



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Campus de Chapadinha / MA

CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA

COLEGIADO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



DARA MARIA SILVA DE SOUZA

SMART FARMING NO BRASIL: Integrando tecnologias avançadas para o desenvolvimento
do setor agrícola brasileiro

Chapadinha – MA

2024

DARA MARIA SILVA DE SOUZA

SMART FARMING NO BRASIL: Integrando tecnologias avançadas para o desenvolvimento
do setor agrícola brasileiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a Coordenação de Engenharia Agrícola da
Universidade Federal do Maranhão, como
requisito para obtenção do título de
Engenheiro Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Patricio Gomes Leite
Coorientador: Prof. Dr. Aldair de Souza Medeiros

Chapadinha – MA

2024

TCC defendido e aprovado em: 10 de setembro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Patricio Gomes Leite (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Aldair de Souza Medeiros (Coorientador)
Universidade Federal do Maranhão

(Examinador)
Prof. Dr. Jordânio Inácio Marques

(Examinador)
Prof. Dr. Washington da Silva Sousa

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Silva de Souza, Dara Maria.

SMART FARMING NO BRASIL : integrando tecnologias
avançadas para o desenvolvimento do setor agrícola
brasileiro / Dara Maria Silva de Souza. - 2024.
43 f.

Coorientador(a) 1: Aldair de Souza Medeiros.

Orientador(a): Patricio Gomes Leite.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha - Ma, 2024.

1. Agricultura de Precisão. 2. Tecnologia Na
Agricultura. 3. Agropecuária Brasileira. 4. . 5. . I.
de Souza Medeiros, Aldair. II. Gomes Leite, Patricio.
III. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai, mãe e irmã que sempre acreditaram que eu era capaz e estiveram ao meu lado, nunca pouparam esforços para realização dos meus sonhos. Sempre prestando apoio em toda as minhas escolhas, sem eles nada seria possível. Agradeço a Deus por tê-los em minha vida.

Para sempre, nós quatro.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida e por todas as bênçãos que ele tem derramado sobre mim ao longo dessa jornada, agradeço de coração por todas as oportunidades, pelos desafios superados e por me permitir concluir esta importante etapa da minha vida.

Agradeço imensamente aos meus pais, Doralice Monteiro da Silva e José Adalberto Torres de Souza, que mesmo diante de todas as dificuldades trabalham todos os dias para que eu consiga alcançar meus objetivos, apoiam e me incentivam incondicionalmente.

A minha irmã, Daniele Maria Silva de Souza que sempre esteve ao meu lado, me dando força, e torcendo por mim. Ao meu namorado Mizraim Montereí que segurou minha mão em toda essa caminhada, sempre acreditando em mim em momentos nos quais nem eu acreditava. Assim também como seus pais Tania e José que tanto me ajudaram nessa trajetória.

Agradeço aos meus maravilhosos amigos de classe, Milena Cristina, Isabela Araújo, Breno dos Santos, Genylce Aguiar, pela amizade e apoio, tornando a trajetória acadêmica mais leve e me proporcionando bons momentos. Agradeço aos meus amigos Wesley Vicente, Micaelle Montereí que mesmo de longe sempre torceram e vibraram por mim.

Aos meus orientadores Patricio Leite e Aldair Medeiros meus sinceros agradecimentos a toda ajuda e incentivo dado por vocês.

Gratidão a todos da minha família e amigos que de alguma forma contribuíram e fizeram parte dessa minha trajetória.

Encerro com um pensamento de Casi Ángeles que define como escolhi dar meus passos nessa vida, “O eco devolve tudo o que você diz. É assim. Nossa vida é o reflexo das nossas ações. Se quiser colher amor, plante-o antes. Se quiser receber felicidade, proporcione antes. Isso é o eco”.

Assim, espero ter proporcionado a todos a melhor versão de mim.

RESUMO

A *Smart Farming* traz inovação e tecnológica para o setor agrícola, essa modernização otimiza as produções, reduz custo e cuida do meio ambiente. Atualmente questões como segurança alimentar e preservação ambiental são preocupações mundiais, maximizar as produções se tornou algo necessário, visto que a população mundial está em constante expansão. O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo, e tem papel importante na produção de alimentos, atribuir tecnologias mais inteligentes como Inteligência Artificial, Internet das Coisas e Sensores auxiliam no aumento de produção, valorização do produto e sustentabilidade. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho explorar a literatura atual, sobre como as tecnologias emergentes são integradas no contexto brasileiro, visando aumentar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade. A metodologia empregada para o desenvolvimento deste trabalho, foi uma pesquisa bibliográfica, estabelecendo uma seleção de estudos que se relacionam com o tema “Agricultura de Precisão”. Os resultados obtidos evidenciaram que as publicações de trabalhos, no período de (2019 – 2023) em relação ao tema aumentaram, mas ainda existe uma deficiência de dados quanto ao nível de tecnologias empregadas em fazendas.

Palavras-Chaves: Agricultura de precisão, Tecnologia na Agricultura, Agropecuária Brasileira.

ABSTRACT

Smart Farming brings innovation and technology to the agricultural sector, this modernization optimizes production, reduces costs and takes care of the environment. Currently, issues such as food security and environmental preservation are global concerns, maximizing production has become necessary, given that the world population is constantly expanding. Brazil is one of the largest agricultural producers in the world, and plays an important role in food production. Smarter technologies such as Artificial Intelligence, the Internet of Things and Sensors help to increase production, increase product value and sustainability. In this sense, the aim of this work was to explore current literature on how emerging technologies are integrated into the Brazilian context, aiming to increase efficiency, productivity and sustainability. The methodology used to develop this work was a bibliographical research, establishing a selection of studies that relate to the theme “Precision Agriculture”. The results obtained showed that work publications in the period (2019 – 2023) in relation to the topic increased, but there is still a lack of data regarding the level of technologies used on farms.

Keywords: Precision Agriculture, Technology in Agriculture, Brazilian Agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cobertura da tecnologia 4G no Brasil	14
Figura 2. Revolução agrícola ao longo do tempo.....	15
Figura 3. Tecnologias da IoT disponíveis para os agricultores	17
Figura 4. Ilustração do aprendizado de máquinas.	19
Figura 5. Imagem que descreve o processo de revolução industrial.	20
Figura 6. Imagem ilustrativa da cabine de trator autônomo.....	21
Figura 7. Imagem de drone pulverizador.	22
Figura 8. Evolução das publicações envolvendo agricultura inteligente nas bases de dados. ..	24
Figura 9. Margem de trabalhos publicados nas plataformas utilizadas envolvendo o tema smart farming no Brasil.	26
Figura 10. Estabelecimentos agropecuários sem acesso à internet: N° de propriedades rurais por município brasileiro de acordo com o Censo Agropecuário 2017.....	30
Figura 11. Dificuldades dos consultores e assistência técnica (agrônomos) para utilizar a tecnologia na propriedade.....	31
Figura 12. Valor global estimado de inteligência artificial no mercado agrícola de 2020 a 2026 (em bilhões de dólares americanos).....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Artigos sobre tecnologias avançadas para o desenvolvimento do setor agrícola brasileiro analisados.	27
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	12
2.2 Geral	12
2.3 Específico	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Smart Farming	13
3.2 Tecnologias envolvidas	14
3.2.1 Internet das Coisas (IoT)	16
3.2.2 Inteligência Artificial (IA): aplicação na agricultura	17
3.2.3 Aprendizado de Máquinas (AM)	18
3.2.4 Sistemas Autônomos	20
3.2.5 Drones na agricultura	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Classificação da pesquisa	23
4.2 Coleta e análise de dados	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
7 REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A modernização tecnológica com o advento da *Smart Farming* está ganhando espaço no setor agrícola brasileiro. As tecnologias avançadas no campo otimizam a produção, aumentam a eficiência, reduzem custos e melhoram a sustentabilidade do cultivo (Coutinho, 2021). Também conhecida como fazenda inteligente, é uma tecnologia que depende da utilização de Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial (IA), para que fazendas convencionais se transformem em fazendas digitais (Bacco et al., 2019).

Esse avanço no setor está relacionado tanto com o aumento da produtividade agrícola como a preocupação com o meio ambiente, visto que a população mundial está em constante crescimento. A estimativa da Organização das Nações Unidas (ONU, 2021) é que a população mundial em 2050 será de aproximadamente 10 bilhões de pessoas. Desse modo, a tendência é de aumento de aproximadamente 70% na demanda global por alimentos (Oliveira et al., 2023).

Nesse cenário, o Brasil tem papel fundamental como um dos maiores produtores agrícolas do mundo, liderando a produção de soja, cana-de-açúcar, carne bovina e café. Esse aumento de produção exige a implantação de práticas mais eficientes para aumento da produção, e assim garantir a segurança alimentar, produzindo mais, com menor impacto ambiental (Embrapa, 2020).

A agricultura convencional tem sido importante para produção de alimentos, mas suas práticas intensas geram uma série de problemas ambientais e econômicos (Medeiros et al., 2022). Essa forma de produção agrícola, contribui significativamente para a degradação ambiental, com a utilização excessiva de recursos naturais, uso intensivo de fertilizantes e defensivos que resultam na contaminação do solo e da água, resistências de pragas e contribui para a perda de biodiversidade (Embrapa, 2021). Tais práticas não só degradam o meio ambiente, como também aumentam os custos de produção, fazendo com que os produtores invistam continuamente em insumos para garantir produtividade, e criem um ciclo de impacto ambiental negativo.

Neste sentido, a *Smart Farming* apresenta tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), que é um dos avanços com maior potencial para o desenvolvimento da agricultura em todo o mundo. Com essa tecnologia é possível conectar vários sensores remotos, como os de robôs, sensores de solo, e de drones, permitindo que os mesmos dispositivos sejam interligados por meio da internet, para uma operação automatizada (Almetwally et al., 2020).

Esses sensores podem realizar a coleta de dados, transmitir e processar, tudo em tempo real, demonstrando as condições de solo, clima, plantas, animais e máquinas. Tornando possível utilizar dados para monitoramento e controle de operações agrícolas tanto de forma remota como

automatizadas (Oliveira, 2023). Outro avanço para o campo, é a integração da inteligência artificial, uma tecnologia que consiste na capacidade de máquinas e sistemas, realizarem funções cognitivas semelhantes às humanas, como aprender, compreender, raciocinar ou interagir (Castaneda et al., 2023).

É uma gestão que valoriza os conceitos sustentáveis e prever aumento na produção de alimentos, além de gerar novos campos de empregos, aumentando a lucratividade dos produtores e preservando o meio ambiente (Santo et al., 2023). Dentre as inúmeras aplicações da inteligência artificial no campo, destaca-se o seu uso em drones e máquinas agrícola (Santo et al., 2023). Sendo assim, essas tecnologias permitem uma tomada de decisão mais precisa e eficiente dos produtores. A adoção da agricultura inteligente é uma realidade que está em constante expansão no país, trazendo diversos benefícios (Oliveira, 2023).

Bolfe e Massruhá (2020) enfatizam que o processo de transformação digital nas fazendas deixou de ser uma opção, e se tornou um caminho indispensável para tornar a agricultura brasileira mais competitiva, aumentar a produtividade e preservação do meio ambiente. Muitos produtores agrícolas buscam o monitoramento das suas safras, e nesse sentido, a era da tecnológica chega para solucionar várias questões dessa problemática (Sokolova, 2021). Dessa maneira, todo o aparato tecnológico disponibilizado pela *Smart Farming*, além de aumentar a eficiência da produção agrícola, também tem impacto significativo na sustentabilidade, competitividade e rentabilidade dos agricultores brasileiros (Oliveira, 2023).

