



**A SINERGIA ENTRE A
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
E CONECTIVIDADE:**

Redes conectadas e inteligentes

Ficha técnica

Presidente do Conselho de Administração
Vitor Lippi

Presidente Executivo
Ruben Delgado

Vice-Presidente Executivo
Diônes Lima


Pesquisa e Conteúdo
[Observatório Softex](#)
Ana Beatriz Atique, Tiago Azevedo, Floriano Neto e Ana Bertoni

Análise técnica
[Operacional Softex](#)
Juliana Molezini e Rayanny Nunes

Projeto Gráfico, Revisão e Diagramação
[Marketing e Comunicação Softex](#)
Laura Santos e Karine Serezuella

©2025 – Softex – Associação para Promoção
da Excelência do Software Brasileiro

Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida,
desde que seja citada a fonte.



Sumário

INTRODUÇÃO	4
Contexto IA Global e Brasil	7
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A CONECTIVIDADE	11
Contexto da Conectividade Global e no Brasil	15
Aplicações de Inteligência Artificial habilitadas por meio da conectividade	19
Políticas Públicas para a Integração de IA e Conectividade	26
DESAFIOS DA IA E CONECTIVIDADE	29
Desafios inerentes à tecnologia	30
OPORTUNIDADES E TENDÊNCIAS	33
Oportunidades	33
Tendências da IA para o futuro	34
Políticas públicas para o futuro	40
CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	47



Introdução

“As máquinas podem pensar?” foi a pergunta que Alan Turing (1950) fez no seu artigo “Computing Machinery and Intelligence” que se tornou a primeira proposta consistente de filosofia da Inteligência Artificial (GABRIEL, 2018). No entanto, diversos estudos relacionados a redes neurais e atividades lógicas, como o de McCulloch e Pitts (1943), já estavam sendo desenvolvidos antes da publicação de Turing. Em 2019, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), ao publicar “Os Princípios de IA da OECD”, trouxe a seguinte definição para IA: “Um sistema de IA é um sistema baseado em máquina que, para objetivos explícitos ou implícitos, infere, a partir das informações que recebe, como gerar resultados como previsões, conteúdos, recomendações ou decisões que podem influenciar ambientes físicos ou virtuais. Diferentes sistemas de IA variam nos seus níveis de autonomia e adaptabilidade após a implantação” (OECD, 2019). Contudo, a IA pode ser definida como um campo multidisciplinar da ciência da computação que se dedica ao estudo, desenvolvimento e aplicação de sistemas capazes de realizar tarefas que normalmente exigiria inteligência humana. Isso inclui habilidades como aprendizado, raciocínio, percepção, tomada de decisão e processamento de linguagem natural.

A IA pode ser classificada em diferentes níveis com base em sua capacidade cognitiva e autonomia, sendo categorizada como Inteligência Artificial Limitada (NAI), Inteligência Artificial Geral (AGI) e Superinteligência Artificial (ASI). A NAI, também denominada IA fraca, refere-se a sistemas projetados para desempenhar tarefas específicas dentro de um escopo restrito, sem capacidade de aprendizado autônomo além do que foram programados. Esse é o tipo de inteligência artificial amplamente utilizado atualmente, presente em assistentes virtuais, veículos autônomos, chatbots de atendimento, sistemas de reconhecimento facial, tradução automática e aplicações de IA generativa, como o ChatGPT. A AGI, ou IA forte, representa um sistema com capacidade de realizar qualquer tarefa intelectual que um ser humano poderia executar, incluindo raciocínio abstrato, aprendizado autônomo e adaptação a novas situações sem necessidade de reprogramação. No entanto, essa tecnologia ainda não foi desenvolvida e permanece como um



objetivo da pesquisa na área. A ASI, por sua vez, refere-se a uma forma hipotética de inteligência artificial que ultrapassaria a inteligência humana em diversos aspectos, incluindo a capacidade de aprendizado e tomada de decisões. Enquanto a NAI já é amplamente aplicada, a AGI e a ASI ainda estão em estágio teórico e experimental.

A IAG é um ramo da IA focado na criação de novos dados, conteúdos ou soluções a partir de padrões aprendidos em grandes volumes de informação. Além disso é o tipo de IA mais comentada nos últimos anos, principalmente pela introdução na vida cotidiana do ChatGPT, e atualmente com o “Momento Sputnik” da China com a Deep Seek¹. Baseada principalmente em modelos de aprendizado profundo, como redes neurais generativas adversárias (Generative Adversarial Networks – GANs) e modelos baseados em transformadores, como Generative Pre-trained Transformers (GPT), a IA generativa é capaz de produzir texto, imagens, áudio, vídeo e até código-fonte de forma autônoma. Diferente dos sistemas de IA convencionais, que analisam e classificam dados existentes, a IA generativa extrapola padrões e gera novas informações que seguem a lógica dos dados de treinamento. Sua aplicação abrange diversas áreas, incluindo automação de criação de conteúdo, síntese de dados para treinamento de modelos, design assistido por IA e desenvolvimento de soluções inovadoras em setores como saúde, engenharia e segurança cibernética. Apesar do potencial, desafios como viés algorítmico, autenticação de conteúdo gerado e implicações éticas na criação de material sintético são aspectos críticos que demandam regulamentação e desenvolvimento de mecanismos de controle.

A AGI e a ASI são conceitos teóricos de inteligência artificial que diferem significativamente da NAI. Espera-se que a AGI tenha um nível de inteligência semelhante ao humano, com a capacidade de solucionar problemas para os quais não foi previamente programada. Em teoria, seria capaz de replicar processos cognitivos complexos, incluindo raciocínio lógico, aprendizado autônomo e adaptação a diferentes contextos sem necessidade de reprogramação. A ASI, por sua vez, representa um nível ainda mais avançado de inteligência artificial, no qual a máquina não apenas

1 CNN Brasil. “Momento Sputnik” de IA chinesa gera tombo global em ações de tecnologia. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/mercado/momento-sputnik-de-ia-chinesa-gera-tombo-global-em-acoes-de-tecnologia/>



igualaria, mas potencialmente superaria a inteligência humana em todas as áreas, podendo desenvolver autonomia cognitiva e, possivelmente, autoconsciência.

Além da classificação da IA quanto ao seu nível de inteligência, diferentes abordagens são utilizadas para o desenvolvimento e aprimoramento desses sistemas. Entre elas, o aprendizado de máquina (machine learning – ML) refere-se a um conjunto de métodos que permitem que algoritmos reconheçam padrões e tomem decisões com base em dados, sem necessidade de programação explícita para cada tarefa. Uma subcategoria do ML é o aprendizado profundo (deep learning – DL), que utiliza redes neurais artificiais compostas por múltiplas camadas para modelar padrões complexos. O processamento de linguagem natural (PLN) possibilita a compreensão e geração de texto em linguagem humana, sendo uma das bases para sistemas de interação textual. Já os modelos de linguagem de grande escala (large language models – LLMs) são um avanço no PLN, treinados em vastos conjuntos de dados para produzir respostas coerentes e contextualmente relevantes. As redes neurais artificiais constituem a base de muitas dessas técnicas, inspiradas no funcionamento do cérebro humano para processar informações de forma distribuída e paralela. Essas abordagens são fundamentais para o desenvolvimento de aplicações práticas da NAI e para o avanço na pesquisa voltada à AGI.

Essa definição pode ser complementada conforme o contexto de aplicação, como na segurança cibernética, Internet das Coisas (IoT) ou redes 5G, nas quais a IA pode otimizar e proteger sistemas complexos. Sendo assim, a conectividade torna-se um elemento habilitador para a eficiência da IA, pois possibilita a comunicação em tempo real entre dispositivos, sensores e sistemas inteligentes. Tecnologias como 5G e redes definidas por software (SDN) permitem a transmissão de grandes volumes de dados com baixa latência, viabilizando a execução de algoritmos de IA para análise e tomada de decisão. No contexto de IoT, a IA processa dados coletados por dispositivos conectados para otimizar operações, prever falhas e melhorar a gestão de recursos. Na segurança cibernética, a conectividade avançada possibilita a detecção e resposta a ameaças com base na análise de padrões de tráfego e identificação de anomalias. A sinergia entre IA e conectividade contribui para o



desenvolvimento de sistemas autônomos, cidades inteligentes e automação industrial, ampliando a capacidade de processamento e tomada de decisão distribuída em redes complexas.

Contexto IA Global e Brasil

Analisar e entender o contexto global e nacional da IA põe em perspectiva o potencial de crescimento da IA e as formas distintas de investimento financeiro e intelectual dos países na tecnologia, além de possibilitar a identificação de áreas nas quais uma nação se destaca ou deve investir para alcançar esse destaque.

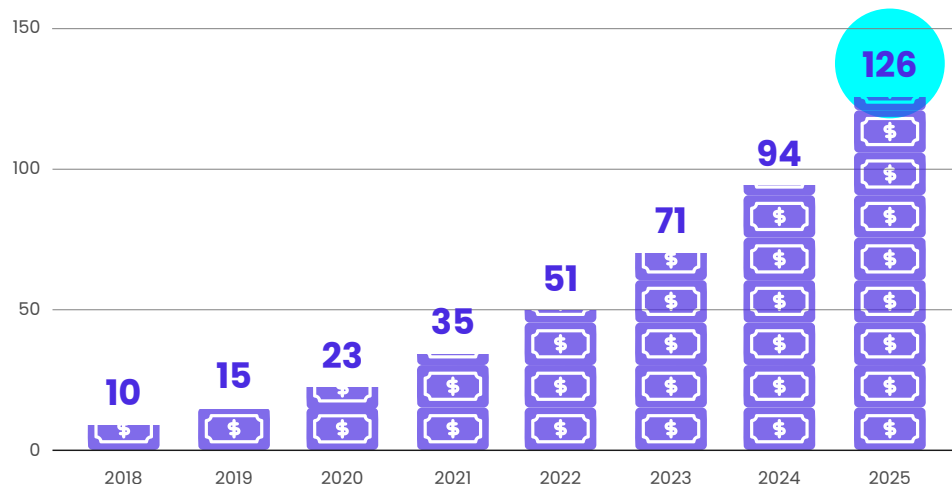
O crescimento da demanda e adoção da IA impactou de forma expressiva a receita do mercado global de softwares de IA. No estudo “A Avalanche da Inteligência Artificial” (SOFTTEX, 2024), publicado pelo Observatório Softex, observou-se a previsão de receita do mercado global de softwares de IA de US\$ 126 bilhões em 2025, representando um aumento de 77,46% em relação à receita registrada em 2023 (Figura 1).

Em relação à IA Generativa, estima-se um potencial de gerar entre US\$ 2,6 trilhões e US\$ 4,4 trilhões em benefícios econômicos se aplicado a todos os setores da indústria (MCKINSEY & COMPANY, 2023).

FIGURA 1 - Receita do mercado global de softwares de inteligência artificial.

Receita do mercado global de softwares de inteligência artificial

Em bilhões de dólares



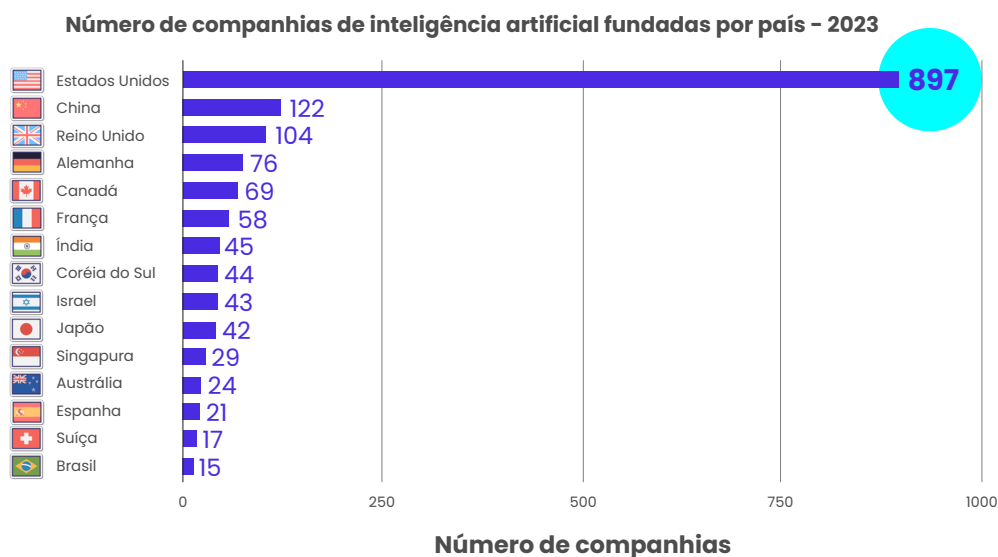
Fonte: Observatório Softex, a partir de dados do Insper



Ao analisar o número de companhias de IA fundadas por país, em 2023 (The AI Index 2024 Annual Report), observa-se os Estados Unidos na liderança com mais de 775 companhias lançadas em relação à China, que se encontra na segunda posição com 122 (Figura 2). Essa posição de liderança dos Estados Unidos na “corrida” pelo protagonismo global em IA foi desafiada no início de 2025 com o lançamento do DeepSeek R1, o modelo de IA desenvolvido por um laboratório chinês, que movimentou o universo da tecnologia.

