

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E AGRICULTURA 4.0: APLICAÇÕES, DESAFIOS DE CONECTIVIDADE E PERSPECTIVAS PARA O BRASIL

Mauro Periquito Camilher Filho

Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel)
mauroperiquito@gmail.com - <http://lattes.cnpq.br/2684167745279372>

Daniel Mazzer

Next Devices Ltda.
daniel@nextdevices.com.br - <http://lattes.cnpq.br/4232146281745201>

Resumo: A integração da Inteligência Artificial (IA) na agricultura tem o potencial de revolucionar os processos produtivos no campo, impulsionando o setor para a Agricultura 4.0. Este artigo explora a aplicação da IA na análise de dados e modelagem computacional no agronegócio, avaliando como essas tecnologias podem aprimorar o monitoramento de plantações, a agricultura de precisão e a previsão de produtividade. O estudo destaca a importância da Internet das Coisas (IoT) nesse cenário, mas ressalta que a falta de conectividade nas áreas rurais brasileiras é o principal obstáculo para a adoção massiva da IA. Considerando que apenas cerca de 48,1% das propriedades rurais no Brasil têm acesso a redes celulares 4G/5G, os desafios estruturais e culturais são consideráveis. É complexo liberar o potencial transformador da IA para aumentar a produtividade e a sustentabilidade quando há uma dependência tão grande de investimentos em conectividade, capacitação técnica dos profissionais do setor e políticas públicas eficazes.

Palavras-chave: Agricultura digital. Inteligência Artificial. Internet das Coisas. Conectividade rural. Barreiras tecnológicas.

Abstract: *The integration of Artificial Intelligence (AI) in agriculture has the potential to revolutionize production processes in the field, propelling the sector towards Agriculture 4.0. This article explores the application of AI in data analysis and computational modeling in agribusiness, evaluating how these technologies can improve crop monitoring, precision agriculture, and yield forecasting. The study highlights the importance of the Internet of Things (IoT) in this scenario, but emphasizes that the lack of connectivity in rural areas in Brazil is the main obstacle to the massive adoption of AI. Considering that only about 48.1% of rural properties in Brazil have access to 4G/5G cellular networks, the structural and cultural challenges are considerable. It is complex to unleash the transformative potential of AI to increase productivity and sustainability when there is such a high dependence on investments in connectivity, technical training of professionals in the sector, and effective public policies.*

Keywords: *Digital agriculture. Artificial intelligence. Internet of things; Rural connectivity; Technological barriers.*

INTRODUÇÃO

A Agricultura 4.0, como é comumente chamada a quarta revolução agrícola, tem o potencial de realizar uma transformação profunda na maneira como produzimos alimentos. Se na primeira revolução agrícola a domesticação de plantas e animais há milhares de anos foi o grande marco, a segunda ficou marcada pela mecanização mais próxima da atualidade no século XVIII, e na terceira passamos pela Revolução Verde, com os seus avanços em genética e agroquímicos há algumas décadas no século XX. Atualmente, na quarta revolução, a convergência digital traz para o agro tecnologias como Internet das Coisas (IoT), sensores, drones e, principalmente, Inteligência Artificial (IA), que já vinham se desenvolvendo em outros setores econômicos.

Uma revolução como esta não surge por acaso. O Brasil, até a década de 1970, não tinha a capacidade de produção para alimentar a própria população, apesar do seu vasto território rico em biodiversidade, características incomuns na maioria dos países. Causa alguma surpresa ao comparar com os dias de hoje, ao sabermos que naquele tempo éramos grandes importadores de itens básicos como arroz, feijão, milho e trigo.

Cabe salientar que esse cenário começou a mudar drasticamente quando a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) foi fundada em 1973. Aí podemos dizer que começou a jornada de transformação da agricultura brasileira. Ao longo das últimas décadas, a Embrapa fomentou iniciativas para desenvolver tecnologias agrícolas que adaptaram culturas a diferentes regiões do país e aumentaram a produtividade das lavouras e rebanhos. Um exemplo disso é a correção do solo ácido do Cerrado.

Foi a Ciência Agrícola que nos trouxe até aqui - dos laboratórios da Embrapa saíram as soluções para adaptar a soja ao Cerrado, ampliar as áreas cultiváveis e cultivadas, e mudar o papel o Brasil no agronegócio global: de importador a um dos maiores exportadores de alimentos do mundo. Se foram as inovações em fitotecnia, solos e genética que revolucionaram a nossa capacidade produtiva no passado e trouxeram o agro brasileiro a esse patamar de protagonismo global, será a tecnologia da informação que nos levará a um novo ciclo de eficiência e sustentabilidade agrícola.

No Brasil, país onde o agronegócio representa cerca de 27% do PIB nacional, a adoção dessas inovações é de suma importância para manter a competitividade global e enfrentar desafios como segurança alimentar, mudanças climáticas e demanda por sustentabilidade. Contudo, há um verdadeiro greenfield diante e muito que se fazer: a maturidade digital do setor, avaliada em 3,1 em uma escala de 6, segundo o Índice de Transformação Digital Brasil (ITDBr), revela a existência de lacunas críticas que precisam ser superadas.

A inteligência artificial tem gradualmente assumido um papel central na análise de grandes volumes de dados agrícolas, permitindo modelagem computacional avançada e tomada de decisão baseada em evidências. Exemplos de aplicações vão desde o monitoramento em tempo real de culturas até a automação de máquinas e equipamentos, passando pela otimização do uso de insumos e previsão de safras. Esses processos frequentemente ocorrem em centros decisores, em vez de diretamente no campo. No entanto, essa revolução tecnológica enfrenta um obstáculo fundamental: a limitada conectividade no campo brasileiro.

A conectividade funciona como um alicerce sobre o qual as tecnologias da Agricultura 4.0 se desenvolvem, especialmente aquelas dependentes de IA e IoT. Para que os algoritmos de IA possam fazer as análises mais efetivas, coletar, transmitir, tratar e armazenar dados são tarefas imperativas. Num cenário em que apenas 48,1% das propriedades rurais brasileiras dispõem de sinal 4G ou 5G, contando ainda com uma distribuição desigual pelo território nacional, a implementação dessas tecnologias fica comprometida, criando um fosso digital entre diferentes regiões e escalas de produção.