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Explorar a literatura atual, sobre como as tecnologias emergentes da agricultura de precisão são integradas no contexto agrícola brasileiro, visando aumentar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade.

2.2 Específico

Analisar as principais tecnologias emergentes utilizadas na agricultura de precisão no Brasil, identificando suas aplicações, benefícios e desafios no contexto agrícola brasileiro.

Examinar as estratégias e práticas de integração das tecnologias de agricultura de precisão nas diversas regiões agrícolas do Brasil, com foco em como essas tecnologias contribuem para aumentar a eficiência e a produtividade das culturas.

Avaliar o impacto das tecnologias emergentes da agricultura de precisão na sustentabilidade agrícola no Brasil, considerando aspectos econômicos, ambientais e sociais.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Smart Farming

O setor agropecuário tem papel importante na economia nacional, sendo um dos principais fatores de crescimento e desenvolvimento do país. De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2024), o agronegócio representou cerca de 23,8% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2023. No entanto, o modelo convencional de produção agropecuária no Brasil, se baseia no uso intensivo de insumos químicos, o que tem gerado preocupação em relação ao seu impacto ambiental. O uso exagerado dos recursos naturais, tem resultado em erosões, perda da fertilidade e esgotamento dos aquíferos (Moura, 2023).

Essas práticas comprometem a saúde dos ecossistemas e aumentam os custos de produção, por consequência é necessário investir continuamente em insumos para manter a produtividade. Nesse contexto, a dependência de produtos químicos, torna os sistemas agrícolas mais vulneráveis e menos sustentáveis a longo prazo (Ogino et al., 2023). O sistema agropecuário convencional tem custos econômicos significativos, visto que a necessidade por insumos, com valor econômico bastante elevado e degradação ambiental aumentam os gastos de produção. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2022) os custos de produção agrícola aumentaram de forma expressiva nos últimos anos, devido ao elevado preço dos fertilizantes e defensivos agrícolas.

Nesse contexto, o conceito de *Smart Farming* surgiu como consequência da assistência que a biotecnologia e as tecnologias modernas, como sensoriamento remoto, inteligência artificial (IA) e Internet de Todas as Coisas (IoT), fornecem às práticas agrícolas na atualidade (Sinha et al., 2022). As questões da produção agrícola em termos de desempenho, efeitos no ambiente, agricultura e sustentabilidade podem ser solucionadas através de uma agricultura inteligente (Turukmane et al., 2023). Maroli et al. (2021), apontam que essa inovação acumulou resultados substanciais nas pesquisas científicas.

Em 2020, o Brasil passou a ter sua primeira *Smart Farming*, localizada em Ponta Grossa no Paraná, em uma propriedade de 29 hectares e foi desenvolvida pela Fundação ABC, que tem como mantenedoras às cooperativas Frísia, Castrolanda e Capal. O objetivo do projeto foi propor aos cooperados as melhores práticas a serem tomadas de acordo com dados precisos e completos, com técnicas de medição de condutividade elétrica do solo e sensor de identificação de ervas daninhas, gerando economia financeira, com menor impacto ambiental (Marcos; Graciani, 2020).

A agricultura inteligente é uma expansão da agricultura 4.0, sendo um conjunto de tecnologias, informação e análises que concede ao produtor rural o poder de planejar, monitorar e gerenciar suas atividades produtivas, por meio de conectividade, intercâmbio de dados, integração entre ferramentas e sistemas para otimização (Bosch 2023). O país já está avançando, mais ainda se encontra dificuldade. No Brasil, a principal limitação na implantação de tecnologias no campo, é a falta de conectividade. Dados divulgados pela revista Pesquisa FAPESP (2020), aponta que somente 5% das áreas agricultáveis do país, possuem conexão de internet, sendo necessário instalar 16 mil antenas de transmissão, para atingir uma cobertura de 90%.

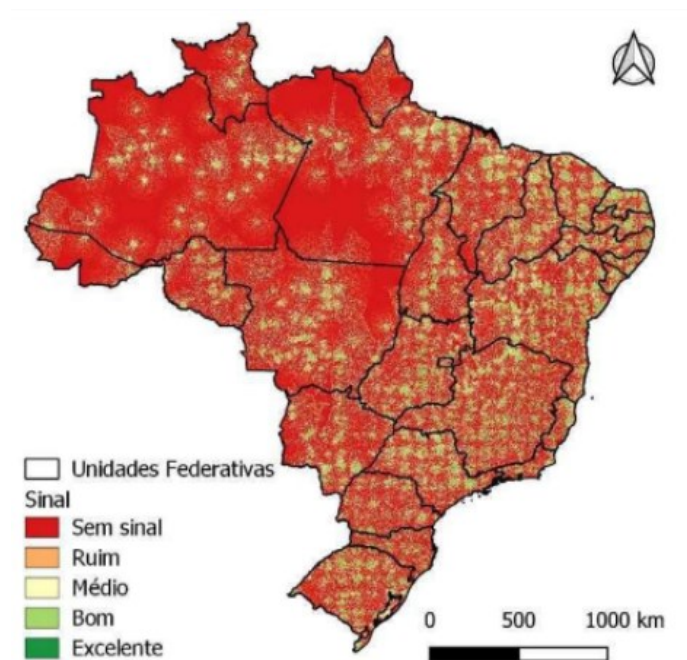


Figura 1. Cobertura da tecnologia 4G no Brasil. Fonte: Ministério da Agricultura (2021).

3.2 Tecnologias envolvidas

Diante dos desafios apresentados na agricultura, é premente a necessidade do uso cada vez mais intenso de novas tecnologias para permitir os ganhos de produtividade de forma sustentável (Massruhá et al., 2020). Algumas tecnologias importantes na transformação digital são: internet das coisas (IoT), inteligência artificial (IA), robótica, aprendizado de máquina (AM) e automação, que passaram a ser utilizadas e provocaram o surgimento da agricultura digital, ou seja, mais uma fase da revolução tecnológica, a agricultura 4.0 (Massruhá et al., 2020).

Essa quarta revolução é toda e qualquer ferramenta digital que auxilia na geração de dados para uma tomada de decisão futura (Cavichioli Silva, 2020). Essas inovações empregadas no campo foram determinantes, para que a agricultura brasileira alcançasse o patamar atual, tornando a evolução contínua, e consolidando uma nova era de tecnologia agrícola (Santos et al., 2020). A agricultura passou por uma evolução significativa entre os séculos XX e XXI, refletindo diferentes estágios de desenvolvimento tecnológico.

Agricultura 1.0 é caracterizada pela utilização da tração animal, que desempenhavam um papel essencial nas atividades de plantio, colheita e transporte; na Agricultura 2.0 houve uma transição com a introdução do motor a combustão, que resultou na criação de máquinas agrícolas, possibilitando o aumento da produtividade no campo e a redução do trabalho humano manual; a Agricultura 3.0 foi a chegada de tecnologias digitais, como o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistemas Integrados, com o gerenciamento mais preciso do plantio, e uso eficiente dos recursos; e a Agricultura 4.0 incorporou a interação digital das atividades agrícolas com a integração de informações em todos os setores e processos agrícolas (Lisbinski et al, 2020).

Essas fases demonstram como a agricultura passou de uma prática essencialmente manual e rudimentar para um setor cada vez mais tecnológico e eficiente.

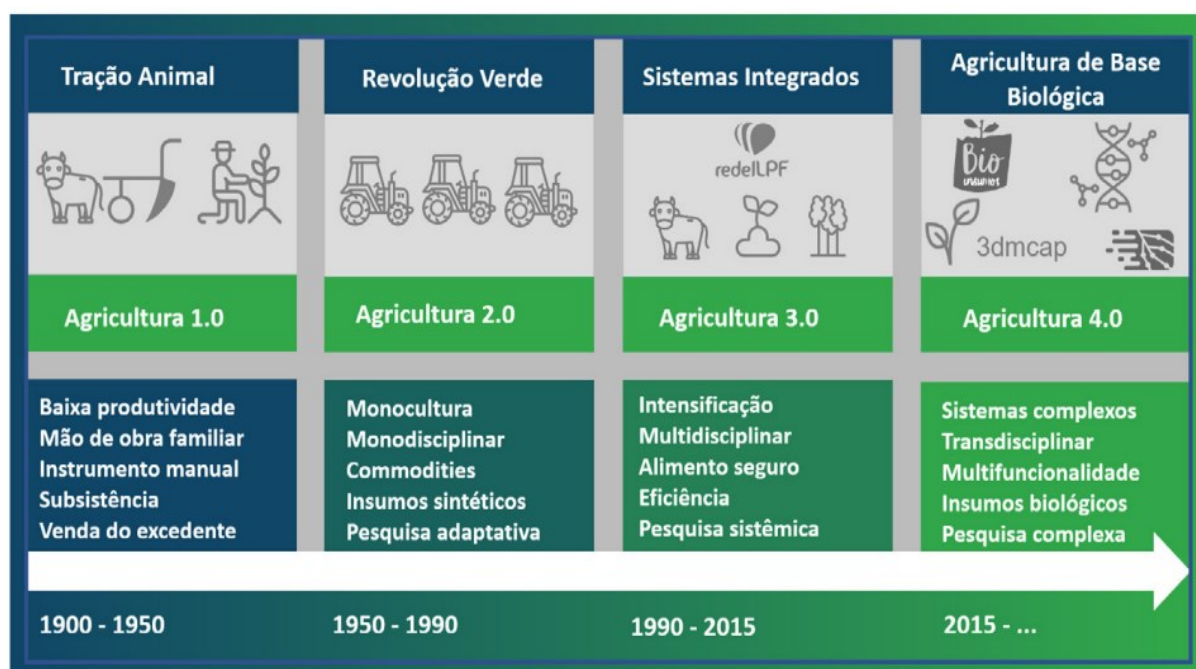


Figura 2. Revolução agrícola ao longo do tempo. Fonte: Livro Agricultura Digital (2020).

A agricultura 4.0, fornece aos agricultores um conjunto diversificado de ferramentas, para enfrentar vários desafios de produção de alimentos, associados à produtividade, ao impacto ambiental, à segurança alimentar, às perdas de colheitas e à sustentabilidade (Abassi et al., 2022). Para se ter maior produtividade de maneira sustentável, países desenvolvidos já utilizam as tecnologias desse avanço para superação das limitações da produção agrícola (Goel et al., 2021). Contudo, na maioria dos países em desenvolvimento, a taxa de adoção de tecnologias ainda é relativamente baixa (Bolfe et al., 2020).

3.2.1 Internet das Coisas (IoT)

A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia promissora que oferece soluções práticas e inteligentes não convencionais em muitas áreas (Mohamed et al., 2023). Essa tecnologia permite que todos os dispositivos agrícolas e equipamentos possam ser interligados, auxiliando na tomada de decisões (Kumar; Periasamy, 2021).

A IoT está mudando o campo, dando para os agricultores ferramentas variadas para enfrentar vários desafios de produção. Tornando possível a conexão direta com a fazenda em qualquer lugar e hora, usando tecnologias habilitadas para IoT, essa ferramenta têm potencial de minimizar custos de produção e aumentar a produtividade agrícola (Sinha et al., 2022).

