



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NA AGRICULTURA: UM PANORAMA
DAS PRINCIPAIS INOVAÇÕES E SEUS IMPACTOS**

LUCAS EDUARDO BATISTA GOMES

PETROLINA – PE
2024

LUCAS EDUARDO BATISTA GOMES

**TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NA AGRICULTURA: UM PANORAMA
DAS PRINCIPAIS INOVAÇÕES E SEUS IMPACTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF Sertão PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

PETROLINA – PE
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G633 Gomes, Lucas Eduardo Batista.

Tendências tecnológicas na agricultura: Um panorama das principais inovações e seus impactos / Lucas Eduardo Batista Gomes. - Petrolina, 2024.
33 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2024.

Orientação: Prof. Msc. Jeane Souza da Silva.

1. Ciências Agrárias. 2. Agricultura 4.0. 3. Tecnologias digitais. 4. Internet das coisas. 5. Inteligência Artificial. I. Título.

CDD 630

LUCAS EDUARDO BATISTA GOMES

**TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NA AGRICULTURA: UM PANORAMA
DAS PRINCIPAIS INOVAÇÕES E SEUS IMPACTOS**

Trabalho de Conclusão do Curso
apresentado ao IF Sertão PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a
obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 14 de agosto de 2024.

**Jeane Souza da
Silva:0281 1033483**

Assinado de forma digital por
Jeane Souza da
Silva:02811033483
Dados: 2024.08.28 18:28:03 -03'00'

Prof^a. MSc. Jeane Souza da Silva (Orientadora)
IF Sertão PE, Campus Petrolina Zona Rural

**Rosemary Barbosa de
Melo:82129827420**

Assinado de forma digital por
Rosemary Barbosa de
Melo:82129827420
Dados: 2024.08.29 06:55:20 -03'00'

Prof^a. Dr^a. Rosemary Barbosa de Melo
IF Sertão PE, Campus Petrolina Zona Rural

**Marlon Gomes
da Rocha:
99690071572**

Assinado digitalmente por Marlon Gomes da Rocha:
99690071572
DN: CN=Marlon Gomes da Rocha/99690071572,
OU=IFSERTAOPPE - Instituto Federal do Sertão
Pernambucano, O=ICPEdu, C=BR
Razão: Eu estou aprovando este documento
Localização:
Data: 2024-08-28 18:36:45
Font Reader Versão: 9.0.1

Prof. Dr. Marlon Gomes da Rocha
IF Sertão PE, Campus Petrolina Zona Rural

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por ser meu pilar, por me guiar, me sustentar e me dar forças para continuar firme em busca dos meus objetivos. Reconheço que, sem Ele, eu não teria chegado onde cheguei. Toda honra e toda glória a Ele.

Aos meus amados pais, Socorro Edna Batista de Souza Gomes e Julião de Souza Gomes, por serem minha base, sempre me apoiarem e me fortalecerem a cada dia. Sem vocês, eu não teria chegado até aqui. Vocês me deram asas para que eu pudesse alçar voos cada vez mais altos. Eu amo vocês além da vida.

À minha família e aos meus amigos da vida e da graduação, aos que estavam desde o início e aos que foram chegando ao longo dessa jornada, vocês foram essenciais durante toda minha trajetória. Em especial, a Kelly Anny, Maria Aparecida, Eugênia e Raycar por caminharem comigo desde o início. Foi bom olhar para o lado e ver que eu não estava sozinho.

À minha admirável orientadora, Jeane Souza da Silva, que me acolheu, me guiou e me ensinou tanto. Sua orientação foi crucial para a execução deste trabalho e para o meu desenvolvimento profissional. Obrigado por tudo.

A todos que fizeram parte do processo, minha sincera gratidão. Cada apoio, palavra de encorajamento e gesto de carinho foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. A todos vocês, meu muito obrigado.

O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível.