O Brasil, por sua vez, registrou 15 novas empresas no setor em 2023. Esse valor reflete os desafios enfrentados em relação a investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), infraestrutura, e formação de talentos, além de demonstrar um ecossistema de inovação ainda em crescimento.

FIGURA 2 - Número de companhias de IA fundadas por país, em 2023



Fonte: Observatório Softex, a partir de dados do The AI Index 2024 Annual Report²

Assim como mostrado na Figura 2 acima, Estados Unidos, China e Reino Unido também lideraram o ranking de investimento em inteligência artificial no ano de 2023 (Figura 3). Esses fatores indicam um ambiente favorável para o desenvolvimento de IA,

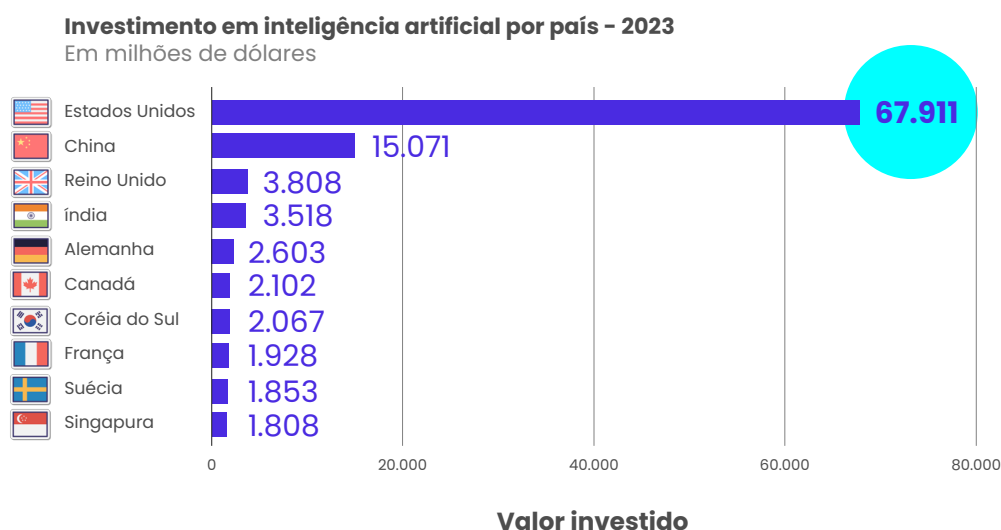
² Disponível em: <https://aiindex.stanford.edu/report/>



além do destaque no avanço e na adoção da tecnologia, o que gera um impacto positivo na economia do país e demonstra a sua influência no cenário global.

No Brasil, o investimento público projetado pelo Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA)³ é de R\$ 23 bilhões que serão utilizados entre 2024 e 2028 em ações de impacto, infraestrutura e desenvolvimento de IA, difusão, formação e capacitação em IA, uso da IA para melhoria dos serviços públicos e para a inovação empresarial e no apoio ao processo regulatório e de governança da IA.

FIGURA 3 - Investimento em IA por país, em 2023



Fonte: Observatório Softex, a partir de dados do AIPRM⁴

A análise do contexto global e nacional da IA revelou um cenário dinâmico e competitivo, com países como Estados Unidos, China e Reino Unido na liderança tanto em número de empresas abertas quanto investimentos financeiros e intelectuais feitos em 2023, consolidando-se como potências na área. A previsão do crescimento expressivo da receita do mercado global de softwares

3 Disponível em: <<https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/julho/pbia-inteligencia-artificial-para-inovacao-empresarial-tera-r-13-79-bi-de-investimentos>>

4 Disponível em: <<https://www.aiprm.com/ai-statistics/#ai-government-investment-statistics-around-the-world-exclusive-data>>



A SINERGIA ENTRE A INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL E CONECTIVIDADE:
REDES CONECTADAS E INTELIGENTES

de IA, bem como os benefícios econômicos estimados com a IA Generativa, ilustram a transformação que a tecnologia está promovendo.

Embora o Brasil ainda enfrente desafios, como a limitação de investimentos e a necessidade de uma infraestrutura mais robusta, a crescente aposta em políticas como o PBIA mostra um compromisso estratégico para o desenvolvimento da IA no país. Esse investimento irá contribuir para o fortalecimento do ecossistema de inovação brasileiro e tende a posicionar o país de maneira mais competitiva no cenário global.



Inteligência Artificial e a Conectividade

A conectividade pode ser definida como a capacidade de estabelecer ligações e comunicações entre dispositivos, sistemas e redes, possibilitando a troca eficiente de informações e a integração de tecnologias em diversos contextos. No cenário atual, a conectividade abrange uma ampla gama de tecnologias, cada uma com suas próprias características e aplicações específicas, buscando atender às diversas necessidades de comunicação e interação entre dispositivos e sistemas.

A transição das redes 4G para 5G representou uma revolução na conectividade entre dispositivos, permitindo velocidades de transmissão de dados significativamente mais rápidas, maior capacidade de conexão simultânea e uma menor latência, o que possibilitou avanços em áreas como a implementação da IoT e a evolução dos carros autônomos.

No 4G, as velocidades de transmissão de dados variam entre 100 Mbps e 1 Gbps, permitindo a conexão de aproximadamente 100 mil dispositivos por quilômetro quadrado e apresentando latências entre 30 e 50 milissegundos. Já no 5G, as taxas de transmissão podem atingir até 10 Gbps, com capacidade para conectar até 1 milhão de dispositivos por quilômetro quadrado e latências inferiores a 1 milissegundo.

Além disso, para a IA, essa transição habilitou e viabilizou a implementação de modelos de IA mais complexos e eficientes, tornando possível a execução de aplicações em tempo real e em larga escala.

Enquanto o 4G e o 5G já transformaram a maneira como consumimos dados em movimento, o 6G promete avanços significativos em termos de velocidade e latência. A alta velocidade e a baixa latência possibilitam a transmissão massiva de dados, essencial para aplicações de IA em tempo real. Para o 6G, embora os padrões ainda estejam em desenvolvimento, as projeções apontam para



velocidades na ordem de 1 Tbps, capacidade para até 10 milhões de dispositivos por quilômetro quadrado e latências em torno de 0,1 ms.

A expectativa é que, até 2030, o 6G esteja plenamente implementado⁵, levando a conectividade a novos patamares e transformando ainda mais a maneira como nos relacionamos no mundo digital. Segundo Ahammed, Patgiri e Nayak (2022), a comunicação 6G será uma comunicação impulsionada pela inteligência artificial. Neste sentido, a IA será aplicada na 6G em diversos níveis, desde a automação do gerenciamento de rede até a otimização de recursos. Além disso, a IA permitirá que a rede se adapte em tempo real às condições e demandas variáveis, tornando o 6G uma rede inteligente e autossustentável.

Em relação aos desafios, a comunicação 6G exigirá redes complexas e dinâmicas, o que implica a necessidade de uma gestão de rede automatizada e autônoma. Com isso, as técnicas de ML e DL habilitam a análise e gerenciamento de dados de rede em tempo real, permitindo a otimização de alocação de recursos e o controle de interferência de maneira eficiente e autônoma.

You e colaboradores (2021) afirmam que as redes de comunicação sem fio 6G serão redes integradas espaço-ar-solo-mar para fornecer uma cobertura global completa. Para que essa cobertura seja possível, o uso das Redes Não-Terrestres (NTNs) se faz necessário. As NTN são consideradas como um dos principais facilitadores tecnológicos da futura rede 6G, visando a conectividade em qualquer lugar e a qualquer momento. As abordagens de ML e DL baseadas em dados são as principais tecnologias de IA para capacitar as NTN baseadas em satélites nas redes 6G (MAHBOOB e LIU, 2024).

Contudo, com o avanço dos dispositivos IoT e o alto uso de gadgets, como smartwatches, e sensores inteligentes, a atualização da IoT é importante para garantir o acompanhamento dos avanços tecnológicos. A tecnologia 6G irá possibilitar a transição da IoT para a Internet de Tudo (IoE). Enquanto a IoT se concentra

5 3GPP SA 6G Planning and Progress update. Disponível em: https://www.3gpp.org/ftp/Information/presentations/Presentations_2024/03_2024_09_17_Puneet_v03.pdf



na conectividade entre dispositivos, a IoE incorpora tecnologias emergentes, como a IA, computação cognitiva e aprendizado de máquina, permitindo que os sistemas conectados sejam mais autônomos, inteligentes e eficientes. Segundo Snyder e Byrd, a IoT atingiu o pico de hype em 2015 por meio do Gartner Hype Cycle, e para cumprir seu potencial e evitar cair no Vale da Desilusão, a IoT deveria evoluir para a IoE. Para eles, a chave para essa evolução eram os campos de amadurecimento da IA, computação cognitiva e aprendizado de máquina (SNYDER; BYRD, 2017).

Além das comunicações 4G, 5G e 6G, outras tecnologias são utilizadas na conectividade entre dispositivos e auxiliadas ou habilitadas para serviços de IA. O Wi-Fi é a tecnologia de rede sem fio amplamente utilizada que permite que dispositivos e sensores transmitam dados para processamento em nuvem, viabilizando aplicações de IA que exigem mobilidade e acesso em tempo real. Além disso, o bluetooth, padrão de comunicação sem fio de curto alcance utilizado principalmente para a conexão de dispositivos pessoais, como fones de ouvido e smartwatches, os algoritmos de IA podem analisar dados de uso para oferecer experiências personalizadas e monitoramento de saúde.

De modo similar, a NFC (Near Field Communication) ou comunicação por radiofrequência de curto alcance, amplamente utilizada em transações móveis, pagamentos por aproximação e troca rápida de dados entre dispositivos. Pode ser integrada a sistemas de IA para autenticação segura e troca rápida de informações, como em pagamentos móveis e controle de acesso. Algoritmos inteligentes podem analisar os dados transmitidos para detectar fraudes e melhorar a experiência do usuário.

Neste mesmo sentido, o RFID (Radio-Frequency Identification) é uma tecnologia de identificação por radiofrequência utilizada para rastrear objetos e realizar transações sem contato. Os dados coletados por meio de RFID são fundamentais para sistemas de IA que visam otimizar a gestão de ativos e processos logísticos. Algoritmos inteligentes analisam essas informações para identificar padrões, detectar anomalias e automatizar processos, contribuindo para operações mais eficientes e seguras.



Ademais, o protocolo de comunicação sem fio de baixo consumo de energia, Zigbee, é ideal para aplicações de automação residencial e IoT, permitindo a interligação de sensores e dispositivos inteligentes. Dispositivos que utilizam o Zigbee fornecem dados em tempo real que podem ser processados por sistemas de IA para otimizar o consumo energético e a gestão dos ambientes.

Em complemento, adequada para conectar dispositivos IoT em áreas externas, a LoRaWan (Long Range Wide Area Network), tecnologia de rede de longo alcance e baixo consumo de energia, permite que os dados coletados sejam analisados por IA para monitoramento ambiental e agricultura de precisão, nos quais os algoritmos identificam padrões que ajudam na previsão de eventos e na otimização de recursos.