Os dispositivos da IoT coletam dados de solo e de desempenho da cultura, transformando em dados de séries temporais, possibilitando suas análises para prever e calcular recomendações e fornecer informações em tempo real (Adamides et al., 2020). Alguns do seu papel na agricultura inteligente estão ilustrados na Figura 3.

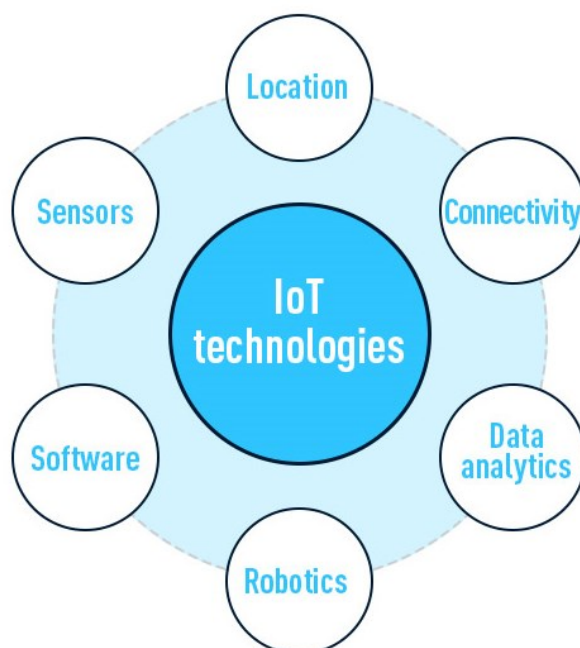


Figura 3. Tecnologias da IoT disponíveis para os agricultores. Fonte: Moko Smart (2022).

- Sensores: permitem a coleta de informações de qualidade do cultivo, solo, temperatura, água e umidade (Broto, 2023).
- Localização - GPS, Satélite etc.
- Conectividade - LoRa. Celular etc.
- Robótica: tecnologia usada na realização de movimentos e atividades humanas, por meio de máquinas autônomas controladas remotamente (instalações de processamento, tratores autônomos etc.) (Alasse Oliveira, 2023).
- Software: visam auxiliar no controle da área plantada, produtividade e planejamento de colheita (Isabel Rocha, 2023).
- Análise de dados: Big data, modelos preditivos, ciência de dados e Data Analytics, otimizam a capacidade de armazenamento, processamento e análise (Silva, 2021).

A aplicação da IoT na agricultura inteligente deve se tornar cada vez mais popular entre os agricultores, já que os possibilitam obterem aumento significativo em sua produção, além da diminuição de custo nos processos dos quais foram substituídos por essa tecnologia (Jesus, 2021).

3.2.2 Inteligência Artificial (IA): aplicação na agricultura

A agricultura é fundamental para a economia global e desempenha papel crucial na produção de alimentos e matérias-primas. Com isso, o uso de IA na agricultura representa uma revolução tecnológica que visa melhorar a produtividade, a eficiência e a sustentabilidade desse setor (Eli-chukwu et al., 2019). De acordo com Soam e Raghupathi (2018), a IA é bastante utilizada na área de pós-colheita para minimizar perdas e simplificar o transporte. As soluções baseadas em IA permitem que o agricultor produza mais com menos, melhorando a qualidade da produção, garantindo também uma entrada dos produtos mais rápida no mercado (Oliveira et al., 2023).

Essa conectividade implantada pelos produtores em suas propriedades visa o aumento de produção, e contribui para o avanço do armazenamento de dados, tornado as tomadas de decisões ainda mais exatas. Conforme Talaviya et al. (2021), em 2020, os agricultores usaram 75 milhões de dispositivos conectados, e estima-se que em 2050, a média gerada seja de 4,1 milhões de pontos de dados todos os dias. A IA utiliza aprendizagem profunda, robôs, Internet das Coisas, processamento de imagens, redes neurais artificiais, redes de sensores sem fio

(RSSF), aprendizagem de máquina e outros métodos de ponta para enfrentar os desafios agrícolas (Javaid et al., 2022).

Pode ser utilizada para analisar a temperatura e umidade do solo, fornecendo informações preditivas sobre qual a melhor cultura para se plantar em determinada área, melhorando o rendimento da plantação e evitando o desperdício de água e o uso consciente de fertilizantes e pesticidas (Arantes, 2023). Dessa forma, fica notável que a IA é fundamental no setor, já que a população mundial está em constante crescimento, e o mundo precisa produzir mais alimentos sem aumentar a área de produção. Assim, o uso de inteligência artificial na agricultura pode reduzir o desperdício de alimentos, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos (Rodrigues, 2022). Portanto, é premente a necessidade da utilização dessa tecnologia para reinventar a agricultura, principalmente no setor de qualidade alimentar (Kumar, 2018).

3.2.3 Aprendizado de Máquinas (AM)

O setor agrícola, está sempre em busca por usar maquinário inteligente para automatizar diversas operações. E isso ocorre quando a inteligência humana é definida para que uma máquina possa compreendê-la (Javaid et al., 2022). O aprendizado de máquina, é um sub-ramo da inteligência artificial, que tem o foco em aprendizado, é uma abordagem prática que pode fornecer melhor previsão de rendimento com base em diversos recursos.

O aprendizado de máquina pode determinar padrões e correlações, além de descobrir conhecimento em conjuntos de dados (Klompenburg et al., 2020). As técnicas usadas para obtenção do conhecimento são orientadas por dados, isto é, aprendem automaticamente a partir de grandes volumes de dados, os algoritmos de aprendizado de máquina geram hipóteses a partir desses dados (Ludermir et al., 2021).

E assim, o equipamento irá compreender os resultados e assimilar conhecimentos a partir dos modelos anteriores, para que dessa maneira possa melhorar por conta própria, sem necessidade de orientações regulares para atualização do seu sistema (Pooja et al., 2018). De modo geral, o aprendizado de máquina tem se tornado um importante instrumento para a previsão agrícola (Klompenburg et al., 2020). Neste sentido, existe três principais tipos de aprendizado de máquina: Supervisionado, Não Supervisionado e Por Reforço como é demonstrado na figura 4.

1. Supervisionado - coincide para que cada exemplo apresentado ao algoritmo de aprendizado seja necessário apresentar a resposta desejada. O objetivo do algoritmo é a construção de um classificador que seja capaz de determinar de forma correta a classe de novos exemplos ainda não rotulados (Ludermir et al., 2021).

2. Não Supervisionado - o aprendizado de máquina são algoritmos treinados com um conjunto de dados não rotulados. O objetivo é encontrar padrões, estruturas ou associações nos dados, sem que haja informações prévias sobre suas classificações (Witten; Frank, 2016).

3. Por Reforço - é um tipo de aprendizado de máquina, onde um agente de IA se torna capaz de apreender a tomar decisões, através do contato com um ambiente. Nesse aprendizado, o agente recebe *feedbacks* em forma de recompensas ou punições, de acordo com as ações que realiza no ambiente, permitindo que ele aprenda a tomar as melhores decisões, minimizando a recompensa total ao longo do tempo (Sutton, Barto, 2018).

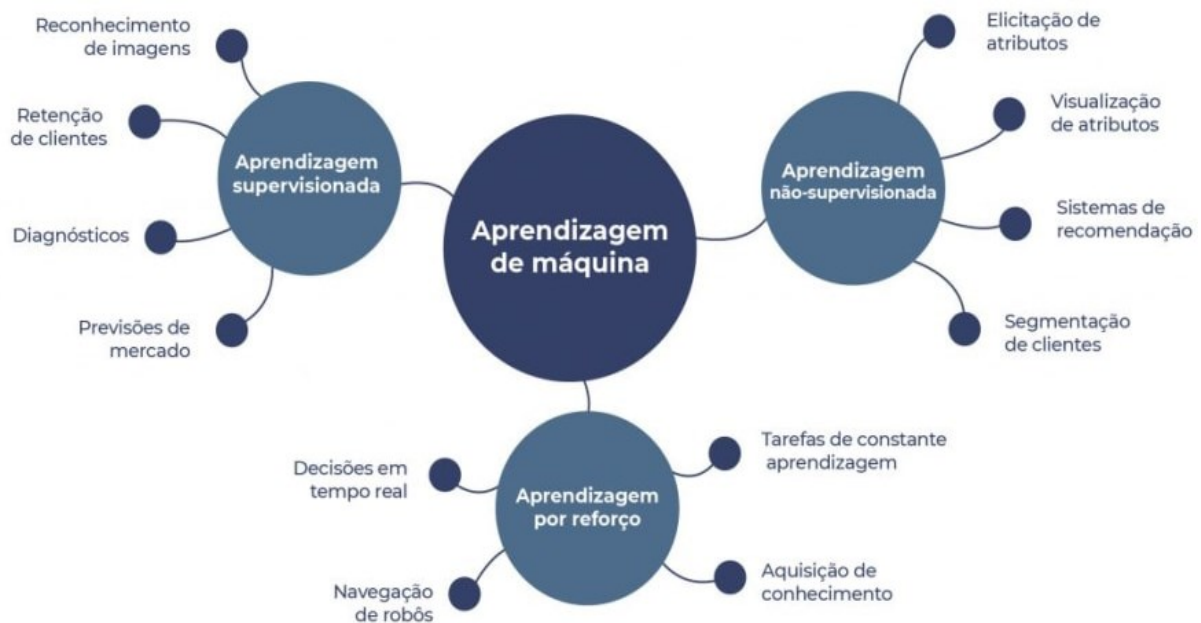


Figura 4. Ilustração do aprendizado de máquinas. Fonte: Maia (2020).

As máquinas são aperfeiçoadas pela base de dados que é disponível, as quais são geradas por meio das atividades realizadas, e para compor essa base de dados, é utilizado algoritmos. Os algoritmos mais utilizados na inteligência artificial no setor agrícola são os que utilizam redes neurais e árvores de decisão (Bernardy, 2023).

Existem diversos sistemas que se baseiam em computadores com alta tecnologia, sendo projetados para resolver vários problemas diariamente, como a detecção de plantas daninhas na lavoura, rendimento de colheita e qualidade dos grãos (Liakos et al., 2018).

3.2.4 Sistemas Autônomos

Os Sistemas Autônomos são fruto da Quarta Revolução Industrial (Figura 5), a 1ª Revolução Industrial foi o surgimento da mecanização, que transformou quase todos os setores da vida humana; a 2ª Revolução Industrial representou o capitalismo e um período de grandes inovações tecnológicas com base na energia elétrica; a 3ª Revolução Industrial foi marcada pelo desenvolvimento da informática e a automação das indústrias; a 4ª Revolução Industrial é o avanço das tecnologias digitais, e a completa automação da produção industrial (Santos et al., 2016).

1ª revolução Industrial	2ª revolução Industrial	3ª revolução Industrial	4ª revolução Industrial
			
1784	1870	1969	Hoje
Mecanização dos processos através da energia hidráulica e do vapor. (meados dos séculos XVIII a XIX)	Início da produção em massa , proporcionada pela aplicação da energia elétrica. (meados dos séculos XIX a XX)	Automação dos processos, através de CLP's e introdução de robôs ao processo. (meados do século XX)	Processos autônomos proporcionados por tecnologias cibernéticas. (início do século XXI)

Figura 5. Descrição do processo da Revolução Industrial. Fonte: Adaptado de Egeteles (2017).