(Max Weber)

RESUMO

A agricultura, base da civilização humana, evoluiu de técnicas rudimentares a sistemas tecnologicamente avançados, impulsionada por inovações como a mecanização e, mais recentemente, pelas tecnologias digitais. Nos últimos anos, a agricultura tem passado por uma transformação significativa, motivada pela necessidade de aumentar a produtividade, garantir a qualidade dos alimentos e minimizar o impacto ambiental. O objetivo central deste trabalho foi abordar e analisar a integração de tecnologias digitais como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e agricultura de precisão, propondo, assim, apresentar reflexões e analisar a influência desse novo paradigma, que são fundamentais para a Agricultura 4.0. Esse estudo qualitativo de abordagem exploratória, focou nas principais tecnologias aplicadas à agricultura, avaliando seus impactos na produtividade e sustentabilidade, além de identificar os desafios enfrentados pelos agricultores na adoção dessas tecnologias. Desse modo, os resultados destas análises oferecem uma visão abrangente detalhada das inovações tecnológicas, apontando a eficiência da IOT e a IA para produção agrícola, destacando a importância do enfoque interdisciplinar e transversal para o desenvolvimento competitivo da agricultura no Brasil e no mundo. Assim, essas tecnologias se mostraram eficazes para agregar soluções inovadoras aos desafios complexos do que perpetuavam o setor agrícola, tornando mais eficiente, atrativo, promovendo a sustentabilidade dos sistemas agroalimentares.

Palavras-chave – Agricultura 4.0; Tecnologias digitais; Internet das Coisas (IoT); Inteligência Artificial; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Agriculture, the foundation of human civilization, has evolved from rudimentary techniques to technologically advanced systems, driven by innovations such as mechanization and, more recently, digital technologies. In recent years, agriculture has undergone significant transformation, motivated by the need to increase productivity, ensure food quality, and minimize environmental impact. The central objective of this work was to address and analyze the integration of digital technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and precision agriculture, thus proposing to present reflections and analyze the influence of this new paradigm, which are fundamental for Agriculture 4.0. This qualitative exploratory study focused on the main technologies applied to agriculture, evaluating their impacts on productivity and sustainability, in addition to identifying the challenges faced by farmers in adopting these technologies. As such, the results of these analyses offer a comprehensive and detailed view of technological innovations, highlighting the efficiency of IoT and AI for agricultural production, emphasizing the importance of an interdisciplinary and transversal approach for the competitive development of agriculture in Brazil and worldwide. Thus, these technologies have proven effective in providing innovative solutions to the complex challenges that have perpetuated the agricultural sector, making it more efficient, attractive, and promoting the sustainability of agri-food systems.

Keywords – Agriculture 4.0; Digital technologies; Internet of Things (IoT); Artificial Intelligence; Sustainability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	08
2	OBJETIVOS.....	10
2.1	OBJETIVO GERAL.....	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
4	METODOLOGIA.....	19
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
	REFERÊNCIAS.....	25

1. INTRODUÇÃO

A agricultura tem sido a base da civilização humana desde os primórdios da sociedade. Ao longo dos séculos, a prática agrícola evoluiu de técnicas rudimentares para sistemas complexos e tecnologicamente avançados. Desde a invenção da aração, passando pela mecanização com o trator, até as inovações modernas, a agricultura tem continuamente adaptado suas técnicas para atender às crescentes demandas da população e aos desafios ambientais.

Nos últimos anos, o setor agrícola tem vivenciado uma transformação significativa devido ao avanço das tecnologias digitais. Esta revolução tecnológica é impulsionada pela necessidade crescente de aumentar a produtividade, garantir a qualidade dos alimentos e minimizar o impacto ambiental em um cenário de população mundial em expansão e desafios ambientais cada vez mais complexos. As tecnologias digitais, como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial, agricultura de precisão e a transformação digital, emergem como catalisadores fundamentais para essas mudanças.

Historicamente, a agricultura passou por várias revoluções tecnológicas, desde a mecanização até o uso de tecnologias digitais modernas. No entanto, a atual era de tecnologias digitais está redefinindo as práticas agrícolas, oferecendo novas soluções para desafios antigos (KLERKXA & ROSEB, 2020). Estas tecnologias digitais, presentes na agricultura 4.0, têm o potencial de enfrentar problemas complexos, abrangendo variáveis econômicas, sociais e ambientais, e são fundamentais para o desenvolvimento sustentável dos sistemas agroalimentares.