Considerando todo esse contexto, este artigo tem como objetivo analisar as aplicações da IA na análise de dados e modelagem computacional na Agricultura 4.0, com ênfase no papel da IoT e nos desafios de conectividade enfrentados pelo Brasil. O estudo busca responder às seguintes questões:

- Quais são as principais aplicações da IA na agricultura brasileira?
- Como a falta de conectividade limita o potencial dessas tecnologias?
- Quais estratégias podem ser adotadas para superar esses desafios?

A importância deste estudo baseia-se na necessidade de compreender não apenas o potencial transformador da inteligência artificial na agricultura, mas também os obstáculos estruturais e culturais que devem ser superados para que essa transformação ocorra de maneira inclusiva e sustentável no contexto brasileiro.

Inicialmente, apresentamos a fundamentação teórica sobre Agricultura 4.0, Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT). Em seguida, analisamos as aplicações da IA em análise de dados e modelagem computacional no setor agrícola.

Na sequência, discutimos os desafios de conectividade e suas implicações para a implementação de tecnologias digitais no campo. Por fim, exploramos possíveis estratégias para superar esses obstáculos e as perspectivas futuras para a agricultura digital no Brasil.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

1.1 Conceitos de Agricultura 4.0, IA e IoT

A Agricultura 4.0, também conhecida como agricultura digital ou agricultura inteligente, representa uma evolução dos modelos produtivos agrícolas através da incorporação de tecnologias digitais avançadas. Esse conceito é uma extensão do termo Indústria 4.0 para o setor agrícola, caracterizando-se pela integração de sistemas ciberfísicos, análise de dados em larga escala e automação inteligente (Embrapa, 2020).

A Inteligência Artificial (IA), pilar central desta revolução, pode ser definida como a capacidade de máquinas e sistemas computacionais de simular processos cognitivos humanos, como aprendizado, raciocínio e tomada de decisões. Na agricultura, a IA é usada principalmente através de algoritmos de *machine learning*, *deep learning* e redes neurais, que processam e analisam dados para gerar insights e previsões (Embrapa, 2024).

Já a Internet das Coisas (IoT) refere-se à rede de dispositivos físicos equipados com sensores, software e conectividade, que permite a coleta e troca de dados. Na agricultura, a IoT materializa-se em sen-

sores de solo, estações meteorológicas conectadas, maquinário agrícola com telemetria e diversos outros dispositivos que captam informações do ambiente produtivo e as transmitem para sistemas centralizados de análise (PWC, 2024).

1.2 Panorama da adoção de IA no campo

Internacionalmente, países como Estados Unidos, Israel, Holanda e China são os líderes na implementação de IA na agricultura, impulsionados por ecossistemas de inovação consolidados, políticas públicas de incentivo e uma infraestrutura de conectividade avançada e abrangente quando se fala dos territórios nacionais dos respectivos países.

No Brasil, a adoção é marcada por desigualdades regionais e entre diferentes perfis de produtores, com maior concentração em grandes propriedades e complexos agroindustriais (Embrapa, 2020).

1.3 Principais aplicações da IA na agricultura

- **Monitoramento em tempo real**

A IA processa dados de sensores, estações meteorológicas, máquinas agrícolas, drones e satélites para monitorar a saúde do solo e das plantas, identificando pragas, doenças e deficiências nutricionais antes que se tornem um problema maior ou sejam visíveis a olho nu. Algoritmos de *deep learning* e redes neurais convolucionais (CNNs) permitem o processamento avançado de imagens, viabilizando mapeamento detalhado de áreas cultivadas, contagem automática de plantas e detecção de anomalias com precisão superior a 90% em alguns casos (Embrapa, 2020; Totvs, 2024).

- **Agricultura de precisão**

Algoritmos analisam dados ambientais e operacionais para recomendar o uso exato de insumos (água, fertilizantes, defensivos), reduzindo desperdícios, gastos desnecessários e impactos ambientais. Sistemas de IA integrados a sensores de solo e imagens multiespectrais permitem a aplicação variável de fertilizantes e defensivos, com reduções de até 90% no uso de pesticidas e incrementos de produtividade de até 10 sacas por hectare em culturas como soja e milho (Uol Economia, 2024).

- **Previsão de safras e riscos**

Modelos preditivos baseados em IA integram dados históricos e em tempo real para prever produtividade, riscos climáticos e oscilações de mercado. Na cultura do café, muito sensível às variações climáticas, ferramentas como o *Coffee Yield Prediction* utilizam redes LSTM (*Long Short-Term Memory*) para antever produtividade com margem de erro de 5%, auxiliando na negociação de contratos futuros e planejamento logístico (Futuro no Agro, 2024).

- **Automação de máquinas**

Tratores, colheitadeiras e pulverizadores autônomos, guiados por IA, aumentam a precisão das operações e reduzem custos com mão de obra. Algoritmos de visão computacional e aprendizado por reforço permitem que esses equipamentos identifiquem a topografia real do ambiente, obstáculos como buracos, pedras e troncos de árvores, otimizem rotas e realizem operações específicas, como pulverização seletiva de plantas daninhas (Climate Fieldview, 2024).

- **Aceleração de descobertas científicas**

Não há dúvidas de que a IA está acelerando o ciclo de inovação no agronegócio, especialmente na descoberta de novos métodos de proteção de cultivos e adaptação às mudanças climáticas. Plataformas de *deep learning* reduzem o tempo de desenvolvimento de novos defensivos de 13 para cerca de 6 anos, analisando rapidamente bancos de dados genéticos e químicos para identificar compostos promissores (Fast Company Brasil, 2024).

- **Maturidade digital e uso de dados estruturados no Brasil**

O uso de dados estruturados na agricultura brasileira, embora crescente, ainda enfrenta desafios significativos. O “Big Data Agrícola”, proveniente de sensores, drones, satélites e estações meteorológicas, permite análise preditiva, gestão de insumos e rastreabilidade de produção, com impacto direto na produtividade e sustentabilidade (Climate Fieldview, 2024).