Um sistema autônomo integra os dispositivos físicos ao processamento de dados efetuado pela inteligência artificial (*syber physical system*) (Savoldi, 2021). O uso da inteligência artificial para simular a capacidade cognitiva do ser humano e a expansão da capacidade de comunicação e processamento de máquinas e computadores possibilitaram a produção com supervisão remota (Savoldi, 2021).

A automação agrícola envolve desde as práticas técnicas de campo até a gestão de pessoas (Pennacchi, 2022). A automação de máquinas agrícolas pode passar por cinco etapas, que vão do uso de direcionamento automático - que já existe desde os anos 2000 – até a autonomia total, onde através de inteligência artificial a máquina realiza todas as funções e o produtor recebe os dados via nuvem (Filippini, 2022).

De acordo com agência de pesquisa e consultoria de mercado Fact.Mr (2022), estima-se que o mercado global de equipamentos agrícolas autônomos terá aumento com uma taxa anual de aproximadamente 10% até 2031, alcançando o valor de US\$ 150 bilhões. Os maquinários

autônomos são apontados como solução das necessidades atuais do agronegócio, ou seja, economia de tempo e custo de produção.

As máquinas autônomas combinam diversas tecnologias (Figura 6), como visão computacional avançada, inteligência artificial, sistemas de posicionamento e conectividade, além de uma plataforma digital para controle do dispositivo, geração de dados e segurança (Dias, 2023).

Um dos principais elementos de máquinas autônomas (Figura 6) são as câmeras que funcionam exatamente como o olho humano, identificando objetos correspondentes em cada lente e triangulando sua profundidade para ter um senso exato de distâncias – inclusive à noite, as imagens capturadas pelas câmeras passam por uma rede neural profunda que é treinada com centenas de milhares de imagens de fazendas representativas (Dias, 2023).



Figura 6. Ilustração da cabine de trator autônomo. Fonte: Revista Máquinas e Inovações Agrícolas (2022).

3.2.5 Drones na agricultura

Ao longo dos anos, os drones foram melhorando à medida que a tecnologia avançou, tornando-se menores, mais remotos, mais fáceis de transportar e assumindo novos papéis na sociedade (Souza, 2023). Essas funções se tornaram a base de todos os campos, desde filmagens de eventos até a entrega de produtos (Itarc, 2018). Drones equipados com câmeras hiper espectrais podem ser usados para coletar dados de fontes heterogêneas em fazendas e robôs autônomos podem ser usados para apoiar ou realizar tarefas repetitivas em fazendas (Abbasi et al., 2022).

Além do *software*, os drones também são produtos visionários no mercado, com base nas pesquisas realizadas Pelo Instituto de Tecnologia de Aviação de Controle Remoto (ITARC) em 2018, assume-se que 25% da receita global de veículos aéreos não tripulados vem da agricultura, pois é possível monitorar uma lavoura inteira sem ter que se deslocar até a área (Esperidião et al., 2019). Amaral et al. (2019) afirmam que seu uso na agricultura permite, além do acompanhamento mais frequente da lavoura, facilita o monitoramento do campo em relação a somente visitar e visualizá-lo.

Com o desenvolvimento tecnológico cada vez maior, seu uso em áreas agrícolas vem se destacando, em primeiro lugar pelo tamanho dos equipamentos, sendo expressivamente de baixo custo e necessário a otimização da produção (Oliveira et al., 2020). Segundo Reips e Gubert (2019), é possível utilizar a boa resolução espacial dos sensores embarcados em drones para identificação de locais na lavoura atacados por doenças ou pragas, principalmente nos estádios fenológicos mais iniciais, antes que uma grande área seja perdida.

De modo geral, os drones começaram a ser integrados no cenário agrícola para realizar mapeamento e controle das áreas, fornecendo imagens aéreas da plantação (Jacto, 2023). Atualmente, já existem os drones agrícolas com a função de pulverização localizada (Figura7) no campo (Jones, 2019). Os drones permitem acompanhar e fotografar o processo de plantio, acompanhando seu desenvolvimento, dando ao produtor maior confiança, segurança e gestão de recursos, com retorno positivo no aumento na produção de forma segura, acessível e com menor danos ao meio ambiente (Almeida, 2023).



Figura 7. Drone pulverizador. Fonte: Mappa (2023).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Classificação da pesquisa

Neste estudo, foi empregado um modelo híbrido que sistematiza um conjunto de fases e etapas, com o objetivo de investigar o panorama, as aplicações e os resultados obtidos a partir do uso de tecnologias avançadas para o desenvolvimento do setor agrícola brasileiro. A pesquisa foi estruturada em duas fases distintas que orientaram a delimitação do método sistemático, consistindo na busca de dados e na análise sistemática.

A bibliometria, uma metodologia originária das ciências da informação, utiliza métodos matemáticos e estatísticos para mapear estudos com base em registros bibliográficos armazenados em bases de dados nos últimos cinco anos (2019-2023). Esta técnica possibilita a obtenção de informações relevantes, tais como o tipo de tecnologia utilizada para o desenvolvimento do setor agrícola brasileiro e a organização das pesquisas conforme o tipo de tecnologia usada (Silva et al., 2023).

4.2 Coleta e análise de dados

Os dados foram coletados por meio de extensa revisão de literatura utilizando mecanismos de busca na web (Google Acadêmico, Web of Science, Scopus, Scientific Electronic Library Online (SciELO), ScienceDirect, Portal de periódicos CAPES, Catálogo de Teses e Dissertações). A metodologia empregada para o desenvolvimento deste trabalho, foi uma pesquisa bibliográfica, estabelecendo uma seleção de estudos que se relacionam com o tema “Agricultura de Precisão”.

Nessas plataformas, buscou-se as seguintes palavras-chave: “Smart Farming” “Tecnologia na agricultura” “Agropecuária brasileira”. A pesquisa realizada buscou resultados de artigos, textos ou livros que se relacionam com o tema “Agricultura de Precisão” no período temporal dos últimos cinco anos (2019-2023), procurou-se limitar os trabalhos selecionados a publicações brasileiras, semelhança entre os temas e resumo. Os dados obtidos foram submetidos à análise descritiva (Barbosa; Maldonado Júnior, 2015) utilizando-se de planilha eletrônica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período temporal dos últimos cinco anos (2019 a 2023), houve aumento significativo no número de publicações de trabalhos relacionadas ao tema da “Agricultura de Precisão”. Observa-se que o ano de 2020 e 2023 foram os períodos com os maiores números

de publicações sobre o assunto, com 6 e 8 publicações, respectivamente (Figura 8), o que indica interesse crescente na aplicação de tecnologias avançadas no setor agrícola brasileiro.

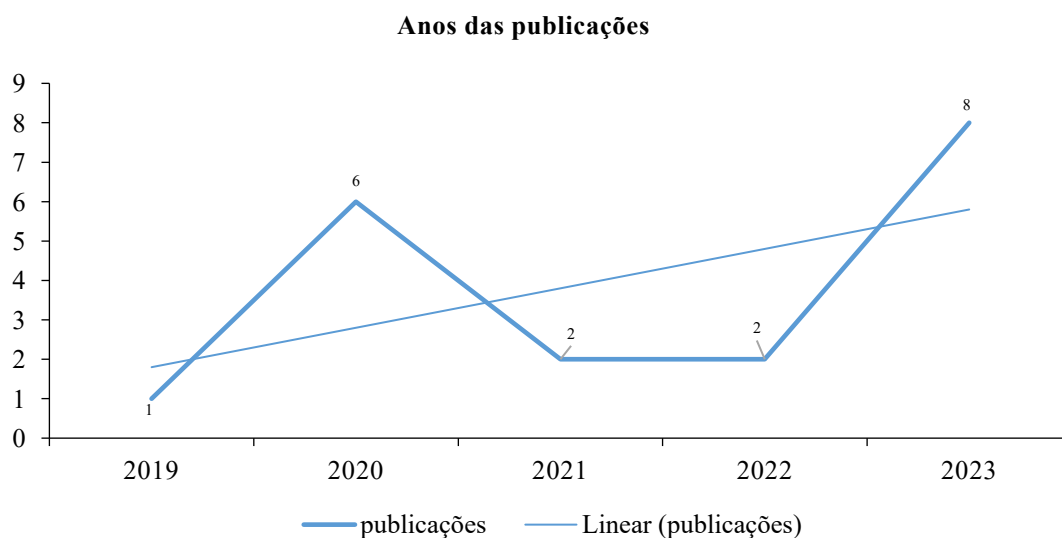


Figura 8. Evolução das publicações envolvendo agricultura inteligente nas bases de dados.

Fonte: Elaborado pela autora.

A análise dos dados revelou que a técnica mais utilizada nas publicações foi a revisão bibliográfica. Um método essencial para consolidar e sintetizar o conhecimento existente sobre as práticas e tecnologias emergentes na agricultura de precisão, essa técnica permite uma análise crítica das informações disponíveis na literatura, fornecendo conhecimento importante para futuras pesquisas e aplicações práticas.

Os trabalhos selecionados nas principais bases de dados envolvendo o tema proposto, destacaram a diversidade de abordagem dentro da agricultura de precisão.

No Google Acadêmico foi pesquisado a palavra-chave “Smart Farming” que ao fim resultou em 30 artigos encontrados, dos quais foram selecionados 4 que atendia os parâmetros impostos nesta pesquisa. Usando a palavra-chave “tecnologia na agricultura” o resultado foi de 25 artigos, sendo selecionado apenas 1 que se enquadrava nos parâmetros pesquisados. Na pesquisa da palavra-chave “agropecuária brasileira” encontrou-se 26 artigos, sendo selecionado 2 para análise. A seleção final se baseou de acordo com a semelhança entre os temas e o resumo de cada artigo, essa seleção foi aplicada para todas as plataformas utilizadas.

Na plataforma ScienceDirect a pesquisa das palavras-chaves resultou em 21 artigos para “Smart Farming”, os quais todos se encaixavam dentro dos parâmetros analisados na pesquisa; 12 artigos para “Tecnologia na agricultura”, sem que apenas 1 foi selecionado, e 17 artigos para “Agropecuária brasileira”, porém, nenhuma dessas publicações satisfaziam os

critérios do presente estudo. Portanto, após a aplicação dos critérios dessa pesquisa, foram selecionados apenas 3 artigos dos 50 encontrados

Na plataforma Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), o resultado para as palavras-chaves foram de 20 para “Smart Farming”, não havendo nem um artigo que correspondesse aos parâmetros. No entanto, para “Tecnologia na agricultura” foram 27 artigos encontrados, sendo selecionados para análise 2 artigos; para “Agropecuária brasileira” foram 13 artigos encontrados com seleção de apenas 1.

Na SciELO, o resultado para as palavras-chaves foram de 7 para “Smart Farming”, sendo selecionado 2 para análise; para “Tecnologia na agricultura” foram 11 artigos encontrados, sendo selecionados para análise somente 1; para “Agropecuária brasileira” foram 7 artigos encontrados, não havendo artigos que correspondesse aos parâmetros da presente pesquisa.

Na plataforma Scopus a pesquisa das palavras-chaves resultou em 24 artigos no total, sendo que, para as palavras-chaves “Smart Farming”; “Tecnologia na agricultura” não foi encontrado artigos que atendessem os requisitos impostos; para “Agropecuária brasileira” foi selecionado 1 artigo.