No setor agrícola, o desenvolvimento de tecnologias inteligentes como a Internet das Coisas -IoT (LI; YANG, 2018; PIVOTO et al., 2018), Computação na Nuvem (ROOPAEL; RAD; CHOO, 2017), Big Data (BRONSON; KNEZEVIC, 2016; WOLFERT et al., 2017), Blockchain (ALMEIDA et al., 2018; SEEBACHER; SCHÜRITZ, 2017), Inteligência Artificial (EVANS; TERHORST; KANG, 2017; UNTARU; ROTARESCU; DORNEANU, 2012)têm impulsionado o fenômeno chamado de Agricultura Inteligente (Smart Farm) ou Agriculture 4.0 (ANDRITOIU et al., 2018; LEZOUCHE et al., 2020).

Bolfe e Massruhá (2020) destacam a urgência da transformação digital nas propriedades rurais, não apenas como uma opção, mas como um caminho essencial para tornar a agricultura brasileira mais competitiva e agregadora de valor. Esta transformação é interdisciplinar e transversal, proporcionando benefícios que amplificam as inovações e melhoram a interação entre os elos das cadeias produtivas agrícolas.

Além disso, dados do IFAD (2020) revelam que cerca de 63% das pessoas mais pobres do mundo estão empregadas na agricultura, sublinhando a importância econômica e social deste setor. A pesquisa realizada pela Embrapa, Sebrae e Inpe (BOLFE et al., 2020) demonstra que, apesar do potencial das tecnologias digitais, muitos agricultores, especialmente os pequenos e médios produtores, enfrentam desafios significativos relacionados ao custo de investimento e à implementação dessas tecnologias.

De acordo com Sabato & Mackenzie (1981), a organização de conhecimentos diversos em pacotes tecnológicos é essencial para fomentar a inovação na agricultura. Esta abordagem multidisciplinar é vital para enfrentar os desafios contemporâneos e promover avanços significativos no setor agrícola.

Portanto, é essencial realizar uma análise detalhada das tendências tecnológicas na agricultura e seus impactos. Esta pesquisa visa explorar o panorama das inovações tecnológicas, identificando oportunidades para otimizar a produção, melhorar a sustentabilidade e identificar os desafios relacionados à modernização da agricultura.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Explorar e analisar as principais tendências tecnológicas na agricultura e seus impactos.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar uma análise da evolução da agricultura, desde a antiguidade até os tempos atuais;
- Identificar e descrever as principais tecnologias digitais aplicadas na agricultura, como IoT, inteligência artificial e agricultura de precisão.
- Analisar o impacto dessas tecnologias na produtividade e sustentabilidade agrícola, incluindo a redução do impacto ambiental;
- Avaliar os desafios e barreiras enfrentados pelos agricultores na adoção dessas tecnologias.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Histórico e evolução da agricultura

A agricultura passou por várias fases de desenvolvimento tecnológico ao longo do tempo. Inicialmente, no século XX, a Agricultura 1.0 usava tração animal para realizar diversas atividades no campo. Em seguida, a Agricultura 2.0 surgiu com a substituição da tração animal por motores a combustão, o que possibilitou o avanço das máquinas agrícolas. Posteriormente, a Agricultura 3.0 introduziu o Sistema de Posicionamento Global (GPS), que ainda é amplamente utilizado para o gerenciamento de plantios. Atualmente, a Agricultura 4.0 está em voga, marcando uma revolução com a integração de conectividade e automação, através do uso de máquinas avançadas, veículos aéreos não tripulados (drones), robôs e animais equipados com sensores (ESPERIDIÃO et al., 2019).

O desenvolvimento da agricultura se deu principalmente a partir do processo de mecanização da atividade agrícola, o qual permitiu o aumento da produção da lavoura para larga escala. Porém, antes da mecanização do trabalho no campo, quando a agricultura convencional era praticada em escalas menores, os agricultores reconheciam a existência da variabilidade das características físicas, químicas e biológicas entre as parcelas das áreas cultivadas (COELHO & SILVA, 2009).

Mazoyer e Roudart (2010) destacam que a agricultura surgiu da necessidade humana de cultivar alimentos de forma sistemática, rompendo com a dependência exclusiva da oferta natural e estabelecendo um novo sistema de cultivo. A agricultura, portanto, envolve a aplicação de técnicas especializadas e um conhecimento aprofundado para otimizar a produção e atender às demandas alimentares.

No Brasil, a transformação da agricultura tem sido notável nas últimas décadas. Em menos de 40 anos, o país passou de importador para um dos principais exportadores de alimentos, superando grandes players tradicionais como Estados Unidos e União Europeia (FAO, 2015; OECD, 2016). Esse sucesso pode ser atribuído, em grande parte, ao uso intensivo de tecnologia.