Plataformas digitais como *Climate FieldView*, *Solinftec* e diversas startups integram dados de múltiplas fontes, fornecendo relatórios e insights para tomada de decisão no campo. No entanto, a fragmentação de sistemas, a falta de padronização na coleta e armazenamento de dados e

a limitada interoperabilidade entre plataformas constituem barreiras à plena exploração do potencial da IA (Digital Agro, 2024).

Segundo a Embrapa, a IA pode aumentar a produtividade agrícola em até 67% e reduzir perdas pós-colheita em até 30%, mas esses benefícios dependem criticamente da disponibilidade e qualidade dos dados, bem como da infraestrutura para sua transmissão e processamento (Softex, 2024).

2. DESAFIOS E BARREIRAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA IA NA AGRICULTURA

2.4 Desafios de conectividade rural

A conectividade no campo representa o alicerce fundamental para a implementação de tecnologias digitais avançadas, especialmente aquelas baseadas em IA e IoT. Segundo dados recentes do IBGE, 81% das propriedades rurais brasileiras tinham acesso à internet em 2023, o que representa um avanço significativo em relação a anos anteriores (Compre Rural, 2023).

No entanto, esse número mascara importantes limitações qualitativas. Apenas 48,1% dos imóveis rurais contam com sinal 4G ou 5G, tecnologias essenciais para a transmissão eficiente de grandes volumes de dados gerados por sensores e equipamentos conectados (Teletime, 2025). A cobertura dessas tecnologias ainda se concentra principalmente nas regiões Sul e Sudeste, deixando importantes fronteiras agrícolas, como o Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), com cobertura 4G inferior a 12% da área cultivável (Valor Globo, 2024).

Essa distribuição desigual da infraestrutura de conectividade cria um ciclo de exclusão digital: regiões menos conectadas atraem menos investimentos em tecnologias avançadas, o que por sua vez reduz sua competitividade e capacidade de atrair novas infraestruturas. O problema é particularmente agudo em áreas remotas e para pequenos produtores, que enfrentam maiores dificuldades em acessar e custear soluções alternativas de conectividade (Jornal USP, 2024).

A falta de conectividade afeta diretamente:

- **Coleta e transmissão de dados:** sensores e equipamentos IoT não conseguem enviar dados em tempo real, comprometendo análises e tomadas de decisão imediatas pelos centros decisores que muitas vezes estão distantes das culturas no campo.
- **Operação de máquinas conectadas:** tratores e implementos autônomos ou semiautônomos dependem de comunicação constante para funcionar com segurança e eficiência e entregar todas as funcionalidades que têm embarcadas.
- **Acesso a plataformas e serviços em nuvem:** sistemas de IA que processam dados na nuvem ficam inacessíveis sem conectividade adequada e, nesse caso, a dependência é direta dos serviços em *cloud*.
- **Assistência técnica remota:** suporte especializado e atualizações de sistemas ficam comprometidos em áreas mal conectadas. Máquinas paradas por mais tempo comprometem a eficiência das operações.

Estudos da Esalq/USP estimam que a falta de conectividade adequada pode gerar perdas de até R\$ 100 bilhões para o agronegócio brasileiro ao limitar o aproveitamento das tecnologias digitais e da IA (Jacto, 2024).

Essa situação lembra os desafios enfrentados pela Embrapa nos anos 1970, quando a instituição precisou desenvolver tecnologias específicas para superar as limitações naturais do território brasileiro. Da mesma forma que a correção do solo do Cerrado demandou pesquisas dedicadas e adaptadas à nossa realidade, as soluções de conectividade rural também exigirão inovações específicas para o contexto brasileiro, levando em conta nossas dimensões continentais e diversidade de biomas.

2.5 Barreiras culturais

Além dos desafios estruturais, a implementação da IA na agricultura brasileira enfrenta importantes barreiras culturais:

- **Medo da substituição de empregos:** existe um temor generalizado de que a adoção de tecnologias, automação e a IA possam eliminar postos de trabalho rurais, gerando resistência à adoção dessas tecnologias (Zendesk, 2024).

- **Falta de confiança e compreensão:** há desconfiança quanto à eficácia e à confiabilidade dos sistemas de IA, especialmente quando envolvem decisões críticas para a produção. Muitos produtores não compreendem plenamente o funcionamento e o potencial da IA, o que dificulta sua aceitação (Assespro, 2024).

- **Receio de mudanças e apego a métodos tradicionais:** a tradição agrícola e o sucesso de práticas já consolidadas levam muitos produtores a relutarem em adotar novas tecnologias, preferindo manter processos conhecidos e testados ao longo do tempo (Jacto, 2024).

- **Baixo nível de capacitação e habilidades técnicas:** a implementação da IA exige conhecimentos técnicos que muitos agricultores ainda não possuem, tornando necessário investir em treinamento e capacitação (Embrapa, 2022).

Essas barreiras culturais são particularmente relevantes no contexto brasileiro, no qual coexistem múltiplos modelos de agricultura, desde a familiar e tradicional até a empresarial e que já possuem algum nível de adoção tecnológica. A superação desses obstáculos requer não apenas avanços tecnológicos, mas também estratégias de educação, demonstração de resultados e construção de confiança nos diversos perfis de produtores.

2.6 Outros desafios

Além da conectividade e das barreiras culturais, outros desafios significativos incluem:

- **Custo de implementação:** o investimento inicial para adoção de IA é elevado, incluindo aquisição de equipamentos, softwares, treinamento de pessoal e adaptação da infraestrutura existente. Esse custo é particularmente proibitivo para pequenos e médios produtores (Revis-taft, 2024).

- **Qualidade, estrutura e segurança dos dados:** a eficácia das soluções de IA depende da disponibilidade de dados agrícolas precisos, estruturados e em tempo real. Há desafios relacionados à coleta, padronização e integração desses dados, além de preocupações com a privacidade e segurança das informações (Horizonte AI, 2024).