Já na base de dados da Web of Science com a pesquisa das palavras-chaves encontrou-se 42 artigos no total, sendo que para “Smart Farming” o resultado foi de 9 artigos, porém, apenas 1 se enquadrava nos critérios da pesquisa; para “Tecnologia na agricultura” foi encontrado 14, selecionando-se 2; e para “Agropecuária brasileira” 19 artigos foram encontrados, mas, nenhum se encaixava nos critérios da pesquisa.

Diante dos resultados apresentados, é possível compreender a importância e avanço de construir uma agricultura mais inteligente e autônoma, tendo em vista que as ferramentas abordadas trazem maior produtividade, sustentabilidade e otimização da produção. Os resultados da busca na literatura por artigos que abordam o tema “Agricultura de Precisão” mostram que ainda são incipientes (Figura 9), apresentando deficiência de dados sobre a dimensão de tecnologia atribuída em fazendas no país. Desse modo, é premente a necessidade de incentivar o estudo sobre o tema, devido o assunto ser de grande importância para o avanço do setor agrícola, não apenas em escala nacional, mas também em nível mundial.

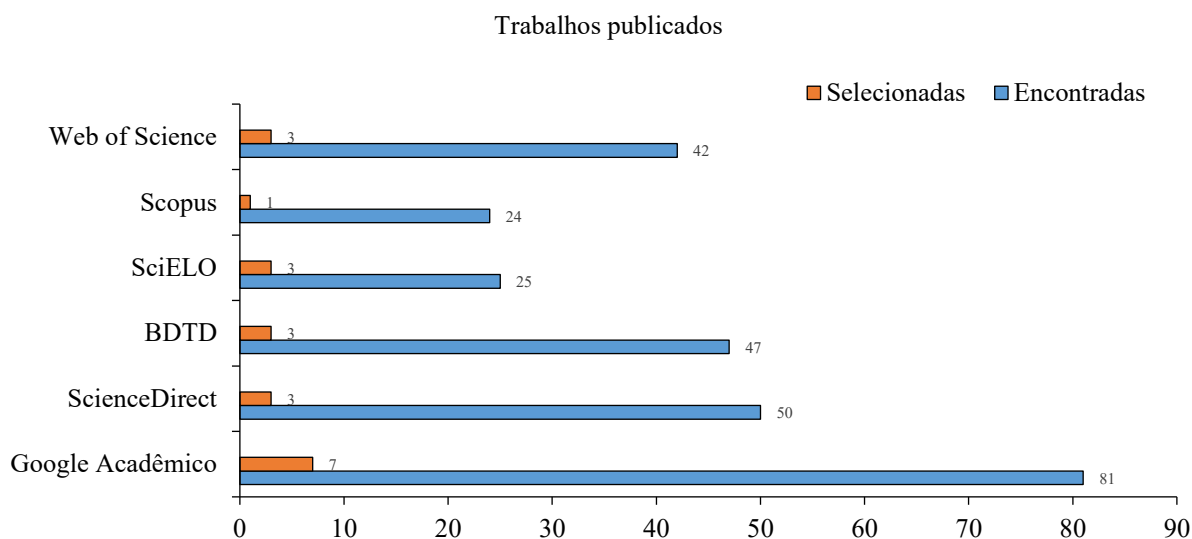


Figura 9. Margem de trabalhos publicados nas plataformas utilizadas envolvendo o tema smart farming no Brasil. Fonte: Elaborado pela autora.

Com base nos artigos selecionados nesta revisão de literatura, a *Smart Farming* no Brasil consiste em um futuro cada vez mais promissor, mesmo existindo uma resistência, visto que a tecnologia avançada requer investimento alto e mão de obra capacitada. Os artigos selecionados mostram que novas tecnologias são importantes conquistas para o agronegócio brasileiro (Tabela 7). No entanto um dos maiores desafios para implantação de fazendas inteligentes no Brasil, é a falta de infraestrutura de acesso à internet em zona rural e profissionais qualificados para operação e manutenção dos equipamentos que a cada dia se tornam mais sofisticados (Rosa, 2020).

Neste contexto, o ministério da Agricultura (2021), conduziu um estudo que mapeou o estado da arte da conectividade no Brasil, provando que o nível é baixo. Mesmo estando em ação um plano nacional para aumentar a cobertura de conexão no país, algumas ações ficam a cargo de decisores locais que devem considerar questões técnicas e objetivas, mas também questões subjetivas (Colares et al., 2023). Esses desafios foram pontuados e solucionados pelos nos estudos classificados.

Nessa temática, é importante destacar que a modernização na agricultura necessita de uma estrutura institucional que produza conhecimento público, amplie as oportunidades de geração de tecnologia e incentive os agentes na produção e acúmulo de conhecimentos (Souza et al., 2022). Os primeiros registros de iniciativas do poder público em relação a tecnologia e inovação no campo surgiu na década de 1970, com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pela Lei Federal nº 5.851/1972 (Brasil, 1972). A agricultura de

precisão é uma abordagem que incorpora essas ferramentas de alta tecnologia com foco no aumento de produtividade no campo, e no cenário das *startups* do agronegócio, segundo o relatório Agtech Report 2023 (da Distrito), 47% das agtechs do Brasil desenvolvem tecnologias voltadas para a melhoria da produção.

Tabela 1. Artigos sobre tecnologias avançadas para o desenvolvimento do setor agrícola brasileiro analisados.

ANO DA PUBLICAÇÃO	TÍTULO	AUTORES	BASE DE DADOS
2019	Modernização da agropecuária brasileira: progresso econômico e heterogeneidade produtiva	Rodrigo Peixoto da Silva	BDTD
2020	INTERNET OF THINGS (IOT) NO AGRONEGÓCIO: Uma revisão bibliométrica sobre o campo de pesquisa	Eduardo Corneto Silva e Márcia Maria dos Santos Bortolucci Espejo	Google Acadêmico
	Perspectivas e desafios da agricultura 4.0 para o setor agrícola	Lisbinski; Mühl; Oliveira; et al.	Google Acadêmico
	Internet das Coisas Agrícolas e Apoio a decisões para Agricultura Inteligente de Precisão. Capítulo 5 - Ação Inteligente	Dusadeerungsikul; Liakos; Morari; et al.	ScienceDirect.
	Agricultura 4.0: uma introdução terminológica	Albieiro, D. et al.	SciELO
	Agro 4.0: Habilitando a transformação digital da agricultura por meio da IoT	LIMA, G. C. et al	SciELO
	Sistemas agrícolas inteligentes baseados em IoT: técnicas, desafios e aplicações.	BHATT, C.	Web of Science
2021	Transformação digital do campo: contribuição dos ecossistemas de inovação agrícola e das agtechs no estado de São Paulo	Martha Delphino Bambini	BDTD
	Transformação digital e o futuro sustentável da agricultura	Edson Luis Bolfe	Scopus

2022	Explorando a suscetibilidade da agricultura inteligente: oportunidades e desafios identificados	Jerhamre; Carlberg; Zoest	ScienceDirect
	Elaboração de indicadores de output de Ciência e Tecnologia na Agricultura de Precisão	SILVA, W. de V. R. da; SILVA-MANN, R.	Web of Science
2023	Historico do uso de drones na agricultura: Uma revisão	Ívens Hungria da Conceição	Google Acadêmico
	Aplicação de tecnologias agrícolas inteligentes no desenvolvimento da agricultura sustentável: uma revisão abrangente da situação atual e dos avanços futuros	DEBANGSHI, U.; SADHUKHAN, A.; DUTTA, D.; ROY, S.	Web of Science
	Transferência de tecnologia na agricultura 4.0	DIAS, FX; VENTURA, R.; BUENO, MP.	Web of Science
	Agricultura inteligente no brasil: panorama da tecnologia, adoção e percepção do agricultor.	Pivoto; Laimer; Mores; et al.	Google Acadêmico
	A UTILIZAÇÃO DE DRONES NA AGRICULTURA: Uma revisão bibliográfica entre 2012 e 2022.	Diogo Zappa Paiva	Google Acadêmico
	Percepção dos agricultores sobre as barreiras que dificultam a implementação da agricultura 4.0.	Silveira; Silva; Machado; et al.	ScienceDirect
	Índice de digitalização e tecnologias de produtores de soja brasileiros.	Délis Moletta Dalbem	BDTD
	A difusão de tecnologias no meio agrícola na Caatinga – a região de clima semiárido brasileiro.	BORBA, M. C. et al	SciELO

Fonte: Dados da pesquisa.

A educação foi um dos pontos mais abordados nos estudos publicados quando se trata de inovações digitais, sendo cada vez mais importante. Consoline (2021) afirma que é necessário saber interpretar dados gerados pelas tecnologias, usar novos aplicativos, *softwares* e máquinas, tudo isso necessita de treinamento, profissionais especializados ou outras plataformas de acesso à informação. Neste sentido, Anitei et al. (2021) observaram que os desafios e limites enfrentados pelos agricultores são: falta de pessoal qualificado 41,2%, falta de recursos financeiros 31,6 % e custos de digitalização 21,1%. McKinsey (2022) destaca que

aproximadamente 50% dos agricultores estão dispostos ou já adotaram tecnologias agrícolas, onde os primeiros em adoção de tecnologias agrícolas normalmente são jovens e grandes produtores de grãos.

Com relação a adoção de tecnologias agrícolas, as *startups* de base tecnológica orientadas ao agronegócio são um dos pilares do ecossistema de inovação no campo (Souza et al., 2022). Segundo um estudo realizado pela Associação Brasileira de *Startups* em parceria com a Dell Technologies em 2021, o Brasil possui 299 *startups* (empresas em estágio inicial de atuação e focadas em inovação) com suas atuações voltadas para o agronegócio. São muitas tecnologias que beneficiam o setor agrícola, aumentando a eficiência, a qualidade e a sustentabilidade da produção agrícola, além de reduzir os custos, os riscos e os impactos ambientais. No entanto, é importante que os agricultores invistam em inovação e capacitação para aproveitar as oportunidades da evolução tecnológica (Lima et al. 2021).

Grieve et al. (2019) afirmam que as soluções agro-robóticas podem superar os atuais desafios como o crescimento populacional, as tendências de consumo de carne, alterações climáticas e tensões abióticas e bióticas que ameaçam à segurança alimentar global. A base de dados utilizada demonstra que desenvolvedores sabem das limitações na digitalização nas fazendas em função da falta de conectividade. Diante disto, já há alternativas em desenvolvimento, e a evolução está sendo rápida (Prodemge, 2019). Uma dessas evoluções no setor foi o decreto nº 9.854 emitido pelo Governo Federal brasileiro em 25 de junho de 2019 que institui o Plano Nacional de Internet das Coisas.

Neste sentido, para vencer a falta de conectividade, constelação de satélites da *StarLink* e a expansão das redes celulares com a tecnologia 5G já estão atuando. Com isso será possível acompanhar tudo que acontece na fazenda em tempo real. Entretanto, Nicocelli Netto (2020), expõe que a baixa conectividade ameaça à expansão da transformação digital das fazendas. Para Dalbem (2023), as tecnologias é um meio fundamental para que os agricultores consigam tomar decisões mais rápidas e precisas. No entanto, para que isso aconteça é preciso ter conectividade no campo.

De acordo com o último Censo Agropecuário (IBGE, 2017), mais de 70% das propriedades rurais com produção agropecuária como atividade de renda, não possuem conexão de internet. No Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), existiam no país 5,07 milhões de estabelecimentos rurais, onde 71,8% não têm acesso à internet (3,64 milhões de propriedades).