A tecnologia foi um fator-chave para o Brasil alcançar destaque na produção agrícola global, permitindo um crescimento significativo na produção de soja, carne bovina e frango, entre outros (ALVES & CONTINI, 2014; ALVES et al., 2013).

De acordo com Vasconcelos (2018), o mundo está passando por uma transformação significativa no setor agrícola, com as inovações tecnológicas cada vez mais influenciando as decisões no campo, promovendo maior precisão e sustentabilidade. Entender a integração dessas novas tecnologias no agronegócio brasileiro é crucial para avaliar o cenário atual do país frente às exigências globais e orientar o futuro do setor.

3.2 Agricultura de precisão

Uma das principais inovações digitais na agricultura é a Agricultura de Precisão (AP), que permite aos produtores identificar e administrar regiões de alta e baixa produtividade com maior detalhamento (MOLIN, 2004, p. 2). Essa abordagem melhora a eficiência ao ajustar práticas agrícolas de acordo com as condições específicas de cada parte do campo. Além disso, o conceito de pacote tecnológico é fundamental para entender como diferentes tecnologias digitais se integram e são aplicadas.

A Agricultura de Precisão é um sistema integrado de gestão da produção agrícola que busca otimizar o uso de insumos, como sementes, água, fertilizantes e defensivos, levando em consideração o mapeamento das variações espaciais e temporais das áreas de cultivo (PRADO, 2018; PIRES et al., 2004).

Agricultura de Precisão, conhecida em inglês como Precision Agriculture, Precision Farming ou Site-specific Crop Management, envolve a aplicação de tecnologias avançadas que incluem desde hardware especializado até diversos softwares e redes de telecomunicação.

Este sistema sofisticado permite a coleta e análise de dados para monitorar e avaliar áreas agrícolas específicas, facilitando a gestão precisa de fatores produtivos, como a aplicação de fertilizantes e defensivos, ajuste da densidade de sementes, controle do uso de água, entre outros aspectos (BERNARDI et al., 2014).

A AP é uma abordagem inovadora para análise e correção de problemas agrícolas, levando em conta as necessidades específicas de cada ponto na área de cultivo. Este sistema visa um uso mais racional dos recursos agrícolas, otimizando a

gestão de insumos como sementes, água, fertilizantes, corretivos e defensivos. Além disso, ela se baseia no mapeamento da variabilidade espacial e temporal das áreas de manejo, proporcionando um gerenciamento eficiente da produção agrícola (PRADO, 2018; PIRES et al., 2004).

Durante a primeira década da Agricultura de Precisão, o foco foi a identificação da variabilidade nas áreas agrícolas e a aplicação de insumos, através do desenvolvimento de tecnologias de sensores e monitores eletrônicos.

No entanto, foi a partir da década de 1990 que as pesquisas sobre Agricultura de Precisão avançaram significativamente, graças à disponibilidade do sinal de satélites do Sistema de Posicionamento Global (GPS), desenvolvido pelos EUA. Embora o GPS tenha começado a operar na década de 1970, tornou-se totalmente funcional apenas em 1995 (INAMASU & BERNARDI, 2014; PIRES et al., 2004).

No Brasil, as práticas de Agricultura de Precisão começaram com a importação de equipamentos informatizados nos anos 1980, embora de forma inicial e sem resultados significativos devido às dificuldades envolvidas. Foi apenas a partir de 1995, com a implementação do sinal de satélites GPS e o aumento do conhecimento sobre Agricultura de Precisão no setor agrícola brasileiro, que o mercado de máquinas começou a se abrir. Gradualmente, essas máquinas passaram a incorporar tecnologias da informação, robótica e eletrônica para o processamento de dados georreferenciados. Nesse período, destacaram-se as colhedoras equipadas com receptores para o monitoramento da produtividade (INAMASU & BERNARDI, 2014; MONTAGNA & HAUSCHILDT, 2018).

3.2.1 Tecnologias da agricultura de precisão

A Agricultura de Precisão começou como um método para gerenciar informações sobre a produção agrícola por meio da criação de mapas de produtividade. No entanto, foi com a integração de tecnologias avançadas, como sinais de GPS e técnicas de sensoriamento remoto, que a AP ganhou maior relevância entre as tecnologias agropecuárias. A adoção de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e tecnologias para a aplicação diferenciada de insumos agrícolas contribuiu significativamente para seu destaque (NUNES, 2016; PIRES et al., 2004).