- **Limitações tecnológicas:** existem restrições quanto à precisão dos algoritmos, capacidade de processamento e integração entre diferentes sistemas e plataformas tecnológicas. A automação e o uso de IA ainda não são plenamente adaptados para todos os tipos de culturas e realidades regionais (Terra Magna, 2024).

- **Impacto social e desigualdade tecnológica:** há preocupações sobre o potencial impacto da automação na redução de postos de trabalho rurais e sobre o risco de concentração de tecnologia e renda, aumentando a desigualdade entre grandes e pequenos produtores (Exame, 2024).

Nesse contexto, esses desafios tão diferentes exigem abordagens integradas que considerem aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e educacionais, envolvendo múltiplos atores do ecossistema de inovação agrícola.

3. O PAPEL DA IoT NA AGRICULTURA 4.0

3.1 Estrutura de Sistemas IoT aplicados ao campo

A Internet das Coisas (IoT) constitui a infraestrutura física que viabiliza a coleta de dados para análise por sistemas de IA na agricultura. Esses sistemas operam através de uma arquitetura hierárquica composta por quatro camadas principais:

- **Camada de sensores:** constitui a base do sistema, onde dispositivos como sensores de umidade do solo, estações meteorológicas, rastreadores GPS em máquinas agrícolas, sensores de pH, câmeras multiespectrais em drones e coleiras inteligentes para monitoramento animal coletam dados do ambiente e das operações agrícolas (UTFPR, 2024).

- **Camada de comunicação:** responsável pelo transporte dos dados coletados até os centros de processamento, utilizando protocolos de comunicação como LoRaWAN, Zigbee, NB-IoT e outras redes celulares. Essa camada é particularmente sensível às limitações de conectividade rural (UTFPR, 2024).

- **Camada de nuvem:** realiza o armazenamento, processamento e análise dos dados usando algoritmos de IA. É nesta camada que ocorre

a transformação de dados brutos em informações úteis para tomada de decisão (Valor Globo, 2024).

- **Camada de aplicação:** representa a interface com o usuário final, normalmente através de dashboards, aplicativos móveis ou sistemas de gestão integrada, onde são visualizados insights e recomendações gerados pelos sistemas de IA (UTFPR, 2024).

Essa estrutura permite o desenvolvimento de soluções como irrigação inteligente, manejo integrado de pragas, agricultura de precisão e monitoramento da saúde animal, todas dependentes da sinergia entre IoT e IA.

3.2 Integração entre IA e IoT na agricultura

A integração entre IA e IoT cria um ciclo virtuoso de geração de valor na agricultura. Os dispositivos IoT fornecem os dados que alimentam os algoritmos de IA, que por sua vez geram insights que podem automatizar e otimizar o funcionamento dos próprios dispositivos IoT. Exemplos dessa integração incluem:

- **Irrigação de precisão:** sensores de umidade do solo transmitem dados que são processados por algoritmos de IA, os quais determinam o momento e a quantidade exata de água necessária para cada setor da lavoura, acionando automaticamente sistemas de irrigação. No semiárido brasileiro, fazendas que adotaram esse sistema conseguiram reduzir o consumo de água em até 40% (Embrapa, 2024).

- **Deteção precoce de doenças:** câmeras multiespectrais em drones capturam imagens das culturas, que são analisadas por redes neurais capazes de identificar sinais de infecções fúngicas ou virais antes que se tornem visíveis a olho nu. Na cultura da soja, esse sistema tem alcançado taxas de deteção precoce superiores a 90% para a ferrugem asiática, permitindo intervenções localizadas e redução no uso de fungicidas (SciELO, 2024).

- **Máquinas autônomas:** tratores equipados com sensores LiDAR, câmeras e GPS coletam dados em tempo real sobre terreno e culturas, enquanto algoritmos de IA processam essas informações para orientar deslocamento, velocidade e operações específicas, como pulverização

ou plantio. Essas máquinas podem operar 24 horas por dia com mínima intervenção humana, aumentando a eficiência operacional (Climate Fieldview, 2024).

- **Previsão de desempenho:** a combinação de dados históricos de produtividade, informações meteorológicas em tempo real e imagens de satélite alimenta modelos preditivos que estimam produtividade e identificam áreas problemáticas. O programa *Coffee Yield Prediction* tem alcançado precisão superior a 95% na estimativa de produtividade para café, com antecedência de até três meses da colheita (Embrapa, 2024).

3.3 Limitações impostas pela falta de conectividade

A eficácia da integração entre IA e IoT é diretamente proporcional à qualidade e confiabilidade da conectividade disponível. Em áreas rurais brasileiras com cobertura limitada, diversas funcionalidades ficam comprometidas:

- **Latência na transmissão de dados:** em regiões com baixa qualidade de sinal, o tempo entre a coleta do dado e sua análise aumenta significativamente, inviabilizando aplicações que exigem resposta em tempo real, como controle de maquinário autônomo e alertas de emergência (Jacto, 2024).

- **Redução na frequência de amostragem:** para economizar banda e energia, sistemas IoT em áreas mal conectadas são frequentemente configurados para transmitir dados em intervalos mais longos, reduzindo a granularidade temporal das análises e comprometendo a detecção precoce de eventos críticos (Climate Fieldview, 2024).

- **Limitação no volume de dados:** imagens de alta resolução, vídeos e grandes conjuntos de dados de sensores frequentemente não podem ser transmitidos em áreas com conectividade limitada, forçando o uso de informações reduzidas ou comprimidas, o que impacta a precisão dos algoritmos de IA (Distrito, 2024).

- **Impossibilidade de atualizações remotas:** dispositivos IoT e sistemas de IA frequentemente necessitam de atualizações de software para corrigir falhas ou incorporar melhorias. Em áreas mal conectadas, essas atualizações tornam-se difíceis ou impossíveis, deixando os sistemas vulneráveis ou desatualizados (Tavros, 2024).

- **Fragmentação do ecossistema digital:** a falta de conectividade homogênea cria “ilhas digitais” onde certas tecnologias funcionam apenas parcialmente ou de forma isolada, impedindo a integração completa da cadeia produtiva e reduzindo o potencial transformador da IA e IoT (Jornal USP, 2024).