Já no âmbito da automação residencial, o Z-Wave possibilita a integração de diversos dispositivos que coletam dados para sistemas de IA, os quais podem gerenciar ambientes de forma autônoma. Essa colaboração resulta em maior eficiência energética, segurança e conforto para os usuários.

Outras tecnologias que estão em alta atualmente são as soluções de conectividade via satélite, que abrangem desde a internet de alta velocidade, como a oferecida pela Starlink⁶, até sistemas de navegação (GPS) e comunicações globais (Iridium), que se tornam essenciais para conectividade em regiões remotas e aplicações marítimas ou aeroespaciais. Com isso, possibilitam a transmissão de dados de regiões remotas para centros de processamento de IA, que ocorre por meio da otimização da transmissão de dados, do processamento inteligente em borda (Edge AI), ampliando aplicações em monitoramento ambiental, navegação autônoma e comunicações globais. Além disso, segundo Neto, Granjal e Pereira, essa integração entre conectividade via satélite e IA podem contribuir na proteção pública e resposta a desastres, por meio do uso de satélites com IA para análise rápida de áreas afetadas, otimizando a alocação de recursos e equipes de resgate. (NETO; GRANJAL; PEREIRA, 2022).

Neste sentido, a convergência entre IA e conectividade redefine a forma como sistemas inteligentes operam, permitindo a automação, otimização e tomada de decisões em tempo real em

⁶ Disponível em: <https://www.starlink.com/>



diversos setores. A evolução das redes de comunicação, especialmente com a adoção do 5G, SDN e conectividade via satélite, possibilita a implementação de modelos de IA mais eficientes, reduzindo latências e ampliando a capacidade de processamento distribuído. Além disso, a integração entre IA e infraestrutura de rede fortalece a segurança cibernética, aprimora a gestão de recursos e viabiliza soluções inovadoras para cidades inteligentes, indústria 4.0, saúde digital e resposta a emergências. Dessa forma, essa sinergia não apenas impulsiona a transformação digital, mas também estabelece um ecossistema tecnológico mais resiliente, adaptativo e autônomo.

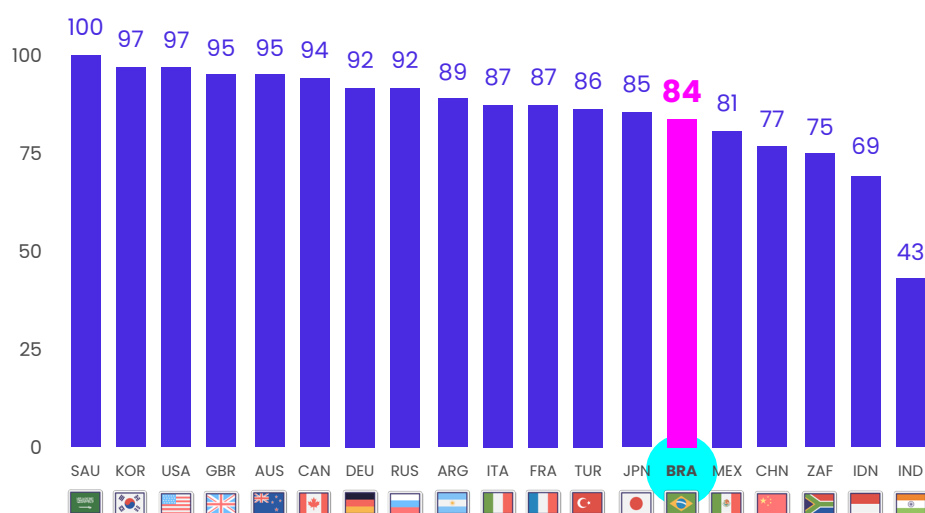
Contexto da Conectividade Global e no Brasil

O acesso universal à Internet é uma métrica importante para garantir a equidade no desenvolvimento, implantação e uso da IA no cotidiano da sociedade. Sem esse acesso equitativo, as disparidades socioeconômicas existentes podem ser aprofundadas, criando uma exclusão digital que impede a participação de grande parcela da população nos benefícios que a IA pode introduzir no dia a dia. A inclusão digital por meio do acesso universal à Internet é, portanto, um pré-requisito para o uso ético e equitativo da IA. O Brasil apresentou uma taxa de penetração de Internet de 84% em 2023, superando México (81%), China (77%) e África do Sul (75%), conforme mostrado na Figura 4.



FIGURA 4 - Porcentagem de indivíduos que usaram a Internet de qualquer local nos últimos três meses nos países que compõem o G20, 2023

Porcentagem de indivíduos que usaram internet de qualquer local nos últimos três meses - 2023



Fonte: Observatório Softex, a partir de dados de Toolkit for Artificial Intelligence Readiness and Capacity Assessment - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2024)⁷

Indo além do indicador de acesso à Internet, um estudo recente conduzido pelo Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (2024)⁸ se baseou em 9 indicadores para mensurar o nível de conectividade no país. São eles: custo da conexão domiciliar, plano de celular, dispositivos per capita, computador no domicílio, uso diversificado de dispositivos, tipo de conexão domiciliar, velocidade da conexão domiciliar, frequência de uso da Internet e locais de uso diversificado. A partir da pontuação total desses critérios, constatou-se que apenas 10% dos brasileiros com 10 anos ou mais possuem condições satisfatórias de conectividade. As regiões Norte e Nordeste registraram os piores índices, com apenas 11% e 10% da população, respectivamente, com condições satisfatórias de conectividade. As regiões Sul e Sudeste, por outro lado, registraram os melhores índices, com 27% e 31%, respectivamente.

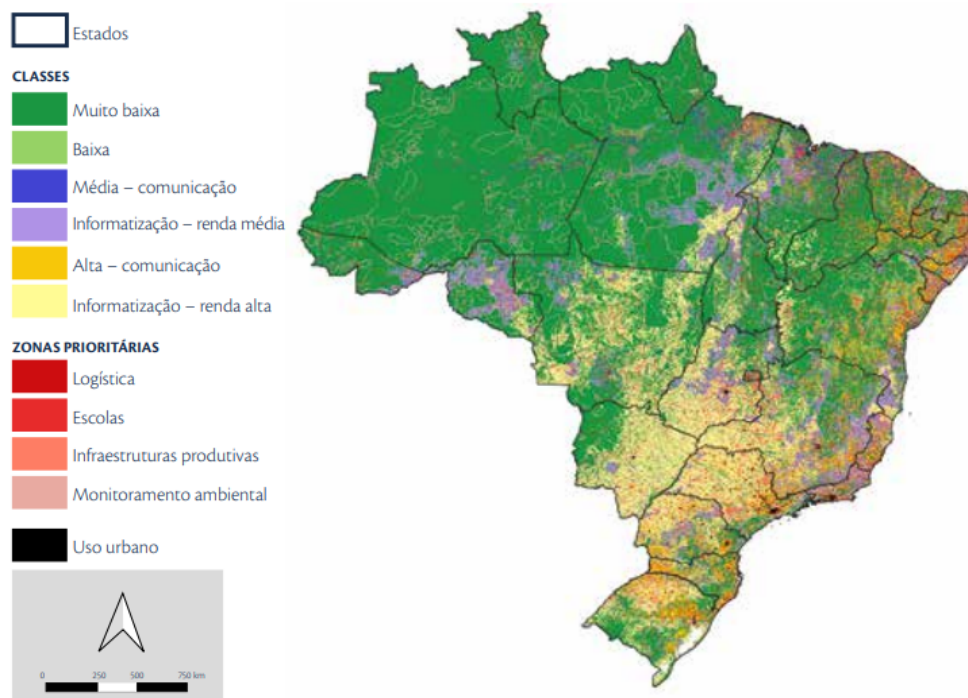
⁷ Disponível em: <https://nic.br/publicacao/toolkit-for-artificial-intelligence-readiness-and-capacity-assessment/>

⁸ Disponível em: https://cetic.br/media/docs/publicacoes/7/20240415183307/estudos_setoriais-conectividade_significativa.pdf



Em um outro estudo recente, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2024) buscou realizar uma classificação de todo o território brasileiro que refletisse a demanda por conectividade das áreas rurais, especificamente (Figura 5). Para categorizar a intensidade da demanda e o tipo de tecnologia necessária para atendê-la, foram estabelecidas sete classes de demanda por conectividade no ambiente rural. A demanda por comunicação, que requer a disponibilidade de sinal de banda larga móvel, está diretamente relacionada à densidade populacional da área. Por outro lado, a demanda por informatização é característica de um cenário com poucas pessoas, mas com atividades produtivas que necessitam de serviço de IoT para conectar sensores, máquinas e equipamentos. A demanda por comunicação foi categorizada como alta e média, com base na densidade populacional. Já a demanda por informatização foi dividida em renda baixa, média e alta, considerando o valor médio da produção agropecuária do município. Este fator indica o nível de produtividade e rentabilidade das propriedades rurais, o qual se reflete diretamente no nível de mecanização e tecnificação do produtor, revelando sua maior ou menor facilidade em aderir à oferta de conectividade.

FIGURA 5 - Classes de demanda por conectividade sobre o território do Brasil



Fonte: Conectividade no Campo - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2024)⁹

9 Disponível em: https://www.cgee.org.br/estudoscgee/-/asset_publisher/LqcvUkzr5FI/document/id/36837953?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.cgee.org.br%2Festudoscgee%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_LqcvUkzr5FI%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_pos%3D2%26p_p_col_count%3D4



As regiões Sul, Sudeste e Nordeste, que apresentam densidade populacional superior a 100 habitantes/km², concentraram a maior parte das zonas de alta demanda por comunicação, principalmente em áreas urbanas. Além disso, existe uma demanda por informatização em áreas com alta renda, caracterizadas por agricultura ou pecuária com menos de 5 habitantes/km², e cujo valor médio da produção agropecuária é alto. Essas áreas estão localizadas em grande parte do Estado de São Paulo, sul de Minas Gerais, norte do Paraná e Região Centro-Oeste. Excluindo as áreas com demanda muito baixa (59,3% do território, composto por áreas de vegetação nativa com densidade de ocupação baixa), a maior parte do território demanda informatização. Isto é, um cenário com pouca densidade populacional, mas com atividades produtivas que exigem conectividade para uso em sensores, máquinas e equipamentos.

Neste sentido, os dados apresentados indicam que, embora o acesso à Internet no Brasil seja relativamente abrangente, a qualidade da conectividade apresenta variações que podem afetar a implementação e o uso de tecnologias emergentes, como a IA. Os estudos analisados demonstram que, com base em indicadores que abrangem custo, disponibilidade e diversidade de dispositivos, as condições de conectividade são consideradas insuficientes para a plena inclusão digital em determinadas regiões, especialmente nas áreas Norte e Nordeste. Ademais, a análise da demanda por conectividade em áreas rurais ressalta a necessidade de abordagens diferenciadas que considerem tanto a densidade populacional quanto às características produtivas locais. Iniciativas como o projeto “Conexão Povos da Floresta”¹⁰, que beneficiou mais de 120 mil pessoas de comunidades indígenas, ribeirinhas e quilombolas, visa fortalecer a conectividade digital em regiões remotas da Amazônia Legal, conectando mais de 5 mil comunidades a redes de internet banda larga em territórios protegidos. Esse esforço tem impulsionado a Amazônia como o principal mercado brasileiro da Starlink¹¹, refletindo a crescente tentativa de reduzir a exclusão digital e ampliar o acesso à informação em áreas isoladas da região.

10 Disponível em: <https://www.frm.org.br/conteudo/mobilizacao-social/noticia/conexao-povos-da-floresta-amplia-alcance-e-conecta-1400>

11 Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cv2edkw84zmo>



Esses resultados sugerem a importância de políticas públicas que promovam a expansão e o aprimoramento da infraestrutura digital, visando a implementação ética e equitativa de tecnologias digitais em todo o território nacional.