A Sociedade dos Engenheiros Automotivos (SAE BRASIL), realizou um levantamento em parceria com a KPMG (Klynveld, Peat, Marwick e Goerdeler), no qual indica que a internet

chega a apenas 30% dos mais de 350 milhões de hectares, onde há o registro de estabelecimentos agrícolas no país. Para Nascimento (2021), a falta de internet junto à falta de torres de transmissão de dados para aparelhos celulares, é o principal desafio a ser superado.

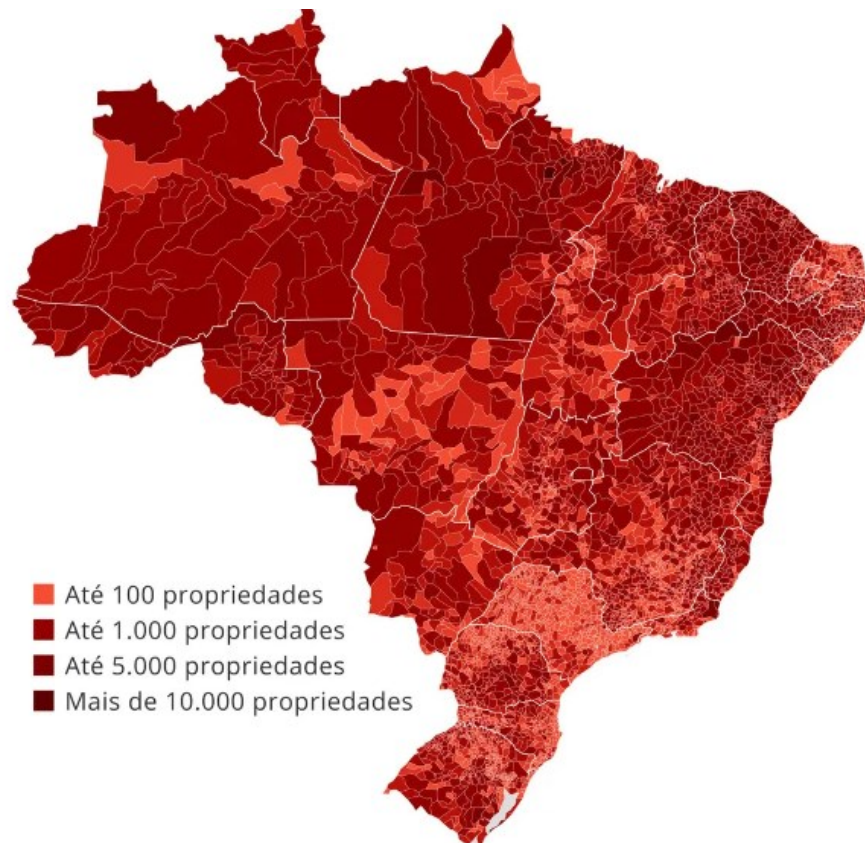


Figura 10. Estabelecimentos agropecuários sem acesso à internet: N° de propriedades rurais por município brasileiro de acordo com o Censo Agropecuário 2017. Fonte: IBGE (2017).

O uso de *smartphone* no agronegócio ocorre desde 2010, sendo um dos avanços mais simbólicos de conectividade, ganhando atualizações e se tornando uma ferramenta de trabalho importante. McKinsey (2022), comprova que 71% dos produtores entrevistados em sua pesquisa, relataram que usam o *smartphone* na sua jornada de compra, em plataformas digitais e mensagens instantâneas. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (2020) relata uma alta taxa de adoção digital, com 1,5 milhão de produtores acessando dados usando dispositivos eletrônicos, um número 1.900% maior do que há 10 anos.

A implantação de sistemas autônomos no controle de processos e produção, *softwares* que reúnam todos os dados coletadas na lavoura, algoritmos cada vez mais inteligentes, ajudam o produtor tomar as melhores decisões (Rosa, 2020). Por isso, é importante que o produtor

esteja sempre conectado e atento as novidades no mercado digital para que consiga aumentar sua produção e consequentemente alcançar maior lucratividade (Almeida, 2023).

Regis, (2022), aponta que a adoção de tecnologias não depende apenas das características da fazenda e do operador, mais também pelas condições estruturais, políticas e econômicas do sistema agrícola (Figura 11). As diferentes respostas, que foram resumidas em “Outras” (22,41%), corresponde as: acesso aos dados, adesão dos produtores, custos de deslocamento, distância e contato, escolaridade baixa do produtor, falta de acessibilidade, falta de comunicação, entre outros.

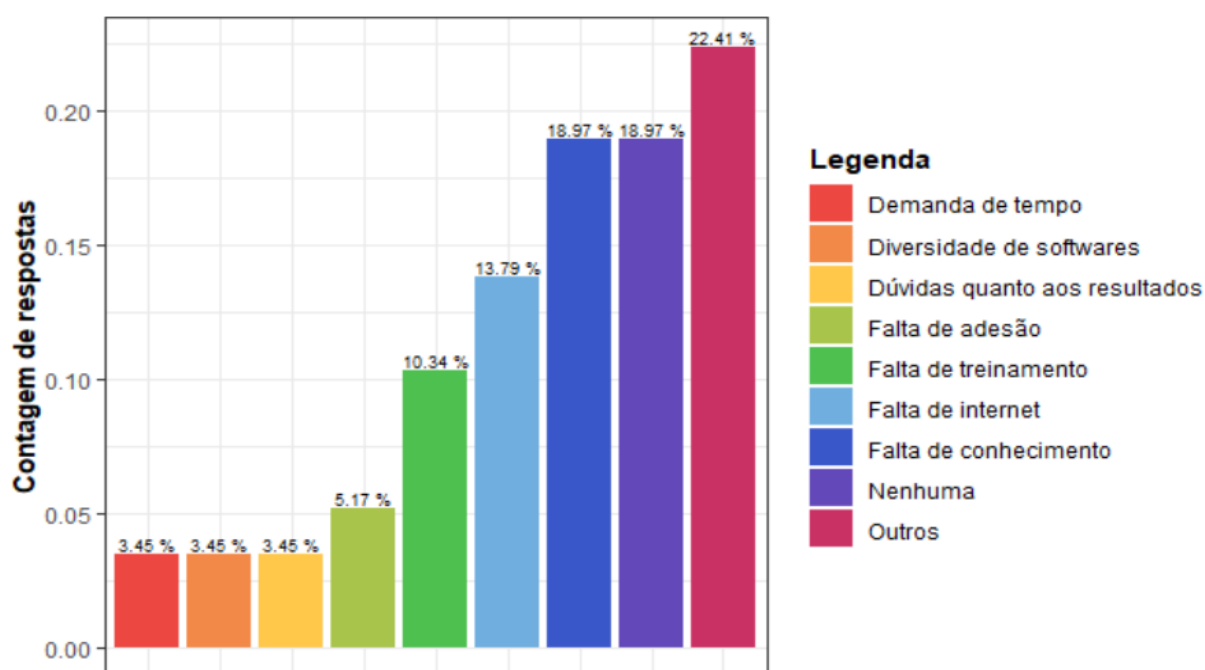


Figura 11. Dificuldades dos consultores e assistência técnica (agrônomos) para utilizar a tecnologia na propriedade. Fonte: Adaptado de Regis (2022).

O Polo Sebrae Agro (2021), aponta possibilidades de minimizar os altos custos desses investimentos, como disponibilizar linhas de crédito próprias para tecnologia; atuar em cooperativas ou associações e adquirir em conjunto com outros produtores. No Brasil, é estimado que o mercado de tecnologias digitais apresente uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 12% até 2025, com base em um mercado avaliado em R\$ 1 bilhão em 2018 (Céleres, 2019). A consultoria 360 Research & Reports (2021) relata que o mercado global de agricultura digital cresceu cerca de 183% em relação ao ano de 2019, e irá atingir o valor de US\$ 8,33 bilhões (R\$ 46,6 bilhões) em 2026, prevendo um crescimento médio de 15,9% ao ano.

Bolf et al. (2021), relatou que o Brasil já tem um papel inovador no contexto mundial com relação a transformação digital da agricultura, aplicativos móveis dão suporte à tomada de decisão sobre práticas envolvendo a produção animal e vegetal. Ressalta-se ainda que, o país é responsável por 7,8% da produção de grãos, sendo o segundo maior exportador de milho; maior exportador de carne bovina do mundo, participando de 50% do mercado de produção de soja (Embrapa, 2021). O uso da inteligência artificial assim como de robôs agrícolas dotados de autonomia para operar na agricultura leva a uma nova era para as fazendas (European Agricultural Machinery Association, 2019). Essas decisões podem ser rapidamente implementadas com maior precisão, por meio da robótica e maquinários avançados, dos quais os agricultores podem obter *feedback* em tempo real sobre o impacto de suas ações (ONU, 2021).

Para Almeida (2023), o resultado dessas novas tecnologias no campo é o uso dos insumos na medida, horários e locais exatos, levando a redução de custos, menor impacto ambiental, eficiência no controle de pragas e maior produtividade agrícola. De acordo com Oliveira et al. (2020), produtores que estão indo em direção a *Smart Farming* estão maximizando o cultivo e tornando as áreas de plantio mais eficientes na produtividade, sendo fruto de uma união de estudos e ferramentas inovadoras disponíveis no mercado.

Segundo Pivoto et al. (2023), “Produtores que implementaram tecnologias de agricultura inteligente, conseguiram aumentar a produção em até 20%, melhorando a eficiência no uso de recursos como água e fertilizantes”. De acordo, também, com Lamparelli (2021) os dados coletados por meio do mapeamento de produtividade, permite ao produtor aplicar insumos específicos, conforme a necessidade do solo, esses sistemas mais inteligentes auxiliam na tomada de decisões e evita o desperdício de recursos. Dessa forma, a transformação digital nas fazendas do Brasil nos próximos anos terá um papel ainda mais importante na produção de alimentos, fibras e energia em maior quantidade, qualidade e com sustentabilidade (Bolf et al., 2020).

A digitalização da agricultura tem um impacto em toda a cadeia produtiva tornando viável mapear com precisão o rendimento, a produtividade e saúde de uma cultura o que ajuda a prevenir o desperdício de alimentos. Além disso, a digitalização da agricultura reduz os custos de transação, melhora a comunicação e tem o potencial de revolucionar as indústrias agrícola.

Benefícios na adoção da Agricultura 4.0 (Agri. 4.0)

A Agricultura 4.0 tem potencial para trazer inúmeros benefícios para todas as partes envolvidas no processo produtivo. Os consumidores que buscam a autenticidade dos alimentos,

por meio do aumento da qualidade e autenticidade dos produtos que não está apenas relacionado com fins comerciais, mas também diz respeito à segurança alimentar, onde novas tecnologias adequadas à rastreabilidade dos alimentos serão de grande ajuda (Sharma et al., 2020).

Portanto, a Agri. 4.0 desempenha um papel importante para criar produtos prontos para consumo após a colheita (Elijah et al., 2018), e uma maior qualidade do produto contribui para uma melhor qualidade de vida dos consumidores. Além de redução do tempo gasto pelos agricultores na realização das operações (Khanna; Kaur, 2019; Tsouros et al., 2019). Potencializando a qualidade de vida dos agricultores adotando meios de produção mais atrativos reduzindo a energia física empregado nas operações (Lezoche et al., 2020). Essas práticas da Agri. 4.0 podem atrair mais jovens para o campo, combatendo o envelhecimento do setor agrícola.