Essas limitações não apenas reduzem a eficiência das tecnologias já implementadas, mas também desencorajam novos investimentos em digitalização, criando um ciclo vicioso que amplia o fosso digital entre diferentes regiões produtivas.

4. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório e descritivo, baseada em revisão bibliográfica sistemática e análise documental. A metodologia foi estruturada em três etapas principais:

4.1 Levantamento bibliográfico

Realizou-se uma busca sistemática em bases de dados científicas (Scielo, Google Scholar, Portal de Periódicos Capes), repositórios institucionais (Embrapa, universidades) e publicações técnicas especializadas em agronegócio e tecnologia. Foram utilizados como descritores de busca os termos: “inteligência artificial agricultura”, “agricultura 4.0”, “IoT agronegócio”, “conectividade rural”, “transformação digital campo”, entre outros relacionados.

O período de cobertura da pesquisa bibliográfica estendeu-se de 2020 a 2025, priorizando publicações mais recentes devido à rápida evolução tecnológica no campo da IA e IoT. Foram selecionados 47 documentos entre artigos científicos, relatórios técnicos, *white papers* e estudos setoriais, que atendiam aos critérios de relevância temática, consistência metodológica e confiabilidade das fontes.

4.2 Análise documental

Procedeu-se à análise de relatórios e documentos de instituições referência no setor, incluindo:

- Índice de Transformação Digital Brasil 2024 (PwC e Fundação Dom Cabral)
- Pesquisa Agricultura Digital no Brasil (Embrapa, Sebrae e INPE)
- Relatório de Cobertura Rural 2025 (ConectarAGRO)
- Relatórios técnicos sobre Agricultura Digital e IA (Embrapa)
- Estudos setoriais de associações e empresas de tecnologia agrícola.

Essa etapa focou na identificação de dados quantitativos e qualitativos sobre o nível de maturidade digital do agronegócio brasileiro, adoção de tecnologias baseadas em IA, índices de conectividade rural e principais desafios relatados pelos atores do setor.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Indicadores sobre adoção de IA e IoT na agricultura brasileira

Os dados analisados revelam um cenário de adoção crescente, porém desigual, de tecnologias baseadas em IA e IoT no agronegócio brasileiro. O Índice de Transformação Digital Brasil (ITDBr) posiciona o setor com nota 3,1 em uma escala de 6 pontos, abaixo da média geral de 3,7, evidenciando um estágio intermediário de maturidade digital (PWC, 2024).

Em termos de conectividade, embora 81% das propriedades rurais brasileiras tenham algum tipo de acesso à internet, apenas 48,1% dispõem de tecnologias 4G ou 5G, essenciais para o pleno funcionamento de sistemas baseados em IA e IoT (Compre Rural, 2023; Teletime, 2025). Mais preocupante ainda é a cobertura territorial: apenas 33% da área agrícola brasileira conta com cobertura 4G/5G, com distribuição extremamente desigual entre as regiões, segundo o mais recente levantamento da iniciativa ConectarAGRO (2025).

Em relação às aplicações de IA, o monitoramento em tempo real de culturas (56%) e a agricultura de precisão (48%) lideram a adoção entre produtores tecnificados, enquanto automação de máquinas (27%) e previsão avançada de safras (23%) apresentam índices mais modestos (Sebrae, 2023). A Tabela 1 sintetiza os principais indicadores de impacto da IA identificados na literatura.

Tabela 1 - Indicadores de impacto da IA na agricultura brasileira

Indicador	Valor	Fonte
Aumento de produtividade	Até 67%	Embrapa (2024)
Redução no uso de pesticidas	Até 90%	UOL Economia (2024)
Redução de perdas pós-colheita	Até 30%	CNA (2024)
Economia de água em sistemas de irrigação inteligente	40%	Embrapa (2024)
Economia de água em sistemas de irrigação inteligente	10 sacas/hectare	Uol Economia (2024)
Redução no tempo de desenvolvimento de defensivos	De 13 para 6 anos	Fast Company Brasil (2024)

Fonte: Elaborado pelos autores com base na revisão de literatura (2025).

Entre os produtores rurais brasileiros, observa-se uma polarização em relação à adoção tecnológica. Grandes produtores (acima de 500 hectares) apresentam taxa de adoção de soluções baseadas em IA de 42%, enquanto entre pequenos produtores (abaixo de 50 hectares) este índice cai para apenas 8% (Sebrae, 2023). Essa disparidade relaciona-se diretamente com as barreiras identificadas, especialmente conectividade e custos de implementação.

5.2 Impacto da conectividade na implementação de IA e IoT

A análise dos dados evidencia uma correlação direta entre a qualidade da conectividade e o nível de adoção de tecnologias baseadas em IA. Nas regiões Sul e Sudeste, onde a cobertura 4G/5G alcança entre 60% e 72% das áreas agrícolas, observa-se maior penetração de sistemas avançados como agricultura de precisão, máquinas conectadas e modelos preditivos. Em contraste, na região do Matopiba, com apenas 12% de cobertura, predominam tecnologias menos dependentes de conectividade constante (Valor Globo, 2024).

Os impactos da falta de conectividade manifestam-se em diferentes dimensões:

a) **Econômica:** A Esalq/USP estima perdas anuais de até R\$ 100 bilhões para o agronegócio brasileiro devido à conectividade inadequada, resultantes de menor eficiência operacional, maiores perdas por detecção tardia de problemas e dificuldades na implementação de sistemas integrados (Jacto, 2024).

b) **Tecnológica:** Sistemas IoT em áreas mal conectadas operam com capacidades reduzidas, menores frequências de atualização e limitação no volume de dados transmitidos, comprometendo a eficácia dos algoritmos de IA.

c) **Social:** A disparidade no acesso à conectividade reforça desigualdades existentes, criando um ciclo no qual regiões e produtores já mais desenvolvidos tecnologicamente avançam mais rapidamente, enquanto outros permanecem excluídos dos benefícios da digitalização. Pequenos produtores, que correspondem a 72% dos estabelecimentos rurais brasileiros, são os mais afetados por essa exclusão digital (Jornal USP, 2024).

