERRY, D. M. The limits of computation: Joseph weizenbaum and the eliza chatbot. *Weizenbaum Journal of the Digital Society*, v. 3, n. 1, p. 25–38, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.30819/wjds.2023.127>. Acesso em: 05 mar. 2025.
- BOZKURT, A. et al. Speculative futures on ChatGPT and generative artificial intelligence (AI): A collective reflection from the educational landscape. *Asian Journal of Distance Education*, v. 18, n. 1, mar. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7636568>. Acesso em: 05 mar. 2025.
- BROWN, T. B. et al. *Language Models are Few-Shot Learners*. 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2005.14165>. Acesso em: 05 mar. 2025.
- BROWN, T. B. et al. Language models are few-shot learners. In: *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020)*. [S.l.: s.n.], 2020. 5
- BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. Artificial intelligence and the future of work. *Revue d'économie industrielle*, OpenEdition Journals, v. 145, p. 1–16, 2020. Disponível em: <https://journals.openedition.org/rei/8727>. Acesso em: 05 mar. 2025.

CAMPBELL, M.; HOANE, A.; HSU, F. hsiung. Deep blue. *Artificial Intelligence*, v. 134, n. 1, p. 57–83, 2002. ISSN 0004-3702. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370201001291>. Acesso em: 05 mar. 2025.

DEVLIN, J. et al. BERT: pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *CoRR*, abs/1810.04805, 2018. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1810.04805>. Acesso em: 05 mar. 2025.

ELLYATT, H. Rise of openai: Microsoft's \$13 billion artificial intelligence bet. *CNBC*, August 2024. Acesso em: 21 out. 2024. Disponível em: <https://www.cnbc.com/2024/08/10/rise-of-openai-microsofts-13-billion-artificial-intelligence-bet.html?&qsearchterm=microsoft%2013>. Acesso em: 05 mar. 2025.

FISCHER, A.; IGEL, C. An introduction to restricted boltzmann machines. In: ALVAREZ, L. et al. (Ed.). *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 14–36. ISBN 978-3-642-33275-3.

FLORIDI, L.; CHIRIATTI, M. Gpt-3: Its nature, scope, limits, and consequences. *Minds and Machines*, Springer, v. 30, n. 4, p. 681–694, 2020.

GARVER, R. Tech firms increasingly look to nuclear power for data centers. *VOA News*, 2024. Acesso em: 20 out. 2024. Disponível em: <https://www.voanews.com/a/tech-firms-increasingly-look-to-nuclear-power-for-data-center/7823925.html>. Acesso em: 05 mar. 2025.

252

GLADWIN, L. A. Alan turing, enigma, and the breaking of german machine ciphers. *Codes and Ciphers*, p. 2–15, 1997. Discusses the contributions of Alan Turing to cryptography during World War II and his theoretical work on universal machines.

GOODFELLOW, I. J. et al. *Generative Adversarial Networks*. 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1406.2661>. Acesso em: 05 mar. 2025.

GOZALO-BRIZUELA, R.; GARRIDO-MERCHÁN, E. C. *A survey of Generative AI Applications*. 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2306.02781>. Acesso em: 05 mar. 2025.

HARARI, Y. N. *Sapiens: Uma Breve História da Humanidade*. São Paulo: L&PM, 2015.

HINTON, G. E.; OSINDERO, S.; TEH, Y.-W. Fast learning algorithms for deep belief nets. In: *Neural Information Processing Systems (NIPS)*. Curran Associates, Inc., 2006. p. 1531–1538. Disponível em: <https://www.cs.toronto.edu/~hinton/absps/fastnc.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2025.

IBRAHIM, H. et al. Rethinking homework in the age of artificial intelligence. *IEEE*

*Intelligent Systems*, v. 38, n. 2, p. 24–27, 2023.

JURAFSKY, D.; MARTIN, J. H. *Speech and Language Processing*. 3rd. ed. [S.l.]: Pearson, 2019.

KILINÇ, H. K.; KEÇECIOĞLU, F. Generative artificial intelligence: A historical and future perspective. *Academic Platform Journal of Engineering and Smart Systems*, Akademik Perspektif Derneği, v. 12, n. 2, p. 47–58, 2024.

LAGE, F. d. C. *Manual de Inteligência Artificial no Direito Brasileiro*. Superior Tribunal de Justiça (STJ), 2023. Disponível em: [https://bdjur.stj.jus.br/jspui/bitstream/2011/154607/manual\\_inteligencia\\_artificial\\_lage.pdf](https://bdjur.stj.jus.br/jspui/bitstream/2011/154607/manual_inteligencia_artificial_lage.pdf). Acesso em: 05 mar. 2025.

LEITER, C. et al. Chatgpt: A meta-analysis after 2.5 months. *arXiv preprint arXiv:2302.13795*, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/html/2302.13795>. Acesso em: 05 mar. 2025.

LEWIS, P. et al. *Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks*. 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2005.11401>. Acesso em: 05 mar. 2025.

LI, J.; HUANG, J.-S. Dimensions of artificial intelligence anxiety based on the integrated fear acquisition theory. *Technology in Society*, v. 63, p. 101410, 2020. ISSN 0160-791X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X20300476>. Acesso em: 05 mar. 2025.

253

LIGHTHILL, S. J. Artificial intelligence: A general survey. In: *Artificial Intelligence: A Paper Symposium*. Science Research Council, 1973. Disponível em: [https://rodsmitth.nz/wp-content/uploads/Lighthill\\_1973\\_Report.pdf](https://rodsmitth.nz/wp-content/uploads/Lighthill_1973_Report.pdf). Acesso em: 05 mar. 2025.