Aplicações de Inteligência Artificial habilitadas por meio da conectividade

Avanços na conectividade têm possibilitado a integração de sistemas de IA em diversas áreas. Este tópico examina aplicações de IA que dependem diretamente da melhoria dos recursos de rede, abrangendo a otimização e gestão de redes, o atendimento ao cliente por meio de chatbots, iniciativas de cidades inteligentes, a integração de IA em sistemas de saúde e a segurança cibernética aprimorada. Na otimização de redes, algoritmos de IA são empregados para monitorar e ajustar os recursos de comunicação em tempo real. No atendimento ao cliente, sistemas automatizados baseados em chatbots promovem interações fundamentadas em dados. Em ambientes urbanos, a IA contribui para a gestão integrada dos serviços públicos, enquanto, no setor da saúde, sua aplicação permite o aprimoramento de diagnósticos e monitoramento. Ademais, na área de segurança cibernética, técnicas de IA são utilizadas para identificar e responder a ameaças. As seções seguintes detalham essas aplicações e discutem o papel da conectividade na viabilização dessas soluções.

OTIMIZAÇÃO E GESTÃO DE REDES

A crescente demanda por redes de telecomunicações mais eficientes e autônomas tem a IA como uma das soluções mais promissoras para otimizar seu desempenho (MISHRA et al., 2021). Os algoritmos de inteligência artificial podem ser aplicados para a previsão de tráfego, alocação dinâmica de recursos, gerenciamento de falhas e manutenção preditiva, contribuindo para a melhoria da eficiência e do desempenho das redes. Sendo assim, formando uma rede que se auto-organiza e ajusta seus parâmetros em tempo real de acordo com a demanda do tráfego é viabilizada pela IA, a qual permite uma automação inteligente sem a necessidade de intervenção manual constante. As operadoras também utilizam



algoritmos avançados para prever falhas e identificar anomalias na rede antes que se tornem problemas reais. Essa manutenção preditiva evita interrupções inesperadas e otimiza o planejamento de recursos, garantindo que a rede esteja sempre pronta para atender às demandas dos usuários.

Em 2023, a pesquisa global “State of AI in Telecommunications: 2024 Trends¹²”, da Nvidia, revelou que 41% das empresas de telecomunicações já estavam utilizando ou implementando a inteligência artificial, enquanto 48% ainda estavam avaliando ou testando a integração da IA em seus processos. Já em 2024, a pesquisa global “Telecom automation and AI: Let’s get real¹³”, da Fierce Network, revelou que mais da metade dos provedores de telecomunicações tinham inteligência artificial e automação totalmente ou parcialmente integradas em seus negócios em 2024, enquanto apenas três por cento não tinham planos de integrar a tecnologia.

Durante o Mobile World Congress 2024, a operadora TIM anunciou a implantação da plataforma Accedian/Cisco, integrada pela NEC, que vai monitorar, detectar, dar visibilidade e diagnosticar os problemas na infraestrutura de rede¹⁴. Atualmente, a identificação da causa raiz de um problema de rede ainda é um processo muito manual, de acordo com Marco Di Constanzo, CTIO da TIM Brasil. O objetivo é utilizar Inteligência Artificial e Machine Learning para automatizar esse processo e, assim, garantir assertividade ao cliente.

A Deutsche Telekom adicionou uma camada de IA ao seu serviço Premium Internet Underlay (PIU), permitindo a coleta e análise de dados históricos para identificar padrões de comportamento da rede e otimizar a sua performance, com ajustes dinâmicos que aumentam a segurança e a resiliência do serviço¹⁵.

12 Disponível em: <https://resources.nvidia.com/en-us-ai-in-telco/state-of-ai-in-telco-2024-repor>

13 Disponível em: [https://s3.amazonaws.com/publicmarketingops.qtxasset.com/Tech_Telecom/Assets/Fierce+Network+Research+Report+Final+\(All+Sponsors\).pdf](https://s3.amazonaws.com/publicmarketingops.qtxasset.com/Tech_Telecom/Assets/Fierce+Network+Research+Report+Final+(All+Sponsors).pdf)

14 Disponível em: <https://convergenciadigital.com.br/telecom/tim-investe-em-inteligencia-artificial-para-garantir-qualidade-de-servico-da-rede/>

15 Disponível em: <https://teletime.com.br/04/07/2024/deutsche-telekom-integra-ia-em-servico-premium-de-internet/>



Neste sentido, outra tecnologia que vem avançando combinada com a IA, são as redes SDN. A arquitetura SDN têm transformado a gestão de infraestruturas de rede ao separar o plano de controle do plano de dados, permitindo uma administração centralizada e a implementação dinâmica de políticas de rede. Essa arquitetura facilita a integração de técnicas de IA, que podem ser aplicadas para otimizar a alocação de recursos, monitorar o tráfego e antecipar falhas na rede, conforme apontado por Kreutz et al. (2015). A flexibilidade proporcionada pelo SDN possibilita uma visão holística dos sistemas de rede, criando um ambiente propício para a aplicação de modelos de aprendizado de máquina que suportem decisões em tempo real e ajustes operacionais dinâmicos.

A convergência de IA e SDN tem despertado interesse tanto na academia quanto na indústria, devido ao potencial para aprimorar a eficiência, segurança e resiliência das redes. Algoritmos de aprendizado profundo e técnicas de machine learning são empregados para analisar grandes volumes de dados, identificar anomalias e otimizar políticas de rede, o que contribui para uma gestão mais adaptativa e proativa. Alguns estudos, como os apresentados por Li et al. (2018), demonstram que a combinação dessas tecnologias pode melhorar significativamente o desempenho operacional das redes, permitindo o suporte à crescente demanda por serviços digitais e contribuindo para o desenvolvimento de infraestruturas mais robustas.

ATENDIMENTO AO CLIENTE COM CHATBOTS

A integração da IA com uma conectividade robusta tem sido um diferencial para transformar o cliente no setor de telecomunicações. Com a expansão das redes 5G, as operadoras agora dispõem de uma infraestrutura que permite uma rápida transmissão de dados em tempo real. Essa conectividade aprimorada possibilita que os chatbots alimentados por IA acessem e processem grandes volumes de informações em um intervalo de tempo muito pequeno, o que resulta em interações mais ágeis, precisas e personalizadas com os clientes.

Nesse contexto, operadoras de vários países têm investido fortemente em assistentes virtuais. Só em 2022 o mercado global do setor de chatbots movimentou aproximadamente cinco bilhões de dólares americanos. Analistas preveem um forte crescimento no



setor, com um volume de mercado projetado de cerca de US\$ 42 bilhões em 2032 e uma taxa de crescimento anual de aproximadamente 23,9%¹⁶.

A Vodafone, uma das maiores operadoras globais, investiu na tecnologia de IAG para aprimorar seu chatbot TOBi, que utiliza processamento de linguagem natural para interagir com os clientes de forma eficiente. Segundo informações divulgadas pela própria empresa em 2024¹⁷, o investimento foi de 140 milhões de euros para impulsionar o desempenho do assistente virtual.

Na Espanha, a Telefónica está explorando o uso da IAG para modernizar suas operações¹⁸. O foco é solucionar um desafio importante: técnicos gastam tempo excessivo consultando manuais complexos e multilíngues para resolver problemas. Para otimizar esse processo, a Telefónica España desenvolveu um chatbot baseado em IAG que utiliza a metodologia RAG (Retrieval-Augmented Generation). Essa ferramenta combina recuperação de dados em manuais com geração de respostas precisas em espanhol, oferecendo suporte e referências.

No Brasil, o sistema TIM Artificial Intelligence System (TAIS), um assistente virtual criado em 2020 e utilizado pela TIM no Atendimento ao Cliente, compreende o contexto das conversas nos chatbots com uma média de 76% de assertividade¹⁹. Isso permite que a TAIS ofereça respostas mais humanizadas aos clientes, sem a necessidade de atendimento humano. Em outro cenário, durante a pandemia de COVID-19, o Centro de Telessaúde do Hospital das Clínicas da UFMG/EBSERH lançou o Telecovid-19, um chatbot que teve como objetivo orientar e informar o cidadão sobre a pandemia, além de avaliar o seu estado de saúde²⁰. A plataforma

16 Disponível em: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1373729/umfrage/weltweites-marktvolumen-chatbots/>

17 Disponível em: <https://www.vodafone.com/news/technology/meet-super-tobi-vodafone-s-new-generative-ai-virtual-assistant-now-serving-customers-in-multiple-countries>

18 Disponível em: <https://www.telefonica.com/en/communication-room/blog/chatbot-genai-revolution-technical-documentation/>

19 Disponível em: <https://exame.com/bussola/tim-aposta-em-ia-e-cria-iniciativa-para-capacitar-seus-10-mil-colaboradores/>

20 Disponível em: <https://ufmg.br/comunicacao/assessoria-de-imprensa/release/centro-de-telessaude-do-hc-ufmg-lanca-chatbot-para-auxiliar-no-combate-ao-coronavirus>



digital realizava uma autoavaliação, classificando o paciente por prioridade e oferecendo um primeiro nível de atendimento, o que ajudava a evitar deslocamentos, filas e aglomerações desnecessárias nas unidades de saúde.

CIDADES INTELIGENTES

Cidades inteligentes incorporam um conceito de desenvolvimento urbano com visão de futuro no qual tecnologias inovadoras são estrategicamente integradas para aprimorar a qualidade de vida de seus habitantes, otimizar a eficiência operacional e promover a sustentabilidade. Essas cidades utilizam TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) e IoT em uma vasta rede de sensores e dispositivos interconectados para coletar e analisar dados em tempo real. Essa base de dados amplia a capacidade dos sistemas de IA para analisar padrões e fornecer subsídios para decisões mais eficientes na administração dos serviços urbanos. Esses dados fornecem informações valiosas sobre padrões de tráfego, consumo de energia, qualidade do ar e outros indicadores urbanos importantes. Ao aproveitar o poder dos dados, os administradores e planejadores urbanos podem tomar decisões informadas, responder proativamente aos desafios urbanos e otimizar a alocação de recursos.

Existem vários benefícios em integrar IA e IoT no contexto das cidades inteligentes. As análises baseadas em IA, por exemplo, otimizam a distribuição de recursos e a prestação de serviços públicos, reduzindo o desperdício e aumentando a eficiência operacional. No setor de transportes, essa integração entre IA e IoT pode ajudar a gerenciar melhor o fluxo de tráfego, minimizando congestionamentos. Já na área da saúde urbana, a IA pode auxiliar no monitoramento da população ao identificar, com antecedência, possíveis surtos - levando assim a uma resposta mais ágil do governo no combate desses surtos.

A Verizon Communications e a Honda estão realizando testes com uma tecnologia que utiliza IA em nuvem e 5G para permitir a comunicação em tempo real entre os veículos e a tomada de decisões rápidas para evitar colisões e prevenir acidentes²¹. No

21 Disponível em: <https://hondanews.com/en-US/honda-corporate/releases/release-32797eaea7316f1bed4bfcd279049a91-through-mcity-consortium-honda-and-verizon-test-how-5g-enhances-safety-for-connected-and-autonomous-vehicles>



Brasil, a prefeitura de Curitiba investiu no desenvolvimento do aplicativo “Curitiba 156”, que, além de permitir solicitações para manutenção urbana, oferece informações em tempo real sobre itinerários, horários e localização dos ônibus²². Esse sistema utiliza algoritmos de IA para analisar dados de fluxo e aprimorar a eficiência do transporte.

Apesar dos avanços alcançados, a implementação de cidades inteligentes ainda enfrenta desafios relacionados à escalabilidade, segurança e proteção de dados. A continuidade na melhoria das infraestruturas de conectividade e o desenvolvimento de modelos de IA mais sofisticados são fundamentais para superar essas barreiras.

SAÚDE INTELIGENTE COM IA INTEGRADA

A integração da IA no setor de saúde tem permitido o desenvolvimento de sistemas que promovem a coleta e a análise contínua de dados, alterando as práticas de atendimento ao paciente, o gerenciamento de doenças e a prestação de serviços de saúde. Um componente central dessa evolução é a capacidade da IA em aprimorar a conectividade dos sistemas de saúde, viabilizando a troca contínua de informações, o monitoramento em tempo real e a implementação de intervenções personalizadas. Assim, sistemas inteligentes podem monitorar pacientes remotamente, otimizar diagnósticos, tratamentos e a gestão de recursos hospitalares.