A análise temporal mostra avanços na cobertura de internet rural, mas com crescimento mais lento nas tecnologias de maior capacidade (4G/5G) e na cobertura territorial. Segundo a ConectarAGRO, a cobertura territorial passou de 23% em 2022 para 33% em 2024, com meta de atingir 40% até o final de 2025, indicando um progresso gradual, porém ainda insuficiente para atender às necessidades do setor (Conectar Agro, 2025).

5.3 Estratégias para superação dos desafios identificados

O estudo identificou diversas estratégias em implementação ou propostas para superar os desafios de conectividade e adoção de IA no campo brasileiro:

a) **Infraestrutura híbrida de comunicação:** Combinação de diferentes tecnologias de conectividade, como satélites de baixa órbita (constelação Starlink), redes privadas LTE/5G e sistemas de rádio de longo alcance. O programa ConectarAGRO ampliou a cobertura de 23% para 33% em dois anos utilizando essa abordagem híbrida (Conectar Agro, 2025).

b) **Edge Computing para reduzir dependência de conexão constante:** Processamento local de dados em dispositivos IoT, minimizando a necessidade de transmissão contínua. O sensor SmartSoil 4.0, desenvolvido pela Embrapa, realiza análises preliminares diretamente no campo, enviando apenas dados consolidados ou alertas específicos, reduzindo em até 80% o volume de dados transmitidos (UTFPR, 2024).

c) **Políticas públicas e parcerias:** O Plano Nacional de IoT (2021-2025) prevê incentivos fiscais para provedores rurais e a criação de sandboxes regulatórios para facilitar a implantação de novas tecnologias de conectividade em áreas remotas. Adicionalmente, iniciativas como o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (FUST) têm direcionado recursos para expansão da conectividade rural (Futurecom, 2024).

d) **Capacitação e demonstração:** Programas como o “IA no Campo”, desenvolvido pelo Senar em parceria com empresas de tecnologia, focam na capacitação de produtores e técnicos agrícolas, com ênfase em demonstrações práticas dos benefícios da IA em condições reais de produção. Propriedades modelo em diferentes regiões servem como vitrines tecnológicas, reduzindo a percepção de risco (Zendesk, 2024).

A análise dos resultados sugere que a superação dos desafios para implementação efetiva da IA na agricultura brasileira requer uma abordagem multidimensional, que combine avanços tecnológicos (como *edge computing* e infraestrutura híbrida) com iniciativas educacionais, políticas públicas e desenvolvimento de soluções adaptadas às diferentes realidades produtivas do país.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada neste estudo evidencia o potencial transformador da inteligência artificial na agricultura brasileira, ao mesmo tempo que identifica desafios estruturais e culturais significativos para sua implementação efetiva. As aplicações da IA na análise de dados e modelagem computacional agrícola demonstram capacidade de gerar ganhos expressivos em produtividade, sustentabilidade e competitividade, como evidenciado pelos indicadores de impacto apresentados.

Se olharmos para nossa história recente, veremos um paralelo importante: assim como a Embrapa revolucionou a nossa agricultura nas décadas de 1970 e 1980, transformando o Brasil de importador a grande exportador de alimentos, a inteligência artificial tem o potencial de desencadear uma nova revolução produtiva. A diferença está nos meios. Se a primeira revolução se baseou na ciência agrônômica para dominar o Cerrado, esta nova revolução será digital.

No entanto, a plena realização desse potencial esbarra em um obstáculo fundamental: a limitada e desigual conectividade no campo brasileiro. Com apenas 48,1% das propriedades rurais dispostas de tecnologias 4G/5G, e somente 33% da área agrícola coberta por essas redes, cria-se um cenário de exclusão digital que afeta particularmente pequenos produtores e regiões menos desenvolvidas. Essa barreira tecnológica é agravada por fatores culturais, como resistência à mudança, falta de capacitação técnica e percepção de risco elevado associado a novas tecnologias.

O papel crítico da IoT como infraestrutura física que viabiliza a coleta de dados para análise por sistemas de IA torna a questão da conectividade ainda mais central. A arquitetura hierárquica desses sistemas, organizada em camadas de sensores, comunicação, processamento e aplicação, depende fundamentalmente de uma infraestrutura de comunicação robusta e abrangente, atualmente insuficiente no contexto rural brasileiro.

As estratégias identificadas para superação desses desafios apontam para a necessidade de uma abordagem integrada, que combine:

1. Investimentos em infraestrutura de conectividade, adotando modelos híbridos que aproveitem diferentes tecnologias de comunicação.
2. Desenvolvimento de soluções de *edge computing* que reduzam a dependência de conexão constante.
3. Políticas públicas que incentivem a expansão da cobertura em áreas rurais e facilitem o acesso a tecnologias digitais por pequenos e médios produtores.
4. Programas de capacitação e demonstração que reduzam barreiras culturais e construam confiança nas novas tecnologias.
5. Criação de soluções tecnológicas acessíveis e adaptadas às diferentes realidades produtivas do país.

Nesse contexto, uma lição histórica se torna relevante: assim como a Embrapa precisou formar seus quadros técnicos enviando centenas de

pesquisadores para qualificação no exterior nos anos 1970, hoje precisamos investir na formação de uma nova geração de profissionais que dominem tanto a agronomia quanto a ciência de dados e a inteligência artificial. É na interseção desses conhecimentos que surgirão as soluções mais inovadoras e adequadas à nossa realidade.

Os resultados obtidos contribuem para a compreensão dos desafios e oportunidades associados à implementação da IA na agricultura brasileira, oferecendo insights relevantes para formuladores de políticas públicas, desenvolvedores de tecnologia, instituições de pesquisa e extensão rural, e para os próprios produtores agrícolas.

Como perspectivas para pesquisas futuras, sugere-se o aprofundamento de estudos empíricos sobre o impacto econômico, social e ambiental da IA em diferentes sistemas produtivos e regiões do Brasil; o desenvolvimento de metodologias para mensuração mais precisa da relação custo-benefício de diferentes tecnologias digitais; e a investigação de modelos inovadores de financiamento e compartilhamento de tecnologias que possam democratizar o acesso à transformação digital no campo.