LUCCIONI, A. S.; VIGUIER, S.; LIGOZAT, A.-L. *Estimating the Carbon Footprint of BLOOM, a 176B Parameter Language Model*. 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2211.02001>. Acesso em: 05 mar. 2025.

MASLEJ, N. et al. *Artificial Intelligence Index Report 2024*. 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2405.19522>. Acesso em: 05 mar. 2025.

MCCARTHY, J. et al. A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI Magazine*, v. 27, n. 4, p. 12, Dec. 2006. Disponível em: <https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/view/1904>. Acesso em: 05 mar. 2025.

McKinsey & Company. The state of ai. 2024. Acesso em: 21 out. 2024. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai?>

cid=other-soc----oth----- p&sid=soc-POST\_ID&linkId=451497048. Acesso em: 05 mar. 2025.

MIRZADEH, I. et al. *GSM-Symbolic: Understanding the Limitations of Mathematical Reasoning in Large Language Models*. 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2410.05229>. Acesso em: 05 mar. 2025.

NATHAN, A.; GRIMBERG, J. *Gen AI: Too Much Spend, Too Little Benefit*. Goldman Sachs, 2024. Accessed: 2024-10-20. Disponível em: [https://www.goldmansachs.com/images/migrated/insights/pages/gs-research/gen-ai--too-much-spend%2C-too-little-benefit-/TOM\\_AI%202.0\\_ForRedaction.pdf](https://www.goldmansachs.com/images/migrated/insights/pages/gs-research/gen-ai--too-much-spend%2C-too-little-benefit-/TOM_AI%202.0_ForRedaction.pdf). Acesso em: 05 mar. 2025.

NICOLELIS, M. *O Verdadeiro Criador de Tudo*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2019. 8  
NICOLELIS, M. A. *Beyond Boundaries: The New Neuroscience of Connecting Brains with Machines—and How It Will Change Our Lives*. New York: Times Books, 2011.

PIRES, R. et al. Sabiá: Portuguese large language models. In:..... *Intelligent Systems*. Springer Nature Switzerland, 2023. p. 226–240. ISBN 9783031453922. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-45392-2\\_15](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-45392-2_15). Acesso em: 05 mar. 2025.

RAMESH, A. et al. *Zero-Shot Text-to-Image Generation*. 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2102.12092>. Acesso em: 05 mar. 2025.

254

ROSENBLATT, F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, American Psychological Association, v. 65, n. 6, p. 386–408, 1958. Disponível em: <https://www.ling.upenn.edu/courses/cogs501/Rosenblatt1958.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2025.

RUMELHART, D. E.; HINTON, G. E.; WILLIAMS, R. J. Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, v. 323, n. 6088, p. 533–536, 1986. ISSN 1476-4687. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/323533a0>. Acesso em: 05 mar. 2025.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4. ed. Hoboken, NJ: Pearson, 2020.

SARKER, I. H. Deep learning: A comprehensive overview on techniques, taxonomy, applications and research directions. *SN Computer Science*, v. 2, n. 6, p. 420, 2021. ISSN 2661-8907. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00815-1>. Acesso em: 05 mar. 2025.

SHIELDS, C. Aristotle. In:\_\_\_\_\_. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Spring 2014. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2014. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2014/entries/aristotle/>. Acesso em: 05 mar. 2025.

SINGH, K. Openai closes \$6.6 billion funding haul, valuation at \$157 billion with

investment. *Reuters*, October 2024. Acesso em: 21 out. 2024. Disponível em: <https://www.reuters.com/technology/artificial-intelligence/openai-closes-66-billion-funding-haul-valuation-157-billion-with-investment-2024-10-02/>. Acesso em: 05 mar. 2025.

STEPHAN, K. D. The cybernetics movement [book reviews]. *IEEE Technology and Society Magazine*, v. 35, n. 2, p. 20–22, 2016.

STERNBERG, R. J. The theory of successful intelligence. *Review of General Psychology*, American Psychological Association, v. 4, n. 3, p. 249–272, 2000.

SUTSKEVER, I.; VINYALS, O.; LE, Q. V. *Sequence to Sequence Learning with Neural Networks*. 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1409.3215>. Acesso em: 05 mar. 2025.

TURING, A. M. I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE. *Mind*, LIX, n. 236, p. 433–460, 10 1950. ISSN 0026-4423. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>. Acesso em: 05 mar. 2025.

VASWANI, A. et al. Attention is all you need. *CoRR*, abs/1706.03762, 2017. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1706.03762>. Acesso em: 05 mar. 2025.

WEDGWOOD, R. 137Rationality as a Virtue. In: *The Value of Rationality*. Oxford University Press, 2017. ISBN 9780198802693. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oso/9780198802693.003.0007>. Acesso em: 05 mar. 2025.

255

WEIZENBAUM, J. *ELIZA - A Computer Program for the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine*. 1966. Disponível em: <https://web.stanford.edu/class/cs124/p36-weizenbaum.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2025.

WINTERMEYER, L. Ai is getting to work in the highly regulated investment management industry. *Forbes*, February 2024. Acesso em: 21 out. 2024. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/lawrencewintermeyer/2024/02/22/ai-is-getting-to-work-in-the-highly-regulated-investment-management-industry/>. Acesso em: 05 mar. 2025.

WU, T. et al. A brief overview of chatgpt: The history, status quo and potential future development. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, v. 10, n. 5, p. 1122–1136, 2023.

ZHOU, L. et al. Larger and more instructable language models become less reliable. *Nature*, v. 634, n. 8032, p. 61–68, 2024. ISSN 1476-4687. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07930-y>. Acesso em: 05 mar. 2025.