A introdução dos sinais de satélites de posicionamento no final dos anos 90 foi uma inovação tecnológica significativa que impactou diversos setores, incluindo a

agricultura. Receptores de GPS passaram a ser integrados às máquinas agrícolas para mapear a variabilidade da produção e realizar análises georreferenciadas do solo. O GPS tornou-se fundamental para a AP, pois a determinação precisa da variabilidade espacial nas propriedades da lavoura depende da localização geográfica exata de cada ponto de amostragem (COELHO & SILVA, 2009; INAMASU & BERNARDI 2014).

Os SIG, conhecidos em inglês como GIS, são ferramentas computacionais especializadas no gerenciamento de dados georreferenciados, ou seja, dados associados a localizações geográficas específicas. Esses sistemas estão intimamente ligados à tecnologia GPS e desempenham um papel crucial no planejamento da AP, servindo como suporte à decisão em conjunto com ferramentas como a geoestatística. a principal funcionalidade dos SIGs é a criação de mapas baseados em coordenadas geográficas, estruturando dados em camadas e permitindo a modelagem e simulação de cenários para cada área agrícola (FILIPPINI ALBA, 2014; BUDIHARTO et al., 2019; GREGO et al., 2014).

Para atingir os objetivos da AP, é essencial coletar uma grande quantidade de dados, os quais podem ser obtidos por meio de sensoriamento remoto ou sensores instalados diretamente no solo. O sensoriamento remoto utiliza imagens aéreas capturadas por sensores em satélites, aeronaves ou veículos aéreos não tripulados (VANTs). Entre os sensores proximais mais utilizados na AP estão os de produtividade, propriedades do solo e cultivo. A precisão no manejo e o rendimento da produção aumentam com a qualidade e a quantidade de dados coletados e analisados pelos SIGs (GREGO et al., 2014; SHIRATSUSHI et al., 2014).

3.3 Tecnologias emergentes na agricultura

A adoção de tecnologia no setor primário está intimamente ligada à transformação digital observada em outros setores, como indústria, varejo e serviços. Essa adoção tem sido associada a diversos termos, incluindo Quarta Revolução Agrícola, Agricultura de Precisão, Agricultura Digital e Agricultura 4.0, entre outras definições que procuram caracterizar a mais recente evolução do agronegócio (SOTT et al., 2020a).

Embora a literatura científica apresente divergências e contradições sobre a abrangência e a definição exata de cada um desses termos relacionados à

agricultura digital, todos estão, de alguma forma, conectados ao uso de tecnologias emergentes para aprimorar os processos e a sustentabilidade na agricultura (HRUSTEK, 2020).

O avanço das tecnologias voltadas para a agricultura tornou-se indispensável. No caso do cultivo em grande escala, as ferramentas tecnológicas possibilitam a seleção precisa dos produtos e a aplicação na quantidade exata. Mesmo em áreas de produção desafiadoras, a qualidade é mantida, pois os agricultores dispõem das informações necessárias para o plantio. A aplicação eficiente de insumos e o uso de tecnologias modernas permitem identificar áreas com maior produtividade, resultando em maior eficácia na produção agrícola (PIX FORCE, 2022).

3.3.1 VANT/Drones

O avanço dos drones, também conhecidos como veículos aéreos não tripulados (VANTs), trouxe grandes inovações para diversos setores. Esses dispositivos voadores, equipados com hélices e controle remoto, têm se tornado essenciais para entregas, monitoramento de cultivos, detecção de pragas, pesquisas científicas, entre outros.

Oliveira et al. (2021), complementam afirmando que os drones permitem a aplicação localizada de defensivos agrícolas, reduzindo o desperdício de produtos e minimizando os danos ao meio ambiente. Os drones podem ser classificados em três categorias distintas: os drones de rotor único, que são indicados para voos que exigem permanência no ar e oferecem maior duração de voo; os multi-rotore, que são drones maiores e mais ágeis; e os drones de asa fixa, que possuem um design semelhante ao das aeronaves convencionais, com um corpo central e duas asas em cada lado (GIRALDELI, 2019).