O Brasil, como potência agrícola global, tem na integração bem-sucedida de IA e agricultura uma oportunidade estratégica para consolidar sua liderança, ampliando produtividade e sustentabilidade. Em um mundo no qual serão necessários aumentos substanciais na produção de alimentos para atender à crescente população global, as tecnologias digitais deixam de ser meras opções para se tornarem imperativos estratégicos.

No entanto, para que essa oportunidade se concretize de forma inclusiva e abrangente, é fundamental superar o déficit de conectividade rural e as barreiras culturais identificadas, promovendo uma transformação digital que beneficie o setor em toda sua diversidade. Somente assim poderemos garantir que a tecnologia seja, de fato, um fator de desenvolvimento e não um amplificador de desigualdades.

Assim sendo, se a ciência agrônômica nos trouxe até aqui, transformando terras ácidas em campos produtivos, será a ciência da computação, particularmente a inteligência artificial, junto com IoT e Conectividade, que nos levará ao próximo patamar de produtividade, eficiência e sustentabilidade. O desafio agora é garantir que essa nova revolução seja acessível a todos os agricultores brasileiros, não apenas às grandes corporações do agronegócio.

REFERÊNCIAS

- AGRO BAYER. **Conectividade no campo**. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/conteudos-impulso-bayer/conectividade-no-campo>. Acesso em: 3 maio 2025.
- AGRO BAYER. **Tecnologia na agricultura**. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/conteudos-impulso-bayer/tecnologia-na-agricultura>. Acesso em: 5 maio 2025.
- AGROSMART. **Blog Gestão Tecnológica Agrícola**. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/>. Acesso em: 11 maio 2025.
- AMBIENTEBRASIL. **Histórico da Agricultura Brasileira**. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agropecuaria/historico_da_agricultura/historico_da_agricultura_brasileira.html. Acesso em: 8 maio 2025.
- ASSEPRO. **11 barreiras para a adoção eficaz da IA e como superá-las**. Disponível em: <https://assespro.rio/noticias/artigos-e-editoriais/11-barreiras-para-a-adocao-eficaz-da-ia-e-como-supera-las-242.html>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- CASA DO PRODUTOR RURAL. **As principais tendências e desafios para o avanço da agricultura digital**. Disponível em: <https://casadoprodutorrural.com.br/as-principais-tendencias-e-desafios-para-o-avanco-da-agricultura-digital/>. Acesso em: 10 maio 2025.
- CLIMATE FIELDVIEW. **Como o big data é usado na agricultura**. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/como-o-big-data-e-usado-na-agricultura>. Acesso em: 2 maio 2025.
- CLIMATE FIELDVIEW. **Inteligência artificial agricultura**. Disponível em: <https://blog.climatefieldview.com.br/inteligencia-artificial-agricultura>. Acesso em: 30 abr. 2025.
- COMPRE RURAL. **Propriedades rurais com acesso à internet atinge 81% das fazendas, aponta IBGE**. Disponível em: <https://www.comprerural.com/propriedades-rurais-com-acesso-a-internet-atinge-81-das-fazendas-aponta-ibge/>. Acesso em: 2 maio 2025.
- CONECTARAGRO. **Área agrícola com 4G ou 5G chega a 33% no Brasil, segundo ConectarAGRO**. Disponível em: <https://teletime.com.br/30/04/2025/area-agricola-com-4g-ou-5g-chega-a-33-no-brasil-segundo-conectaragro/>. Acesso em: 30 abr. 2025.
- CROPLIFE BRASIL. **Agricultura moderna: conheça as tecnologias que fazem parte do campo**. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/agricultura-moderna-conheca-as-tecnologias-que-fazem-parte-do-campo-croplife-brasil/>. Acesso em: 7 maio 2025.
- CULTIVE EUCALIPTO. **Inteligência artificial na agricultura**. Disponível em: <https://cultiveeucalipto.com.br/blog/inteligencia-artificial-na-agricultura/>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- DIGITAL AGRO. **IA na agricultura**. Disponível em: <https://digitalagro.com.br/2024/05/17/ia-na-agricultura/>. Acesso em: 17 maio 2025.
- DISTRITO. **Inteligência artificial no agronegócio: aplicações e impacto**. Disponível em: <https://distrito.me/blog/inteligencia-artificial-no-agronegocio-aplicacoes-e-impacto/>. Acesso em: 20 abr. 2025.
- EMBRAPA. **A evolução da agricultura do Brasil**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81665485/artigo---a-evolucao-da-agricultura-do-brasil>. Acesso em: 10 maio 2025.
- EMBRAPA. **Agricultura digital**. Brasília: Embrapa, 2020.
- EMBRAPA. **Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2022.
- EMBRAPA. **Linha do Tempo**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/50-anos/linha-do-tempo>. Acesso em: 12 maio 2025.

EMBRAPA. **O conhecimento que transformou a agricultura.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1577975/o-conhecimento-que-transformou-a-agricultura>. Acesso em: 8 maio 2025.

EMBRAPA. **Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1012319/tecnologias-da-informacao-e-comunicacao-e-suas-relacoes-com-a-agricultura>. Acesso em: 5 maio 2025.

EMBRAPA. **Trajatória da agricultura brasileira.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 8 maio 2025.

EMBRAPA. **Trajatória do agro.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/trajetoria-do-agro>. Acesso em: 10 maio 2025.

EXAME. **IA para agricultura: oportunidade ou desafio?** Disponível em: <https://exame.com/agro/ia-para-agricultura-oportunidade-ou-desafio/>. Acesso em: 15 maio 2025.

FAPEAQ. **Pesquisa científica e novas tecnologias revolucionaram a agricultura brasileira.** Disponível em: <https://fapesq.rpp.br/noticias/pesquisa-cientifica-e-novas-tecnologias-revolucionaram-a-agricultura-brasileira>. Acesso em: 9 maio 2025.

FAST COMPANY BRASIL. **Uso de IA na agricultura poderia ajudar a acabar com a fome no mundo.** Disponível em: <https://fastcompanybrasil.com/impacto/uso-de-ia-na-agricultura-poderia-ajudar-a-acabar-com-a-fome-no-mundo/>. Acesso em: 12 maio 2025.