De acordo com um relatório da Associação Brasileira de Marketing Rural e Agronegócio (ABMRA, 2023), a presença no trabalho rural de jovens que estão na faixa dos 18 aos 21 anos aumentou de 20 para 27%. Além disso, a idade média dos produtores também diminuiu 3,1%, a faixa etária média do produtor brasileiro é de 46,4 anos, apenas 10% dos produtores têm nível superior completo, e 80% dos produtores declaram estar na profissão por seguir a tradição familiar. Segundo Silva et al. (2023), “A implementação de tecnologias vindas da Agricultura 4.0 rejuvenesce o setor agrícola, trazendo inovação com a incorporação de inteligência artificial (IA), internet das coisas (IoT) e análise de big data”.

Em relação ao meio ambiente a adoção da Agri. 4.0 proporciona à redução dos insumos de produção (especialmente os poluentes), o que leva à diminuição do impacto ambiental (Kamiński et al., 2019). A redução da degradação do solo é um problema importante, ligado a vários aspectos, incluindo a poluição e as alterações climáticas. Globalmente foi registrado a diminuição anual de 3% na produção agrícola devido à erosão e degradação dos solos e do ambiente (Magombeyi, 2018). De acordo com relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2022), intitulado “The Global Land Outlook”, 52% do total das terras agrícolas está degradada e, os sistemas alimentares são responsáveis por 70% do uso da água doce, 80% do desmatamento, 29% das emissões de gases de efeito estufa, 70% da perda de biodiversidade terrestre e 50% da perda de biodiversidade marinha.

Para tornar o uso dos solos sustentável a longo prazo, tecnologias agrícolas que sejam capazes de minimizar impactos negativos precisam ser utilizadas. Os drones são uma ferramenta promissora na coleta de dados e no monitoramento de áreas com difícil acesso (Santos et al., 2023). Drones aliados a IA possibilitam a produção de mapas de alta resolução

extremamente precisos, identificando áreas de degradação, erosão e desertificação com minuciosos detalhes (Silva; Moura Fé; Costa, 2022).

Lima et al. (2020) citam que as tecnologias da Agri. 4.0 pode levar a uma diminuição de até 20% no uso de água e pesticidas, além de uma redução de 10-15% nas emissões de gases de efeito estufa (GEE). A este respeito, a Agri. 4.0 pode ajudar a agricultura, a melhorar o desempenho da produção por área utilizada e leva à mitigação do problema da insuficiência de terras agricultáveis (Madushanki et al., 2019). Além de redução de insumos (por exemplo, água, fertilizantes, agroquímicos, etc.) e eficiência do processo (o benefício que é mais frequentemente encontrado) fornecem uma visão mais específica, cujos benefícios econômicos incluem custos de energia reduzidos, preços mais baixos dos alimentos e uma oportunidade econômica para garantir terras e devolver investimentos aos investidores.

A Internet das Coisas (IoT) dentre as diversas tecnologias disponibilizada pela Agri 4.0, por proporcionar um grande potencial na transformação da economia, é a que mais recebe investimento para a instalação na agricultura (Silva; Cavichioli, 2020). Segundo McKinsey Global Institute, é estimado que o impacto de IoT na economia global chegara ser de 4 a 11% do produto interno bruto do planeta em 2025 (entre 3,9 e 11,1 trilhões de dólares). No Brasil estima-se de 50 a 200 bilhões de dólares e impacto econômico anual em 2025. Na relação de projeções para o futuro, o relatório *Smart Agriculture – Global Market Trajectory & Analytics*, divulgado pela Research and Markets em 2020, afirmou que o mercado de agricultura inteligente tem projeção de 18 bilhões de dólares em 2027.

Para Rodriguez (2021), otimizar o uso de recursos e melhorar a eficiência operacional, não só reduz custos, mas também melhora a rentabilidade. Estudos de caso mostram que agricultores que atribui para um sistema de agricultura inteligente em suas propriedades, reportam um aumento médio de 18% na margem de lucro bruto.

Aumentando a produtividade agrícola, diminuindo o tempo gasto nas operações, aumentar o rendimento por metro quadrado e aumentar o ciclo de vida do próprio sistema de cultivo. Elevando a qualidade dos produtos entregues tem o potencial de aumentar as vendas agrícolas porque o uso de técnicas inteligentes reduz os custos de gestão de diferentes culturas, tornando economicamente vantajoso produzir determinados tipos de culturas, aumentando assim as receitas (Kim et al., 2018).

Um estudo da Association of [agricultural] Equipment Manufacturers (AEM), demonstra que a agricultura 4.0 proporciona um aumento de 7% na eficiência de colocação de fertilizantes, 9% de redução no uso de herbicidas e pesticidas, redução de 6% no uso de combustíveis fósseis, e de 4% no uso da água com irrigação de precisão. A Confederação da Agricultura e Pecuária

do Brasil (CNA) (2021), divulgou que a agricultura de precisão pode aumentar em até 29% a produtividade agrícola, e reduzir em média 23% nos gastos com insumos, alcançando uma produção mais sustentável com o uso racional de fertilizantes e produtos fitossanitários.

Paiva (2023), destaca que adoção de tecnologias inteligentes, como sensores e drones, tem demonstrado redução dos impactos ambientais. Essas ferramentas ajudam a reduzir a aplicação de insumos agrícolas, e por consequência, diminui as emissões de gases do efeito estufa. Um estudo da consultoria irlandesa Research and Markets (2020), indica que o mercado de robótica agrícola atingirá mais de US\$ 20 bilhões até 2025, com alto crescimento de drones e máquinas terrestres sem motorista.

Os principais benefícios associados a agricultura 4.0, estão interligados, sendo benefícios econômicos e ambientais (lucro e planeta). Ambos os benefícios são impulsionados principalmente pela redução dos fatores de produção agrícolas, que consequentemente, leva a um menor custo para a agricultura e menos impactos ambientais provenientes das suas operações. Além disso, é importante investigar os benefícios alcançáveis com estas tecnologias, para a exploração das oportunidades de desenvolver aplicações no domínio Agri 4.0, visando obter os benefícios econômicos e de sustentabilidade.

Monitoramento eficaz das operações agrícolas e tomada de decisões

O monitoramento contínuo dos dados em tempo real e a utilização integrada dos dados, em combinação com modelos recentemente desenvolvidos, melhoram a compreensão das práticas agrícolas e sua inter-relação com os processos ambientais.

Um estudo elaborado pela Climate Fieldview (2022), relata que 58% dos produtores brasileiros de soja acreditam que as tecnologias, como imagens de satélites e *softwares* que permitam a prescrição precisa de insumos tão importantes para prever os problemas da lavoura. Ademais, 42% dos produtores consideram as tecnologias de monitoramento essenciais para garantir maior previsibilidade da safra, e 25% preferem usar tecnologias de previsões climáticas, 16% preferem o uso de máquinas com telemetria, e 36% dizem que investir mais em conectividade é crucial para melhorar a produção de soja no país, para 34% deles profissionais capacitados são importantes, e a falta deles é o maior problema.

Além disso, o estudo e a compreensão das limitações do sistema de gerenciamento de dados em resoluções espaciais e temporais, pode levar a novos conhecimentos científicos, as técnicas avançadas baseadas em IA melhoram a gestão e a compreensão dos sistemas agrícolas inteligentes e permitem uma melhor estimativa das incertezas. Para Artaxo et al. (2024), a IA

pode ser um fator de mudança para a agricultura, ela oferece soluções que são inovadoras para conseguir enfrentar os desafios colocados pelas alterações climáticas.

Ganz et al. (2019) destacam que incorporação de sensores no monitoramento agrícola dão aos agricultores dados em tempo real das condições das culturas e do ambiente, o que oferece possibilidade de trajar estratégias mais precisas, melhorando produtividade e causando menor impacto ambiental. Com base em imagens e dados capturados por drones, a Inteligência Artificial tem auxiliado cada vez mais na eficácia dos meios de produção agrícola, com mais controle de pragas e valiosas informações sobre solo, clima e desenvolvimento do plantio. Esse monitoramento em tempo real tem sido responsável por um aumento considerável nas safras e melhor utilização das terras.

Castro (2024), afirma que o uso de IA no agronegócio brasileiro é um dos ativos mais importantes, fornecendo soluções a baixo custo, com redução de cerca de 90% no uso de pesticidas e aumento de produtividade que podem alcançar 10 sacas por hectare. A IA simplifica o processo agrícola ao automatizar tarefas repetitivas e otimizar processos operacionais, tendo que a automação na agricultura pode aumentar a eficiência operacional em até 20%, reduzindo significativamente os custos de produção. O portal Statista (2021) divulgou uma estimativa (Figura 12) na qual prevê que o mercado de IA na agricultura cresça 25,5% de 2020 até 2026, sendo impulsionado pelo crescente uso de dados, de sensores e de imagens aéreas para culturas, aumentando a produtividade por meio de tecnologia de aprendizado de máquina.

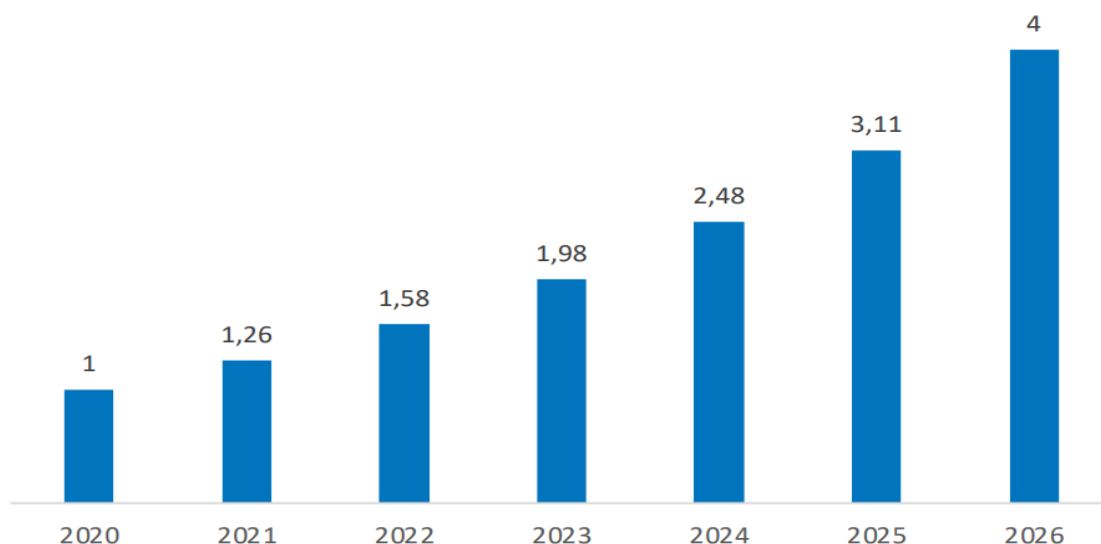


Figura 12. Valor global estimado de inteligência artificial no mercado agrícola de 2020 a 2026 (em bilhões de dólares americanos). Fonte: Fonte: MarketsandMarkets; Statista (2021).