De acordo com dados do Statista, o investimento global em aplicações de IA para medicina e saúde tem sido substancial e está projetado para crescer significativamente. Em 2022, o investimento privado em IA para áreas médicas e de saúde atingiu US\$ 6,05 bilhões, o maior entre todos os setores²³. Espera-se que o tamanho do mercado global de IA na área da saúde aumente de US\$ 1,4 bilhão em 2017 para mais de US\$ 28 bilhões até 2025²⁴.

22 Disponível em: <https://156.curitiba.pr.gov.br/>

23 Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1381487/ai-private-investment-focus-worldwide/>

24 Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/826993/health-ai-market-value-worldwide/>



Tecnologias baseadas em IA têm contribuído para a modificação das interações entre pacientes e prestadores de serviços de saúde por meio do monitoramento remoto, das consultas virtuais e da elaboração de planos de cuidados individualizados. A utilização de dispositivos vestíveis, aplicativos de saúde e plataformas de telemedicina possibilita aos profissionais monitorar dados dos pacientes, detectar sinais de alerta precoces e implementar intervenções de forma tempestiva (CHANG, 2019; DAVE e PATEL, 2023).

Adicionalmente, a análise de grandes volumes de dados médicos, por meio de algoritmos de IA, tem facilitado a tomada de decisões clínicas e a melhoria na precisão diagnóstica. Tais algoritmos auxiliam na identificação de padrões, na formulação de recomendações de tratamento e na previsão de riscos à saúde (CHANG, 2019; VARNOSFADERANI & FOROUZANFAR, 2024). Esses avanços contribuem para a modulação do relacionamento entre pacientes e prestadores de serviços de saúde, permitindo uma participação mais ativa dos pacientes no gerenciamento de sua saúde e o fornecimento de cuidados mais alinhados com as evidências disponíveis.

Neste sentido, a Softex também vem contribuindo neste aspecto. Enquanto participante do programa IA² MCTI, a startup Columbia Geodata desenvolveu uma plataforma que integra dados de diferentes naturezas: prontuários clínicos, poluição atmosférica e informações ambientais, urbanas e populacionais. Utilizando IA e Big Data, a plataforma prevê o fluxo de atendimento e as internações hospitalares por doenças respiratórias, com o diferencial na combinação abrangente de diferentes tipos de dados para otimizar o gerenciamento e a previsão de atendimentos em hospitais e serviços de saúde. Para analisar dados históricos e fazer previsões futuras, a plataforma emprega modelos de redes neurais artificiais, que se ajustam continuamente com base em dados reais.

SEGURANÇA CIBERNÉTICA APRIMORADA

No contexto da segurança cibernética, com a crescente dependência da conectividade de alta velocidade (como 5G), IoT e tecnologia operacional (ou, do inglês, operational technology, OT), as medidas de segurança tradicionais são frequentemente insuficientes. Ao se integrar às redes e aos dispositivos conectados, algoritmos inteligentes de IA podem ajudar a preencher essa lacuna processando grandes volumes de dados e, por conseguinte,



respondendo ameaças em tempo real. Quando uma ameaça é detectada, a IA pode acionar medidas automatizadas de mitigação (por exemplo, isolar dispositivos comprometidos ou bloquear endereços de IP suspeitos), reduzindo assim o tempo de resposta.

Diante desse cenário, não é surpreendente que o investimento em soluções de IA para segurança cibernética esteja em grande ascensão. Considerando apenas os investimentos em IA generativa, o tamanho do mercado global de segurança cibernética de IA deve dobrar de US\$ 24,3 bilhões em 2023 para US\$ 50,8 bilhões em 2026 e atingir US\$ 133,8 bilhões até 2030, de acordo com dados do Statista²⁵.

A Ericsson, por exemplo, está trabalhando com parceiros pós-secundários em uma nova iniciativa de pesquisa em direção a soluções inovadoras de segurança cibernética baseadas em IA como parte da nova Cyber Security Innovation Network do Governo do Canadá. Além disso, colaborará com a Concordia University, a University of Manitoba e a University of Waterloo para construir redes 5G cibernéticas resilientes e seguras por meio de automação e IA²⁶.

Políticas Públicas para a Integração de IA e Conectividade

As políticas públicas auxiliam na promoção da adoção e do desenvolvimento da IA no Brasil, integrando esforços de conectividade que podem contribuir para a modernização de empresas e setores da economia. Ao longo dos anos, foram implementadas iniciativas direcionadas ao avanço tecnológico, tais como o Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação e o Plano Nacional de Internet das

25 Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1450963/global-ai-cybersecurity-market-size/>

26 Disponível em: <https://www.ericsson.com/en/press-releases/6/2023/ericsson-partners-with-canadian-universities-to-lead-ai-response-to-emerging-cybersecurity-threats>



Coisas, que estabelecem bases normativas e estratégias para o fortalecimento da infraestrutura digital e do ambiente de inovação no país.

MARCO LEGAL DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Estabelecido pela Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, que aprimorou a Lei de Inovação de 2004 (Lei nº 10.973), o Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação²⁷ configura um conjunto de diretrizes estabelecido pelo governo brasileiro com o objetivo de promover o desenvolvimento e a integração entre pesquisa, tecnologia e inovação. Este arcabouço normativo visa articular políticas públicas, iniciativa privada e comunidade acadêmica, incentivando a cooperação entre esses atores e contribuindo para o fortalecimento da infraestrutura de pesquisa e do ambiente de inovação no país. De acordo com informações disponibilizadas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o marco busca, por meio da simplificação de processos e do estabelecimento de mecanismos de financiamento, criar condições para o avanço científico e tecnológico que possam atender às demandas sociais e de mercado, promovendo, assim, um desenvolvimento mais sustentável e inclusivo. Além disso, o Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação orienta a implementação de medidas que facilitem a transferência de conhecimento e a formação de parcerias interinstitucionais, contribuindo para a consolidação de uma política integrada em ciência, tecnologia e inovação. A proposta é criar um ambiente regulatório que apoie a inovação de forma articulada, ao mesmo tempo em que promove a transparência e a eficácia na aplicação dos recursos destinados à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico, conforme descrito no portal oficial do MCTI.

O Marco Legal também oferece incentivos fiscais e financiamento para startups e empresas de tecnologia, especialmente aquelas focadas no desenvolvimento de soluções baseadas em IA. Isso contribui para acelerar a criação de novos modelos e soluções

²⁷ Disponível em: <https://mlcti.mcti.gov.br/>



tecnológicas, garantindo que o Brasil mantenha sua competitividade no cenário global, particularmente em áreas emergentes como a IA generativa.

PLANO NACIONAL DE INTERNET DAS COISAS (IOT)

Instituído por meio do Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019, o Plano busca implementar e desenvolver a Internet das Coisas (IoT) no país, com base na livre concorrência e na livre circulação de dados, observadas as diretrizes de segurança da informação e de proteção de dados pessoais (BRASIL, 2019)²⁸.

A IoT permite conectar máquinas e equipamentos, como sensores e drones, a uma rede de dados, tornando possível realizar uma coleta contínua e em tempo real de informações, o que gera um grande volume de dados. A IA pode ser utilizada para analisar e otimizar os dados coletados, criando um ecossistema inteligente que transforma setores como saúde, transporte, manufatura e telecomunicações. Além disso, o Plano pode promover o uso de IA aplicada à gestão de dispositivos conectados, proporcionando melhorias na eficiência e na operação de redes.

Essas políticas públicas oferecem um ambiente propício para o uso e desenvolvimento da IA em diversas áreas. Ao fornecerem incentivos, regulamentação e diretrizes que ajudam a integrar tecnologias digitais e conectividade nas infraestruturas e serviços do país, a eficiência operacional, qualidade de vida e segurança dos cidadãos são melhorados. Com o suporte adequado, essas políticas transformam setores-chave, como telecomunicações, saúde, cidades e segurança.

28 Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/estrategias-e-governanca-digital/estrategias-e-politicas-digitais/plano-nacional-de-internet-das-coisas>



Desafios da IA e Conectividade

Nos últimos anos, a inteligência artificial consolidou-se como uma área de estudo e aplicação com impacto considerável em diversos setores, incluindo o mercado de trabalho. Embora os desenvolvimentos tecnológicos baseados em IA tenham promovido melhorias em termos de eficiência e produtividade, sua adoção crescente suscita desafios que demandam uma análise crítica e aprofundada. Esses desafios abrangem questões éticas, legais e sociais, bem como implicações para a estrutura ocupacional, ressaltando a necessidade de investigações interdisciplinares e políticas públicas que acompanhem essa evolução.

No contexto da IA, os desafios éticos estão relacionados ao desenvolvimento, uso e implementação da tecnologia que devem ser guiados por obrigações morais. É essencial que a IA garanta justiça, privacidade e segurança dos dados, além de promover a transparência em seu uso. Para uma compreensão mais detalhada, focaremos em alguns pontos específicos, tais como o viés, a privacidade e a proteção dos dados.

Os dados utilizados pela IA são gerados por seres humanos ou coletados por sistemas desenvolvidos por eles. Sabe-se que o ser humano, em sua essência, é enviesado; assim, os sistemas desenvolvidos tendem a reproduzir os vieses existentes nos seres humanos. O viés, para Ntoutsis e colaboradores (2020), é a inclinação ou preconceito de uma decisão tomada por um sistema de IA que é a favor ou contra uma pessoa ou grupo, especialmente de uma forma considerada injusta.

O experimento conduzido por Datta, Tschantz e Datta (2015) mostrou que, na customização de anúncios para públicos femininos e masculinos, há um viés baseado em gênero, já que as mulheres receberam menos anúncios relacionados a empregos bem remunerados em comparação aos homens. Esse exemplo evidencia como os vieses presentes nos dados podem influenciar as decisões tomadas por sistemas de IA, reforçando desigual-



dades existentes na sociedade. Portanto, é fundamental a adoção de práticas de mitigação de viés por parte dos desenvolvedores, a fim de assegurar tecnologias justas e imparciais.

A preocupação com a privacidade e proteção dos dados iniciou com a popularização dos dispositivos móveis, especialmente aqueles integrados à Internet das Coisas (IoT). A adoção massiva de smartphones, tablets e smartwatches despertou uma atenção crescente para essas questões devido à quantidade e a variedade dos dados gerados por esses dispositivos. Além dos dispositivos móveis, as redes sociais também desempenham um papel importante nas preocupações relacionadas à privacidade e à proteção dos dados, já que elas utilizam a IA para analisar comportamentos, tendências e tomar decisões com base nos dados obtidos dos usuários.

Em janeiro de 2024 foi registrado um dos maiores vazamentos de dados já vistos. Conhecido como Mother of all Breaches (MOAB)²⁹, revelou 26 bilhões de informações de usuários de diversas plataformas, incluindo as redes sociais X e LinkedIn, e abrangeu o equivalente a 12 terabytes de informação. Esse vazamento destacou a vulnerabilidade das plataformas e a necessidade de implementar medidas para a proteção da privacidade dos usuários, a fim de garantir que o avanço tecnológico não comprometa a segurança individual e coletiva.

Desafios inerentes à tecnologia

À medida que a tecnologia avança e a IA se torna mais integrada ao cotidiano das pessoas, os desafios relacionados ao seu uso eficaz e à eficiência operacional tornam-se cada vez mais complexos. Entre esses desafios, destaca-se o aprendizado contínuo (lifelong machine learning - LML), o qual é dificultado pelo esquecimento catastrófico. Outro ponto crítico é a necessidade de decisões robustas por parte da IA.

Um dos desafios da IA é o aprendizado de um conhecimento prévio comum, que pode ser utilizado para aprendizados, raciocínio e planejamento futuros (SILVER, YANG e LI, 2013). Uma das

²⁹ Disponível em: <<https://tiinside.com.br/23/01/2024/megavazamento-de-dados-inclui-26-bilhoes-de-dados-pessoais/>>



abordagens para resolver esse desafio é o aprendizado contínuo, também conhecido como lifelong machine learning (LML). O aprendizado contínuo é uma das habilidades da inteligência humana, e é necessária para o desenvolvimento da AGI. O LML é uma forma avançada de ML, na qual o aprendizado é contínuo, acumulado e utilizado/adaptado para auxiliar no aprendizado futuro e na resolução de problemas.