FUTURO NO AGRO. **O futuro da agricultura: o impacto da inteligência artificial e big data na produtividade.** Disponível em: <https://futuronagro.com.br/o-futuro-da-agricultura-o-impacto-da-inteligencia-artificial-e-big-data-na-produtividade/>. Acesso em: 18 abr. 2025.

GOVERNO DO BRASIL. **Com tecnologia e inovação, produção agropecuária dobrou no Brasil em 22 anos.** Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/12/com-tecnologia-e-inovacao-producao-agropecuaria-dobrou-no-brasil-em-22-anos>. Acesso em: 10 maio 2025.

HORIZONTE AI. **O impacto da inteligência artificial na agricultura.** Disponível em: <https://horizonteai.com.br/o-impacto-da-inteligencia-artificial-na-agricultura/>. Acesso em: 22 abr. 2025.

INSTITUTO QUESTÃO DE CIÊNCIA. **Embrapa: um elo que transformou o agro brasileiro unindo ciência, tecnologia e mercado.** Disponível em: <https://iqc.org.br/observatorio/artigos/tecnologia/embrapa-um-elo-que-transformou-o-agro-brasileiro-unindo-ciencia-tecnologia-mercado/>. Acesso em: 9 maio 2025.

IRRIGAT. **Melhores sites sobre agricultura no Brasil.** Disponível em: <https://irrigat.com.br/melhores-sites-sobre-agricultura/>. Acesso em: 5 maio 2025.

JACTO. **Conectividade no campo.** Disponível em: <https://blog.jacto.com.br/conectividade-no-campo/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

JACTO. **Inteligência artificial na agricultura.** Disponível em: <https://blog.jacto.com.br/inteligencia-artificial-na-agricultura/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

JORNAL USP. **Falta de acesso à internet de qualidade no meio rural exclui pequenos produtores.** Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/falta-de-acesso-a-internet-de-qualidade-no-meio-rural-exclui-pequenos-produtores/>. Acesso em: 2 maio 2025.

LUXURY HOME FLORIPA. **Agro e inteligência artificial movimentando R\$ 236 bilhões em 2028.** Disponível em: <https://luxuryhomefloripa.com.br/agro-e-inteligencia-artificial-movimentando-r-236-bilhoes-em-2028/>. Acesso em: 10 maio 2025.

OLHAR DIGITAL. **Como a tecnologia está gerando novas oportunidades de emprego no agronegócio.** Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2025/02/07/agronegocios/como-a-tecnologia-esta-gerando-novas-oportunidades-de-emprego-no-agronegocio/>. Acesso em: 10 maio 2025.

PWC. **Destaque do setor do agronegócio.** Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/estudos/servicos/consultoria-negocios/indice-transformacao-digital-brasil-2024/destaques-do-setor-do-agronegocio.html>. Acesso em: 3 maio 2025.

PWC. **Índice de Transformação Digital Brasil 2024.** Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/estudos/servicos/consultoria-negocios/indice-transformacao-digital-brasil/2024/PwC-ITDDBR-Agro-24.pdf>. Acesso em: 3 maio 2025.

REVISTAFT. **Estudo da inteligência artificial na agricultura: vantagens, desvantagens e desafios.** Disponível em: <https://revistافت.com.br/estudo-da-inteligencia-artificial-na-agriculturavantagens-desvantagens-e-desafios/>. Acesso em: 15 maio 2025.

SCIELO. **Aplicação de redes neurais convolucionais na detecção precoce da ferrugem asiática da soja.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/KP5mfyFddvVFzqTLmMDNK3Habstract/?lang=pt>. Acesso em: 5 maio 2025.

SCIELO. **Biotecnologia e agricultura: da ciência e tecnologia aos impactos da inovação.** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/FDFBsJkwwh8qS6N3LkQLT5m/>. Acesso em: 8 maio 2025.

SEBRAE. **Pesquisa agricultura digital no Brasil.** Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/pesquisa-agricultura-digital-no-brasil,d7cd720d1eed3710VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 10 maio 2025.

SOFTEX. **A revolução da inteligência artificial no agronegócio brasileiro.** Disponível em: <https://softex.br/a-revolucao-da-inteligencia-artificial-no-agronegocio-brasileiro/>. Acesso em: 5 maio 2025.

STARTSE. **Agricultura 4.0: tecnologia em prol da conservação do solo.** Disponível em: <https://www.startse.com/artigos/agricultura-40-tecnologia-em-prol-da-conservacao-do-solo/>. Acesso em: 15 maio 2025.

TARVOS. **A inteligência artificial na agricultura: transformando o futuro do campo.** Disponível em: <https://tarvos.ag/en/a-inteligencia-artificial-na-agricultura-transformando-o-futuro-do-campo/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

TERRA MAGNA. **Inteligência artificial.** Disponível em: <https://terramagna.com.br/blog/inteligencia-artificial/>. Acesso em: 17 maio 2025.

TOTVS. **Inteligência artificial agricultura.** Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-agricola/inteligencia-artificial-agricultura/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

UOL ECONOMIA. **IA torna-se insumo essencial e gera aumento de produção e sustentabilidade.** Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2024/06/07/ia-torna-se-insumo-essencial-e-gera-aumento-de-producao-e-sustentabilidade.htm>. Acesso em: 15 maio 2025.

UTFPR. **Agricultura: protótipo cultural de alface romana.** Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12952/1/agriculturaprototipoculturalactucasativa.pdf>. Acesso em: 19 maio 2025.

VALOR GLOBO. **Baixa conectividade no campo dificulta adoção de IA e internet das coisas.** Disponível em: <https://valor.globo.com/publicacoes/especiais/5g/noticia/2024/09/27/baixa-conectividade-no-campo-dificulta-adocao-de-ia-e-internet-das-coisas.ghtml>. Acesso em: 27 abr. 2025.

ZENDESK. **Inteligência artificial no Brasil.** Disponível em: <https://www.zendesk.com.br/blog/inteligencia-artificial-no-brasil/>. Acesso em: 19 maio 2025.