Jones (2022) afirma que tecnologias da IA quando usada para otimizar o uso de fertilizantes e pesticidas, pode reduzir os custos desses insumos em até 30%, quando usada na gestão da irrigação, a economia pode chegar a 25%, resultando na redução dos custos operacionais totais. Dessa forma, Dias (2023) relata que aumentar a produtividade para atender a uma demanda abrangente, requer o uso de novas tecnologias para otimizar e rentabilizar a produtividade no campo, assim a IA entra como peça-chave para ajudar nas tomadas de decisões. Como resultado, é possível desenvolver novas práticas de operação agrícola e monitoramento que permitam a utilização mais eficiente dos recursos (condições ambientais, energia, água, solo, nutrientes e pesticidas, forragens, mão-de-obra, investimentos, etc.) Esta informação é então combinada com tecnologias poderosas para criar modelos de previsão.

Estes modelos podem antecipar a ameaça de pragas e doenças e determinar a quantidade ideal de irrigação e fertilizantes. Isso leva a economias significativas de custos, e sobretudo, benefícios ambientais porque a quantidade de água e produtos químicos diminui drasticamente. Sendo assim, ajuda os agricultores a manterem e aumentar os rendimentos, ao mesmo tempo que reverte a degradação dos solos, diminuindo as alterações climáticas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura inteligente vem se consolidando como uma tendência promissora no Brasil, trazendo consigo a promessa de revolucionar a agricultura por meio da integração de tecnologias inovadoras. Contudo, apesar dos avanços significativos, ainda persistem desafios a serem superados. Entre as dificuldades enfrentadas, destacam-se a falta de infraestrutura em certas regiões, a resistência de alguns produtores em adotar novas tecnologias e os altos custos associados à implementação de sistemas inteligentes no campo.

Por outro lado, o avanço da tecnologia no setor agrícola brasileiro proporcionou benefícios como o aumento da produtividade, a otimização do uso de recursos naturais e a redução do impacto ambiental. Assim, fica evidente a importância de continuar investindo em pesquisa, capacitação e infraestrutura para promover o crescimento.

A escassez de trabalhos publicados que abordem os avanços promissores da integração de tecnologia no campo, visando a transformação das fazendas em ambientes cada vez mais digitais, revela a necessidade de maior atenção e investimento nesse campo de pesquisa. A transição para fazendas digitais pode trazer inúmeros benefícios, tais como a melhoria da eficiência operacional, a redução de desperdícios e a sustentabilidade ambiental.

No entanto, a carência de estudos e publicações sobre esse tema pode dificultar a disseminação do conhecimento e a adoção em larga escala dessas práticas inovadoras. Dessa

forma, torna-se essencial incentivar a produção e a divulgação de pesquisas que evidenciem os progressos e potenciais da integração de tecnologia no campo, impulsionando assim a transformação digital do setor agrícola.

7. REFERÊNCIAS

- ALBIERO, D., PAULO, R. L. de., FÉLIX JUNIOR, J. C., J. da. S. G., & MELO, R. P. **Agriculture 4.0: a terminological introduction**. 2020. Revista de Ciências Agronômica, v. 51, n. spe, p. e20207737.
- ALVES, R. G. **Fazenda inteligente**: desenvolvimento de um gêmeo digital para um sistema de irrigação. 2021. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2021. Acesso em: 17 jun. 2024.
- ARANTES, M. C. S. **O uso da inteligência artificial na agroindústria do setor de laticínios**: propostas, desafios e perspectivas. 2023. 25f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2023.
- ARTAXO, P., RIZZO, L. V., MACHADO, L. A. T. **Inteligência artificial e mudanças climáticas**. Revista USP. São Paulo, n.141, p.29–40, 2024.
- ASSIS, K. C. de C., PIANTONI, J., AZEVEDO, R. F. **Tecnologias em agricultura inteligente**: eficiência e sustentabilidade. 2024. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.], v.13, n.4, p.e7013445072, 2024.
- BHATT, C. **Sistemas agrícolas inteligentes baseados em IoT**: técnicas, desafios e aplicações. Jornal Turco de Educação em Computação e Matemática, [S. l.], v.3, p.1957–1965, 2020.
- BARBOSA, JC., MALDONADO, JUNIOR, W. 2015. **AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396p
- BOLFE, E. L., JORGE, L. A. de C., DEL'ARCO SANCHES, I. **Tendências, desafios e oportunidades da Agricultura Digital no Brasil**. Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, v. 7, n. 2, p. 15–36, 2022.
- BAMBINI, M. D. **Transformação digital do campo**: contribuição dos ecossistemas de inovação agrícola e das agtechs no estado de São Paulo. 2021. 257f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP.

BORBA, M. C., RAMOS, J. E. S., BARROS, J. E. M., MACHADO, J. A. D. **A difusão de tecnologias no meio agrícola na Caatinga – a região de clima semiárido brasileiro.** 2023. Interações (Campo Grande) [Internet], v. 24, n. 1, p. 69–93.

CONCEIÇÃO, I. H. da. **Histórico do uso de drones na agricultura: uma revisão.** 2023. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, 2023.

DE MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental: Sustentabilidade e ISO 14001.** 2023. Freitas Bastos, v.6, 418p., 2023.

DEBANGSHI, U., SADHUKHAN, A., DUTTA, D., ROY, S. **Aplicação de tecnologias agrícolas inteligentes no desenvolvimento da agricultura sustentável: uma revisão abrangente sobre a situação atual e os avanços futuros.** Revista Internacional de Meio Ambiente e Mudanças Climáticas, [S. l.], v.11, p.3689–3704, 2023.

DIAS, F. X., VENTURA, R., BUENO, M. P. **Transferência de tecnologia na agricultura 4.0.** Observatório de la Economía Latino-Americana, [S. l.], v.11, p.21865–21887, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agro 2017:** população ocupada nos estabelecimentos agropecuários cai 8,8%. Agência IBGE notícias, 2019.

LIMA, G. C., FIGUEIREDO, F. L., BARBIERI, A. E., & SEKI, J. **Agro 4.0:** Habilitando a transformação digital da agricultura por meio da IoT. Revista de Ciências Agrônômica, v.51, p.e20207771, 2020.

LISBINSKI, F. C., MÜHL, D. D., OLIVEIRA, L. de., CORONEL, D. A. **Perspectivas e desafios da Agricultura 4.0 para o setor agrícola.** 2020. VIII Simpósio da Ciência do Agronegócio, p.422-431, 2020. Porto Alegre – RS.

MASSRUHÁ, S. M. F. S., LEITE, M. A. de. A., LUCHIARI JUNIOR, A., EVANGELISTA, S. R. M. **A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente.**

(Ed.). Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 1, p. 20-45.

MENDES-MOREIRA, J., FERREIRA, C. A., DIAS, D. **Inteligência Artificial na agricultura: desafios, benefícios e casos de uso.** 2022. INESC TEC Science & Society, [S. l.], v.1, n. 4, p. 44-45, 2022.

MEDEIROS, A. de S., SANTOS, T. C. dos., MAIA, S. M. Ferreira., **Effect of long-term and soil depth on soil organic carbon stocks after conversion from native vegetation to conventional tillage systems in Brazil.** Soil and Tillage Research, v.219, p. 105336, 2022.

PAIVA, D. Z. **A utilização de drones na agricultura: uma revisão bibliográfica entre 2012 e 2022.** 2023. 66f. Dissertação (Mestre em Agronegócio) - Fundação Getúlio Vargas - Escola de Economia de São Paulo, 2023.

TOLEDO, L. C., MONTES, L. F., SILVA, R. de. O. **O estudo da inteligência artificial no processamento de imagens aplicado ao manejo e controle de pragas na agricultura brasileira.** 2021. 26f. Universidade Evangélica de Goiás – UniEvangélica Engenharia de Computação, 2021.

PIVOTO, D.; LAIMER, C. G.; MORES, G. D. V.; WAQUIL, P. D.; TALAMINI, E.; DALLA CORTE, V.; DE MATOS, E. **Smart farming in brazil: an overview of technology, adoption and farmer perception.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, [S. l.], v.19, n.1, p.85-100, 2023.

REGIS, M. S. **Agricultura digital: adoção e difusão entre produtores bancarizados de grãos.** 2022. 101f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronegócios). Brasília/DF, 2022.

ROSA, A. L. **Fazenda 4.0 a automação empregada na agricultura de precisão.** 2020. 67f. Anhanguera, Porto Alegre, 2020.

RUSSO, I. F. D. **O Impacto da Inteligência Artificial na Sustentabilidade Ambiental: Uma Agricultura Sustentável**. 2020. 84f. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa (Portugal).

SENE, S. M., BACHA, C. J. C. **Adoção dos sistemas integrados na agropecuária do Brasil**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.62, n.1, p.e264625, 2024.

Silva, P. F.; Cassa, N.; Melo, A. S.; Dantas Neto, J.; Meneghetti, L. A. M.; Custódio, A. S. C.; Oliveira, N. P. R.; Silva, T. J. A.; Bonfim-Silva, E. M.; Andrade, S. P.; Duarte, T. F.; Berilli, S. S.; Souza, M. N.; Oliveira, A. F. M.; Moulin, M. M.; Berilli, A. P. C. G. **Advances in crop genetic improvement to overcome drought stress: Bibliometric and Meta-Analysis**. Agriculture, v.13, p.1860, 2023.

SILVA, E. C.; BORTOLOCCIESPEJO, M. M. DOS S. **INTERNET OF THINGS (IOT) NO AGRONEGÓCIO**: Uma revisão bibliométrica sobre o campo da pesquisa. Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), v.4, n.1, 31 out. 2020.

SILVA, J., SANTOS, M., OLIVEIRA, R. **The role of Industry 4.0 technologies in preventing agricultural sector aging**. Journal of Agricultural Innovation, v.7, p.112-125, 2020.

SILVA, R. P. da. **Modernização da agropecuária brasileira**: progresso econômico e heterogeneidade produtiva. 2019. 95f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

SILVA, W. de V. R. da., SILVA-MANN, R. **Elaboração de indicadores de output de Ciência e Tecnologia na Agricultura de Precisão**. Conjecturas, [S. l.], v.22, n.12, p.295–311, 2022.

SOUZA, M.; BIDARRA, Z. **Política pública de apoio à agricultura digital**. Revista de Política Agrícola, v. 31, n 2, 22p, 2022.

SOUSA, M. P.; CAVALCANTI, R. C.; OLIVEIRA, K. J. de; COSTA, M. M. L. da; CURSINO JUNIOR, O.; SILVA, S. M. da; CARVALHO, K. da S.; VIEIRA, R. B. F.; SILVA, F. G. da; SILVA, C. A. da; SILVA, A. V. da; SILVA, C. M. da. **Avanços e aplicações de drones na**

gestão de recursos naturais e monitoramento ambiental no semiárido brasileiro. Revista de Gestão e Secretariado, [S. l.], v.15, n.7, p.e4030, 2024.

TEIXEIRA NETO, A. P. **O “tech” do agro: uma revisão bibliográfica sobre o impacto da aplicação de tecnologias no agronegócio brasileiro.** 2022. 18f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2022.

TORRES, D. A. P. **Investimento em pesquisa e a produtividade agropecuária: uma revisão da literatura recente.** Revista de Política Agrícola, [S. l.], v.32, n.2, p. 106, 2023.

VIOLA, E., MENDES, V. **Agriculture 4.0 and climate change in Brazil.** Ambiente & Sociedade, v.25, p.e02462, 2022.