Modelos tradicionais de ML utilizados na IA costumam ser treinados com conjuntos de dados estáticos e implementados em seguida, o que torna esse modelo não ideal para aplicações que mudam contínua e rapidamente. O LML é definido como um algoritmo adaptativo capaz de aprender com entradas de dados constantes e atualizar continuamente sua base de conhecimento, o que torna o modelo ideal para ambientes dinâmicos onde os dados e informações estão em constante mudança, como o mercado financeiro e as redes sociais.

No entanto, um dos maiores desafios do LML é o esquecimento catastrófico, que ocorre quando os novos aprendizados interferem com os conhecimentos já adquiridos. Essa situação pode resultar em uma queda no desempenho enquanto os novos dados são integrados ou na substituição do conhecimento já existente no modelo. Estudos relacionados à aplicação do LML em modelos de IA na prática da medicina mostraram desafios na falta de métodos para avaliação da qualidade dos modelos, nas questões regulatórias e de aceitação por parte do corpo clínico, além de preocupações com a privacidade dos dados dos pacientes (LEE e LEE, 2020).

Devido à complexidade do mundo real, a IA enfrenta dificuldades para tomar decisões robustas, especialmente por envolver incertezas, variações e o processamento de grandes volumes de dados. Ao analisar o uso da IA na condução de veículos autônomos, essa dificuldade se torna ainda mais complexa e propensa a falhas. Um dos métodos mais utilizados no desenvolvimento de veículos autônomos é a aprendizagem por reforço profundo (deep reinforcement learning - DRL), no entanto, os algoritmos apresentavam lacunas em termos de robustez e segurança. Nagesh Rao e colaboradores (2022) discutiram uma estratégia de IA robusta para condução de veículos autônomos baseada na aprendizagem



A SINERGIA ENTRE A INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL E CONECTIVIDADE:
REDES CONECTADAS E INTELIGENTES

por reforço (reinforcement learning - RL), um método inspirado no processo de aprendizado humano, o qual aprende a partir da interação com o ambiente.

O avanço da IA apresenta desafios significativos, especialmente relacionados a questões éticas, segurança de dados e tomada de decisão em contextos dinâmicos. A adaptação da IA a ambientes em constante mudança, a partir do aprendizado contínuo, traz à tona dificuldades técnicas, como o esquecimento catastrófico, que precisam ser superadas para garantir o sucesso em aplicações práticas. O exemplo da condução de veículos autônomos evidencia como a busca por robustez e segurança nos algoritmos de IA é essencial para o futuro da tecnologia. A reflexão sobre esses desafios traz diversas oportunidades para o avanço e aprimoramento da IA, assim como para o desenvolvimento de soluções mais justas, seguras e eficazes.



Oportunidades e Tendências

Oportunidades

A partir dos desafios apresentados foi possível identificar oportunidades associadas às questões éticas, de segurança e privacidade, e no aprimoramento da IA no contexto de viés e proteção dos dados. Além das questões éticas, os desafios técnicos abordados sugerem oportunidades para o avanço tecnológico da IA, trazendo mais robustez para as decisões e adaptação dos algoritmos para contextos dinâmicos e complexos.

Entre as oportunidades associadas aos desafios éticos da IA, têm-se a criação e adoção de práticas de mitigação de viés em sistemas de IA, por meio de técnicas de pré-processamento de dados e ajustes nos algoritmos existentes, promovendo uma IA mais justa, imparcial e que reduz desigualdades, como no caso da discriminação de gênero observada na personalização dos anúncios. Além disso, a IA também pode ser utilizada para a promoção da inclusão e equidade social ao não reforçar preconceitos e estereótipos existentes na sociedade.

Outra questão importante é o aprimoramento das tecnologias de proteção de dados. O super vazamento de dados destacou a vulnerabilidade das plataformas e a necessidade de tecnologias avançadas voltadas para privacidade e proteção dos dados. Algumas técnicas podem ser utilizadas para proteger a privacidade nos sistemas, como a anonimização dos dados que remove ou modifica informações de identificação pessoal, o que torna os indivíduos não identificáveis. A criptografia dos dados garante o acesso das informações sensíveis apenas por pessoas autorizadas, garantindo maior privacidade dos dados. O armazenamento descentralizado das informações torna o acesso não autorizado aos dados mais difícil, pois os dados são divididos em fragmentos e armazenados em locais diferentes.



Em relação aos desafios técnicos apresentados no campo da IA, foi possível observar diversas oportunidades para o avanço da tecnologia. Entre eles, tem-se o aprimoramento de algoritmos de aprendizado contínuo, LML, que permite a IA aprender com entradas de dados constantes e de forma dinâmica. Isso pode levar a sistemas de IA mais eficientes, além de ser um passo fundamental para o desenvolvimento da AGI. Para que esse aprimoramento seja possível, é necessário desenvolver métodos e técnicas que combatam o esquecimento catastrófico, um dos maiores desafios do LML.

Outra oportunidade de aprimoramento de algoritmos é relacionada ao aprendizado por reforço profundo (DRL) utilizado na condução de veículos autônomos. A melhora desses algoritmos, com ênfase na segurança e robustez, permite uma condução mais segura dos veículos autônomos, reduzindo falhas e aumentando a confiabilidade do sistema. Essas práticas podem acelerar a adoção de veículos autônomos em grande escala, melhorando a segurança no trânsito, reduzindo o número de acidentes e aumentando a confiança nesses veículos.

Essas oportunidades representam avanços significativos tanto do ponto de vista ético quanto técnico, com o potencial de transformar a IA em uma ferramenta ainda mais eficaz. Ao abordar questões como o viés, a privacidade e segurança dos dados, é possível minimizar os riscos associados ao uso da tecnologia, e também torná-la mais acessível, justa e transparente. O desenvolvimento de algoritmos mais adaptativos e robustos, como o LML e DRL, pode impulsionar a evolução da IA, permitindo que ela se torne mais eficiente e capaz de operar em ambientes dinâmicos e complexos.

Tendências da IA para o futuro

Como evidenciado ao longo deste estudo, a IA alinhada e integrada à capacidade de conectividade oferece um enorme potencial de transformação para as empresas na era digital e não indica nenhum sinal de estagnação nos próximos anos. Pelo contrário, essa integração se destaca como elemento-chave na perspectiva de alguns setores, como descritos a seguir.

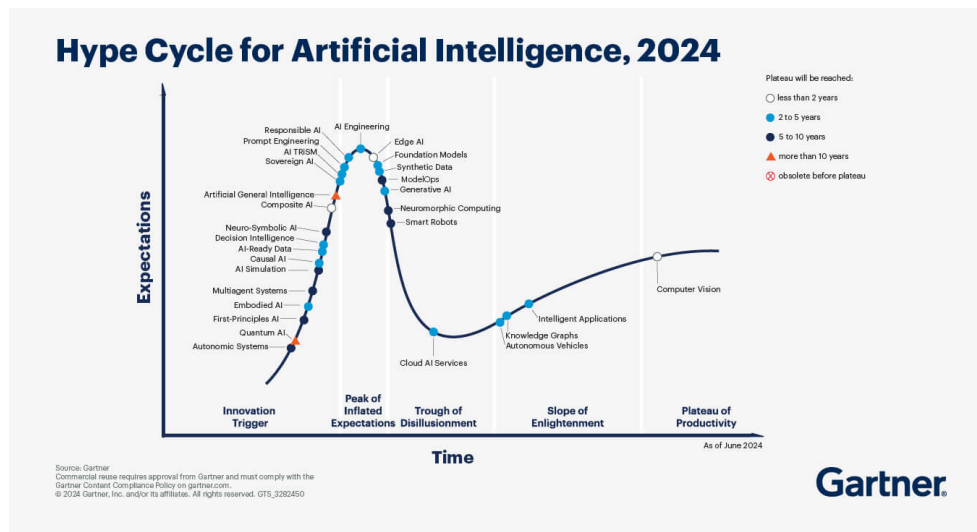


A SINERGIA ENTRE A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E CONECTIVIDADE: REDES CONECTADAS E INTELIGENTES

Espera-se que a IA generativa, uma das principais tendências futuras da IA, contribua com US\$ 4,31 trilhões para o mercado até 2030³⁰. Para as organizações, as prioridades para o futuro envolvendo IA generativa incluem melhorar a governança de dados (46%), integrar a IA em estratégias tecnológicas mais amplas (41%) e desenvolver uma melhor compreensão da tecnologia de IA (40%)³¹. A governança de dados abrange um conjunto de práticas, políticas, processos e tecnologias que visam garantir que os dados sejam tratados como um ativo valioso da organização. Não por acaso, como os indicadores evidenciam, a governança está se tornando uma função essencial para as empresas na era digital, à medida que IA e conectividade aumentam a importância e o volume de dados disponíveis.

O Hype Cycle for Artificial Intelligence 2024³², publicado pela Gartner, apresenta um panorama sobre a evolução das expectativas em relação a diversas tecnologias de IA, considerando sua adoção e maturidade ao longo do tempo. Esse modelo divide as tecnologias em diferentes estágios, desde a fase inicial de desenvolvimento até sua consolidação no mercado, permitindo a análise das tendências emergentes e da viabilidade prática dessas inovações.

FIGURA 6 - Gartner Hype Cycle for Artificial Intelligence



Fonte: Gartner

30 Disponível em: <https://www.statista.com/study/138971/insights-compass-2023-unleashing-artificial-intelligences-true-potential/>

31 Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1482569/firms-genai-future-priorities-global/>

32 Disponível em: <https://www.gartner.com/en/articles/hype-cycle-for-artificial-intelligence>



O ciclo começa com o estágio denominado Innovation Trigger (Gatilho de Inovação), no qual se encontram tecnologias ainda em fase inicial de pesquisa e desenvolvimento, como AGI, sistemas multi-agentes, IA neuro-simbólica e computação quântica aplicada à IA. Essas tecnologias possuem potencial disruptivo, mas ainda enfrentam desafios técnicos significativos e podem levar mais de uma década para alcançar aplicações práticas amplas.

Em seguida, há o Peak of Inflated Expectations (Pico das Expectativas Infladas), no qual tecnologias que atraíram grande atenção da mídia e do mercado apresentam resultados promissores, mas ainda carecem de uma adoção consolidada. Entre essas, destacam-se IA Generativa, Modelos Fundacionais, ModelOps e IA na Borda (Edge AI), que estão recebendo investimentos e sendo amplamente discutidas, mas que ainda precisam superar desafios relacionados à escalabilidade, regulação e aplicação prática.

Após esse pico, muitas tecnologias entram no Trough of Disillusionment (Vale da Desilusão), fase em que expectativas irreais dão lugar a uma visão mais pragmática, e algumas soluções enfrentam dificuldades para se consolidar no mercado. Um exemplo desse estágio é Cloud AI Services, que, apesar de sua relevância para infraestrutura digital, enfrenta desafios relacionados à dependência de grandes plataformas e à eficiência operacional.

As tecnologias que demonstram utilidade concreta e viabilidade passam para a fase de Slope of Enlightenment (Rampa da Iluminação), na qual começam a ser implementadas com maior sucesso e apresentam benefícios claros. Aplicações Inteligentes, Grafos de Conhecimento e Veículos Autônomos encontram-se nesse estágio, o que indica que essas tecnologias já estão sendo validadas em ambientes reais, com um avanço progressivo rumo à adoção ampla.

Por fim, no Plateau of Productivity (Platô da Produtividade), encontram-se as tecnologias que já atingiram maturidade e ampla adoção, sendo utilizadas de maneira consolidada no mercado. Visão Computacional é um exemplo presente nesse estágio, demonstrando que essa tecnologia já se tornou parte essencial de diversos setores, como segurança, saúde e automação industrial.



Em suma, ao analisar o conjunto completo do Hype Cycle, é possível verificar o avanço da IA Generativa e dos Modelos Fundacionais indicando um foco contínuo na automação da criação e gestão de modelos de IA, enquanto a ascensão de IA distribuída e computação neuromórfica aponta para um futuro no qual a inteligência estará cada vez mais descentralizada, reduzindo a dependência da nuvem. Além disso, tecnologias como veículos autônomos e grafos de conhecimento avançam para estágios mais maduros, o que sugere uma maior atenção à regulamentação e integração dessas soluções em ambientes produtivos.