A tecnologia tem se consolidado como uma opção significativa nas diversas áreas da agricultura e pecuária, oferecendo uma ferramenta gradativa para aplicação e gerenciamento, especialmente por seu baixo custo e equipamentos de fácil locomoção, que podem ser utilizados em qualquer setor do agronegócio. De acordo com Andrade (2016), a utilização de drones permite um acesso eficiente ao sistema de irrigação, possibilitando a detecção de falhas e uma intervenção direta na origem do problema. Esse monitoramento auxilia na redução significativa das falhas, prevenindo que o crescimento das plantas e a produção sejam prejudicados. Além

disso, drones são empregados para capturar uma variedade de imagens que permitem aos produtores analisar e mapear áreas de culturas saudáveis e danificadas. As imagens aéreas facilitam a identificação rápida de problemas e a localização de áreas infestadas, ao contrário da verificação tradicional feita diretamente do solo, que costuma ser mais demorada (ANDRADE et al., 2019).

As imagens ajudam o produtor a identificar falhas no plantio, infestação de plantas daninhas, pragas e doenças, monitorar o gado, e gerenciar a irrigação. Além disso, permitem detectar desmatamento, nascentes, focos de incêndio, áreas para estradas, e avaliar secas ou excesso de água, estimar produtividade e mapear áreas agrícolas e hídricas. Esse acompanhamento é realizado através de sensores infravermelhos, que monitoram individualmente cada planta. Com isso, é possível identificar o mapeamento e a propagação de pragas e doenças, permitindo decisões mais ágeis e minimizando perdas de produtividade (GIRALDELI, 2019).

Na agricultura, o drone mais comum é o modelo de asa delta, devido ao seu tamanho reduzido. Embora esses drones sejam bastante vulneráveis a ventos fortes, eles são geralmente os mais fáceis de operar para iniciantes. Esse tipo de drone conta com uma asa em formato delta que proporciona sustentação durante o voo e um motor de hélice na parte traseira que impulsiona o drone para frente (FORCE, 2016).

3.3.2 Inteligência artificial na agricultura

A inteligência artificial (IA) é a capacidade do sistema para interpretar corretamente dados externos, aprender a partir desses dados e utilizar dessa aprendizagem para atingir objetivos e tarefas específicas por meio de adaptação flexível (KAPLAN; HAENLEIN, 2019).

A IA tem despertado interesse em diversos campos de estudo, e a agricultura não é uma exceção. Cada segmento agrícola está encontrando maneiras de integrar a IA ao longo do processo de produção. O aprendizado de máquinas tem afetado todos os setores da economia, especialmente devido à sua capacidade de analisar e interpretar dados com uma velocidade muito superior à humana. Isso tem levado a um aumento nos investimentos e na adoção de IA, visando acelerar processos em fábricas, transportes, setor imobiliário e, particularmente, no agronegócio (MORETI et al., 2021).

As tecnologias agrícolas contemporâneas são frequentemente orientadas para algoritmos de aprendizado de máquina, pois estes maximizam o rendimento das colheitas ao mesmo tempo que minimizam os custos de insumos (REHMAN et al., 2019). Tais algoritmos permitem aos agricultores aprimorar a seleção de plantio, prever safras, rendimento, doenças, clima, preço mínimo de suporte e implementar sistemas de irrigação inteligente (KAUR, 2016).

O uso da IA na agricultura envolve o processo de aprendizagem das máquinas. Segundo Jha et al. (2019), o propósito central do aprendizado de máquinas é alimentar um sistema com experiências anteriores e dados estatísticos, permitindo-lhe executar tarefas específicas para resolver problemas definidos. O aprendizado de máquinas é uma abordagem matemática para a construção de máquinas inteligentes.

Além disso, as tecnologias mais recentes de sistemas automatizados, que utilizam robôs, máquinas agrícolas e veículos aéreos não tripulados, têm feito contribuições significativas ao setor agroindustrial. Diversos sistemas computacionais de alta tecnologia são projetados para determinar parâmetros importantes, como detecção de ervas daninhas, rendimento e qualidade das colheitas, entre outras técnicas (LIAKOS et al., 2018).

3.3.3 IoT (Internet of Things) na agricultura

O termo Internet das Coisas (IoT) foi introduzido por Kevin Ashton em 1999 durante uma apresentação na Procter & Gamble (P&G), relacionando-o à nova ideia de identificação por radiofrequência (RFID) (ASHTON, 2009).