Por outro lado, tecnologias que ainda estão no estágio inicial, como AGI e IA baseada em princípios fundamentais, devem levar mais tempo para se consolidar, mas possuem potencial de transformar significativamente o setor.

Além disso, na corrida dos chatbots de IAG, tivemos uma nova revolução, o modelo DeepSeek-R, da companhia chinesa DeepSeek³³, causou um gigantesco impacto no setor de IA no início de 2025. Com um modelo eficiente e um preço altamente competitivo, levantou questões sobre a relação custo-eficácia de outros modelos de IA e impactou o mercado de ações, causando uma queda de cerca de US\$ 1 trilhão em valor de mercado de empresas de tecnologia dos EUA e da Europa. Igualmente impactante é o fato do modelo ter código aberto, tornando modelos poderosos mais acessíveis a uma gama maior de usuários e empresas e acelerando a democratização da tecnologia de IA.

Neste mesmo sentido, quando olhamos para a opinião pública em relação às tendências de IA, no local de trabalho, a maior parte das pessoas, 54%, esperam que a IA melhore a eficiência dos processos nos próximos 3-5 anos³⁴. Por outro lado, 36% acreditam que a IA vai impactar negativamente o mercado de trabalho. Até 2030, 49% dos CEOs preveem que machine costumers (clientes de máquinas) se tornarão uma tendência significativa³⁵. Além disso, agentes de IA, capazes de operações autônomas, devem revolucionar o software e o fluxo de trabalho empresarial.

33 Disponível em: <https://www.deepseek.com/>

34 Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1449200/ai-impact-of-life-aspects-globally/>

35 Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1421561/machine-customers-relevance/>



Vale destacar ainda a crescente importância da IA no campo da cibersegurança, onde uma pesquisa de 2023 realizada globalmente revelou que 72% dos profissionais de segurança cibernética consideram a programação e o desenvolvimento de IA a habilidade futura mais necessária na área³⁶. Além disso, a maior parte (67%) dos líderes empresariais e tecnológicos globais esperam que a IA generativa seja uma tecnologia primária que moldará o cenário de ameaças cibernéticas em 2025³⁷.

Além disso, no setor das telecomunicações, a IA deve exibir um grande impacto nos próximos anos. Espera-se que as operações de rede tenham o maior impacto, com 71% das empresas globais relatando a influência da IA nessa área em 2024³⁸. No Brasil, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) firmou parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para pesquisar o desenvolvimento de soluções de Inteligência Artificial (IA) para gerenciamento do espectro de radiofrequência. O objetivo é melhorar o planejamento e o gerenciamento do espectro usando técnicas de IA. A iniciativa da Anatel está alinhada às melhores práticas internacionais e ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 16 da ONU, que promove instituições eficazes, responsáveis e transparentes.

No Brasil, a Anatel divulgou uma consulta que visa conhecer a relação entre conectividade e desenvolvimento de Inteligência Artificial³⁹. A iniciativa integra o plano estratégico da Anatel para os anos de 2023-2027, e o objetivo da iniciativa é coletar contribuições da sociedade, especialistas e setores envolvidos para avaliar os impactos da IA nas redes de telecomunicações e identificar diretrizes regulatórias que possam orientar o desenvolvimento sustentável dessa integração no Brasil. A tomada de subsídios permitirá que diferentes agentes do setor contribuam para a formulação de políticas e regulamentações que possam equilibrar

36 Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1425630/top-skills-and-training-for-ai-in-cybersecurity/>

37 Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1550064/technologies-shaping-the-global-cyber-threat-landscape/>

38 Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1534725/areas-of-ai-impact-for-global-telecoms-providers/>

39 Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/anatel-abre-tomada-de-subsidios-sobre-relacionamento-entre-inteligencia-artificial-e-conectividade>



a inovação tecnológica com a necessidade de garantir segurança, privacidade e eficiência na prestação dos serviços de telecomunicações. Essa iniciativa também reforça o compromisso da Anatel em acompanhar a evolução tecnológica e preparar o ambiente regulatório para os desafios impostos pela transformação digital no Brasil.

Neste mesmo anúncio, a Anatel apresenta um relatório⁴⁰ com a visão da Anatel sobre o tema. O documento da Anatel apresenta uma análise sobre a relação entre IA e conectividade, abordando oportunidades, desafios e diretrizes para a regulamentação do setor no Brasil. Para a agência, a IA surge nesse contexto como uma ferramenta com potencial de transformar diversos setores, incluindo saúde, energia, finanças, agricultura, educação e segurança climática. Além disso, segundo o relatório, em um cenário de adoção plena da IA, o PIB brasileiro poderia crescer até 7 pontos percentuais até 2030.

Neste sentido, o relatório destaca que o Brasil ocupa a 40ª posição no ranking da United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) sobre preparação para tecnologias emergentes, sendo um dos países em desenvolvimento mais bem posicionados, graças aos avanços na infraestrutura de conectividade.

Além disso, o relatório destaca as principais oportunidades do setor, incluindo gerenciamento e otimização de redes, segurança cibernética, automação no atendimento ao cliente e eficiência energética. No gerenciamento de redes, a IA é utilizada para prever falhas, alocar espectro de forma eficiente e melhorar a qualidade do serviço, permitindo uma gestão mais dinâmica e adaptável da infraestrutura de telecomunicações. No que se refere à segurança e prevenção de fraudes, algoritmos de IA são empregados para detectar ataques cibernéticos e ameaças à infraestrutura, garantindo maior proteção contra tentativas de invasão e acessos não autorizados. A automação do atendimento ao cliente também tem sido beneficiada pelo uso de chatbots e assistentes virtuais, que oferecem suporte automatizado, agilizando a resolução de problemas e melhorando a experiência do usuário. Além disso, a IA tem sido aplicada para aumentar a eficiência energética das redes,

40 Disponível em: https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?8-74Kn1tDR89f1Q7RjX8EYU46IzCFD26Q9Xx5QNDbqYiHvsTCI8r-6V00ltjrypit3yX4N4bkPXcojgxuzJCUPSMamOo4UK2mN71rPTGc_Cr76yKk1yu0Ggxy4v3MR80F



otimizando o consumo de energia e contribuindo para a sustentabilidade das operações. Por fim, a agência cita um estudo da MIT Sloan Management Review, que indica que 75% das empresas que adotaram IA identificaram ganhos em eficiência e colaboração.

Em conclusão, a Anatel reforça seu compromisso com a regulamentação da IA no setor de telecomunicações, garantindo transparência, segurança e equidade na adoção dessas tecnologias. A agência reconhece a importância de um ecossistema digital estruturado e afirma que a universalização da conectividade é um pré-requisito para que os benefícios da IA sejam acessíveis a toda a população.

Políticas públicas para o futuro

As políticas públicas são fundamentais para fomentar a pesquisa e o desenvolvimento de soluções baseadas em IA, promovendo parcerias entre o setor público, privado e acadêmico. Ao criar diretrizes claras e oferecer financiamento e infraestrutura adequados, as políticas públicas permitem que a IA seja adotada de forma responsável e eficiente, impactando positivamente áreas como segurança e telecomunicações.

As políticas públicas contribuem para o desenvolvimento de soluções inovadoras, moldando o futuro digital do Brasil e aumentando sua competitividade no cenário global. Além das políticas públicas já citadas, mais recentemente foi instituída a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA).

Instituída pela Portaria MCTI nº 4.617, de 6 de abril de 2021, alterada pela Portaria MCTI nº 4.979, de 13 de julho de 2021, a EBIA tem o papel de nortear as ações do Estado brasileiro em prol de ações que estimulem a pesquisa, inovação e desenvolvimento de soluções em IA. A Estratégia pode garantir que o Brasil se mantenha competitivo no cenário global, ao criar um ambiente favorável para a inovação e a adoção de IA, que tem o potencial de gerar contribuições significativas para o mercado.



Em relação à governança de dados, a EBIA pode ajudar a estabelecer políticas e melhores práticas para garantir o tratamento responsável e eficiente dos dados, ao mesmo tempo que impulsiona a capacitação e a integração da IA em estratégias tecnológicas mais amplas.

Com o avanço de tecnologias como chatbots de IA generativa e agentes autônomos, a EBIA pode facilitar a implementação de políticas públicas que incentivem o uso responsável e ético da IA, criando um marco regulatório que permita o crescimento dessas soluções de forma que a sociedade e organizações estejam protegidas contra potenciais riscos.

O Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação também pode ser uma base para regulamentações que estimulem a inovação responsável, como o uso ético da IA, particularmente importante em contextos de cibersegurança, nos quais a IA pode ser usada para proteger ou atacar os sistemas.

Além da EBIA, foi aprovado pelo plenário do Senado, em dezembro de 2024, o Projeto de Lei nº 2338/2023, que incorpora e expande aspectos tratados no Projeto de Lei nº 20/2021 da Câmara dos Deputados. O projeto aprovado visa criar o Marco Legal da Inteligência Artificial, face à necessidade de regular e estruturar o uso da IA em diversas esferas da sociedade.

O projeto citado estabelece normas, diretrizes, princípios, direitos, deveres e instrumentos de governança para a IA, com o objetivo de dotar o país de uma legislação que, ao mesmo tempo, estimule a IA e proteja os cidadãos do mau uso dela. Outra iniciativa importante é a adoção de IA pela Advocacia-Geral da União (AGU) para aprimorar a eficiência em processos judiciais. A AGU está utilizando a tecnologia GPT-4, embarcada na solução Azure OpenAI Service, com o objetivo de potencializar o trabalho de advogados e gerar eficiência nos processos (SOFTEX, 2024).

INICIATIVAS SOFTEX

As iniciativas de inovação executadas pela Softex em parceria com o MCTI, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), como os programas IA² e o Conecta Startup Brasil, podem acelerar o avanço da IA no Brasil ao apoiar o desenvolvimento de



novos produtos e soluções envolvendo a IA, capacitar profissionais, facilitar a colaboração entre os diferentes atores do ecossistema de inovação e promover uma cultura de inovação responsável.

PROGRAMA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E INOVAÇÃO ABERTA (IA²)

O Programa IA² MCTI apoia projetos de tecnologia a desenvolverem soluções com o uso de Inteligência Artificial por meio da Inovação Aberta que poderão ser empregadas em diversos setores do mercado, como agronegócio, educação, gestão corporativa e finanças, saúde, TI e telecom.

Ao apoiar, capacitar e desenvolver soluções de IA criadas por projetos de tecnologia e buscar conexões e parcerias com Empresas de Base Tecnológica (EBTs), startups e empresas para implantar as soluções no mercado, o IA² estimula a inovação e o desenvolvimento de novas soluções, facilita a escalabilidade e a implantação da solução no mercado, cria um ecossistema colaborativo ao buscar conexões e parcerias com diferentes atores do ecossistema e fomenta o crescimento econômico do país e dos participantes do programa.

Atualmente o Programa IA² conta com 34 projetos em execução que abrangem desde o desenvolvimento de produtos que reduzem a probabilidade de recidiva de câncer de mama e de pulmão até reconhecimento individual de bovinos e suínos por meio da captura de imagens com apoio de redes neurais convolucionais e IA⁴¹.

Entre esses projetos, tem-se o projeto intitulado “Ferramentas Inteligentes para Apoio à Segurança Pública no Estado de Alagoas: Aplicação de Aprendizagem de Máquina e Análise de Dados em Imagens e Vídeos Capturados por Veículos Aéreos Não Tripulados”, uma parceria entre a startup Armatore e a Universidade Federal de Alagoas. O objetivo principal do projeto é o desenvolvimento de artefatos inteligentes de software voltados para apoiar decisões estratégicas na área de Segurança Pública. Esses artefatos são destinados ao processamento inteligente de dados, por meio da

41 Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/03/em-sua-segunda-edicao-o-programa-ia2-mcti-impulsionara-a-inteligencia-artificial-por-meio-de-35-projetos-de-pesquisa>



aplicação de ferramentas de Machine Learning e Análise de Dados, provenientes de diversas fontes, como imagens e vídeos capturados por drones e dispositivos de monitoramento urbano.⁴²

A startup Lume Robotics em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo está trabalhando no desenvolvimento de novas tecnologias de IA para veículos autônomos. O escopo do projeto inclui a revisão da literatura, o desenvolvimento de novos algoritmos e a validação em diferentes tipos de veículos, além da validação em ambiente operacional real na indústria, sem intervenção humana, comprovando sua eficácia em todos os aspectos da missão operacional. A solução integra um software de IA para as áreas de localização, mapeamento, percepção e navegação, juntamente com um hardware composto por computadores, sensores, câmeras e atuadores. Esses componentes, quando embarcados em um veículo, permitem que ele seja conduzido de forma totalmente autônoma.⁴³

PROGRAMA CONECTA STARTUP BRASIL

O Programa Conecta Startup Brasil promove o ecossistema de inovação brasileiro numa ação integrada de ideação, conexão, capacitação e investimento, envolvendo empreendedores, startups em estágio inicial, empresas, investidores, mentores e parceiros.

Na última edição, 14 soluções inovadoras foram desenvolvidas utilizando IA, abrangendo desde um sistema de comunicação em malha para dispositivos IoT, até a detecção de problemas estruturais em pavimentos de aeroportos, sistemas de mitigação de desastres naturais, e uma plataforma de monitoramento ambiental por satélite com mapas atualizados.

O sistema de comunicação em malha para dispositivos IoT foi o projeto da startup Dyona, que visava facilitar a integração de dispositivos, aumentar a capacidade de processamento de dados e possibilitar que a implementação de uma IA descentralizada não precise ser processada na 100% nuvem, reduzindo os custos de

42 Disponível em: <https://ia2mcti.softex.br/projetos/projeto-24-ferramentas-inteligentes-para-apoio-a-seguranca-publica-no-estado-de-alagoas-aplicando-aprendizagem-de-maquina-e-analise-de-dados-sobre-imagens-e-videos-capturados-por-meio-de-veiculos-a/>

43 Disponível em: <https://ia2mcti.softex.br/projetos/projeto-33-desenvolvimento-de-novas-tecnologias-de-inteligencia-artificial-para-veiculos-autonomos/>



operação e aumentando a escalabilidade dos sistemas inteligentes aplicados em Smart Buildings e Smart Cities, principalmente no mercado de utilities. A Dyona foi escolhida como startup destaque da 2ª edição do Conecta Startup Brasil e representante do Centro-Oeste no encerramento do programa.

A startup Porang desenvolveu um sistema de mitigação de desastres naturais utilizando sensores de inundação, alagamento e deslizamentos de massa. O sistema é constituído por três módulos que utilizam um hardware georreferenciado dotado de sensores integrados a um circuito eletrônico. Além disso, também possui um device IoT, que é um gateway LoRaWAN, que pode trabalhar offline para realizar a captura e envio de dados para o aplicativo que utiliza modelos matemáticos de séries temporais para fazer estimativas e previsões de precipitação e de vazões em rios. Unindo os dados obtidos pelos sensores e o banco de dados das estações de monitoramento, o sistema emite insights de IA em large language model (LLM) para tomada de decisões de evacuação, alarme e alertas.⁴⁴

Os cases dos programas IA² e Conecta Startup Brasil, citados acima, demonstram a importância de programas que apoiam o desenvolvimento de novos produtos e soluções envolvendo a IA, a capacitação dos profissionais, o incentivo da colaboração entre os diferentes atores do ecossistema de inovação e a promoção da cultura de inovação responsável. Esses programas facilitam a escalabilidade e implantação da solução no mercado e fomentam o crescimento econômico do país e dos participantes do programa.

44 Disponível em: <https://conectastartupbrasil.org.br/startups/>



Conclusões

A IA, com suas diversas classificações e técnicas, alinhada à uma conectividade robusta, está impactando diretamente diversos setores da sociedade. O cenário global da IA revela um crescimento expressivo, com investimentos e avanços substanciais, liderado por países como EUA e China. O Brasil enfrenta desafios em sua adoção, como a necessidade de maiores investimentos, aprimoramento da infraestrutura e formação de talentos humanos. Nesse contexto, iniciativas como o PBIA demonstram o compromisso do país em fomentar o desenvolvimento da IA.

A conectividade, por sua vez, é fundamental para o desenvolvimento e a aplicação da IA. Tecnologias como 5G, IoT e redes de alta velocidade são importantes para viabilizar soluções inovadoras e integradas. No entanto, o acesso desigual à Internet e as disparidades regionais na qualidade da conectividade do Brasil representam desafios que precisam ser superados para garantir a inclusão digital e o uso equitativo dessas soluções.

A integração entre IA e conectividade abre muitas oportunidades - desde otimização de rede e atendimento ao cliente com chatbots até a construção de cidades inteligentes. No entanto, desafios éticos como vieses reforçadores de estereótipos e privacidade de dados, juntamente com problemas de tecnologia como manter o aprendizado em andamento e a necessidade de decisões robustas por parte da IA, exigem foco e boas respostas da sociedade.

Políticas públicas como o Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação e o Plano Nacional de Internet das Coisas são fundamentais para fomentar o desenvolvimento e o uso responsável da IA no Brasil. A parceria entre governo, academia e setor privado é essencial para inovar, garantir a segurança e executar a IA de forma ética em benefício da sociedade. O Brasil, reconhecendo a importância estratégica da IA, lançou o PBIA para o período de 2024 a 2028, com previsão de investimentos totais de R\$ 23 bilhões, o que equivale a aproximadamente R\$ 4,6 bilhões por ano, ou cerca de US\$ 920 milhões anuais, considerando a taxa de câmbio atual. Em 2024, o orçamento previsto para a IA foi de R\$ 1,76 bilhão, destinado majoritariamente à melhoria de serviços públicos. No



A SINERGIA ENTRE A INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL E CONECTIVIDADE:
REDES CONECTADAS E INTELIGENTES

entanto, quando comparado ao cenário internacional, esse valor ainda é significativamente inferior aos investimentos realizados por outras nações. Os Estados Unidos lideram o setor, com um investimento privado de € 62,5 bilhões apenas em 2023, enquanto a China segue com € 7,3 bilhões no mesmo período. A União Europeia e o Reino Unido, juntos, atraíram cerca de € 9 bilhões em investimentos privados no mesmo ano. O programa Digital Europe, por exemplo, prevê um financiamento total de € 2,1 bilhões para IA no período de 2021-2027, além de outras iniciativas de fomento ao setor. Entre 2018 e 2023, mais de € 120 bilhões foram investidos em empresas de IA nos EUA, em contraste com os cerca de € 32,5 bilhões destinados a empresas do setor na União Europeia⁴⁵. Diante desse panorama, o Brasil enfrenta desafios para alcançar um nível de competitividade global em IA. Embora o investimento anunciado represente um avanço, ainda há uma disparidade significativa em relação aos principais países. Para que o Brasil amplie sua participação no setor, é de extrema importância fortalecer os investimentos públicos e privados, fomentar a pesquisa e o desenvolvimento e implementar políticas que incentivem a adoção da IA na economia e na sociedade.

45 AI investment: EU and global indicators. Disponível em: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2024/760392/EPRS_ATA\(2024\)760392_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2024/760392/EPRS_ATA(2024)760392_EN.pdf)



Referências

AHAMMED, Tareq B; PATGIRI, Ripon; NAYAK, Sabuzima. A vision on the artificial intelligence for 6G communication, ICT Express, Volume 9, Issue 2, 2023, Pages 197-210, ISSN 2405-9595. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959522000741>

CGEE. Conectividade no campo: Mapeamento de demandas, cenários e alternativas tecnológicas, 2024. Disponível em: https://www.cgee.org.br/estudoscgee/-/asset_publisher/LqcvUkzrz5FI/document/id/36837953?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.cgee.org.br%2Festudoscgee%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_LqcvUkzrz5FI%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3D-view%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_pos%3D2%26p_p_col_count%3D4

CHANG, A. The Role of Artificial Intelligence in Digital Health. Computers in health care, p. 71–81, 1 jan. 2020.

DATTA, A.; TSCHANTZ, M. C.; Datta, A. Automated Experiments on Ad Privacy Settings. Proceedings on Privacy Enhancing Technologies, v. 1, p. 92-112, 2015.

DAVE, M.; PATEL, N. Artificial intelligence in healthcare and education. British Dental Journal, v. 234, n. 10, p. 761–764, 1 maio. 2023.

DEWG. Toolkit for Artificial Intelligence Readiness and Capacity Assessment, 2024. Disponível em: https://nic.br/media/docs/publicacoes/1/20241209153401/G20_DEWG_Brasi_%202024_Toolkit_for_AI_Readiness_and_Capacity_Assessment.pdf

GABRIEL, M. Você, eu e os robôs: pequeno manual do mundo digital. São Paulo: Atlas, 2018.

KREUTZ, D. et al. Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey. Proceedings of the IEEE, v. 103, n. 1, p. 14–76, jan. 2015.



LEE, C. S.; LEE, A. Y. Clinical applications of continual learning machine learning. The Lancet Digital Health, v. 2, n. 6, p. e279-e281, 2020. Disponível em: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2589-7500%2820%2930102-3>

LI, Y., QIAN, Y., LI, J., & YU, F. R. Machine Learning in Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey. IEEE Access, 6, 12845-12861, 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8103535>

MAHBOOB, Shadab; LIU, Lingjia. Revolutionizing future connectivity: A contemporary survey on AI-empowered satellite-based non-terrestrial networks in 6G. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2024. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10409745?casa_token=L85HxV57kvwAAAAA:XxCldC-FOAXrGKYUG7bGVxI9sh5ShhPxtajry-eF9WM3ThqGzOGzp8YUD-Fc-shfTnnTn_3eKuw_3B

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. The bulletin of mathematical biophysics, v. 5, p. 115-133, 1943.

McKinsey & Company. The economic potential of generative AI: The next productivity frontier, 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier#introduction>

MISHRA, D. et al. Chaos-Based Content Distribution Framework for Digital Rights Management System. 1 mar. 2021.

NAGESHRAO, Subramanya et al. Robust ai driving strategy for autonomous vehicles. In: AI-enabled Technologies for Autonomous and Connected Vehicles. Cham: Springer International Publishing, p.161-212, 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2207.07829>

NETO, F.; GRANJAL, J.; PEREIRA, V. A Survey on Security Approaches on PPDR Systems Toward 5G and Beyond. IEEE Access, v. 10, p. 117118-117140, 2022.



NIC.br. Conectividade significativa: propostas para medição e o retrato da população no Brasil, 2024. Disponível em: https://cetic.br/media/docs/publicacoes/7/20240415183307/estudos_setori-ais-conectividade_significativa.pdf

NTOUTSI, Eirini et al. Bias in data-driven artificial intelligence systems—An introductory survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, v. 10, n. 3, p. e1356, 2020. Disponível em: https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/widm.1356?getft_integrator=tfo&src=getftr&utm_source=tfo

OECD. Os Princípios de IA da OECD, 2019. Disponível em: <https://oecd.ai/en/ai-principles>

SILVER, D. L.; YANG, Qi.; LI, L. Lifelong machine learning systems: Beyond learning algorithms. In: 2013 AAAI spring symposium series. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242025320_Lifelong_Machine_Learning_Systems_Beyond_Learning_Algorithms

SNYDER, T.; BYRD, G. The Internet of Everything. *Computer*, v. 50, n. 6, p. 8–9, 2017.

SOFTEX. A Avalanche da Inteligência Artificial. 2024. Disponível em: <https://softex.br/observatorio/a-avalanche-da-inteligencia-artificial/>

TURING, A. M. Computing machinery and intelligence. *Mind*, v.59, p.433-460, 1950.

VARNOSFADERANI, S. M.; FOROUZANFAR, M. The Role of AI in Hospitals and Clinics: Transforming Healthcare in the 21st Century. *Bioengineering*, v. 11, n. 4, p. 337, 1 abr. 2024.

YOU, Xiaohu et al. Towards 6G wireless communication networks: Vision, enabling technologies, and new paradigm shifts. *Science China Information Sciences*, v. 64, p. 1-74, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11432-020-2955-6.pdf>



Observatório | Softex