A IoT é uma combinação de diversas tecnologias complementares que viabilizam a integração de objetos do ambiente físico ao mundo virtual. Esta tecnologia pode prover diversos serviços, como monitoramento de temperatura, coordenadas geográficas, agregação de dados, colaboração e inteligência; tornando possível gerenciar operações a centenas de quilômetros de distância, rastrear bens que cruzam o oceano ou detectar a ocorrência de pragas ou doenças na plantação (VILLAFUERTE, 2018, p. 153).

Segundo Sundmaeker et al. (2016), no setor agrícola, a IoT tem se estabelecido como uma ferramenta potente para gerenciar todos os níveis da cadeia alimentar. Essa tecnologia permite combinar inspeção e monitoramento da

produção, analisar o crescimento das colheitas, supervisionar o desempenho dos sistemas de tecnologia animal, avaliar o processamento de alimentos, prever e tomar ações preventivas relacionadas às variáveis agrometeorológicas, controlar pragas e infecções, e aprimorar a gestão e entendimento da agronomia. Além disso, a IoT facilita a operação remota e o monitoramento da rastreabilidade do produto e das condições de transporte, assegurando uma melhor qualidade dos alimentos.

Chase (2013) também destaca que há atualmente cerca de 5 bilhões de dispositivos inteligentes no mundo, com uma previsão de 50 bilhões de objetos conectados até 2020.

A tecnologia IoT possui um grande potencial e uma necessidade de expansão no agronegócio brasileiro. No entanto, para que esse crescimento seja viável e acessível aos produtores, é necessário melhorar a infraestrutura e os sistemas de suporte à produção, bem como garantir a disponibilidade de rede de internet sem fio. Já existem no mercado sistemas e equipamentos com tecnologia IoT para a manipulação de máquinas agrícolas, controle fitossanitário, estações meteorológicas (dados climáticos) e pecuária de precisão, entre outras atividades agrícolas (NOGUEIRA, 2020, p. 39).

4. METODOLOGIA

Esse estudo qualitativo de abordagem exploratória, focou nas principais tecnologias aplicadas à agricultura, avaliando seus impactos na produtividade e sustentabilidade, além de identificar os desafios enfrentados pelos agricultores na adoção dessas tecnologias. Assim, para este estudo a metodologia baseada em estratégias de pesquisa conforme Kauark et al. (2010), com foco na análise de tendências tecnológicas na agricultura, especialmente nos impactos causados por ela, utilizando uma abordagem exploratória. A pesquisa foi realizada através de revisão de literatura em plataformas como Google Scholar, Scielo, e periódicos da CAPES e sites oficiais, abrangendo artigos científicos e revistas de agronegócio. A abordagem foi predominantemente qualitativa, conforme Rea e Parker (2002), com elementos quantitativos para análise dos dados coletados, proporcionando uma visão ampla e atualizada sobre as inovações tecnológicas na agricultura.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para contribuir no entendimento sobre o campo de estudo, diversos pesquisadores investigaram o potencial de várias tecnologias no contexto agrícola. Delavarpour et al. (2021), Niu et al. (2020), Messina et al. (2020) e Mukherjee et al. (2019) examinaram o uso de Veículos Aéreos não Tripulados (UAVs) para a coleta de dados e análise de cultivos. Por outro lado, Torky e Hassanein (2020), García et al. (2020) e Khanna e Kaur (2019) revisaram a aplicação de diversos tipos de sensores e atuadores que fazem parte da Internet das Coisas, visando compreender a ampla aplicação dessas tecnologias.

O uso de VANTs na pulverização de lavouras tem ganhado destaque nos últimos anos, devido à sua eficiência e precisão. Diversos estudos têm sido realizados para avaliar a eficácia desse método em comparação com os métodos tradicionais de pulverização. Segundo um estudo realizado por Wang et al. (2019), a pulverização com drones apresentou uma eficiência de controle de pragas maior do que a pulverização manual em diversas culturas, incluindo arroz, trigo e batata.

Os avanços das tecnologias e outras inovações em máquinas controladas por computadores, têm contribuído para ganhos de produtividade, melhorias no gerenciamento e redução de custos, atendendo às necessidades do setor e promovendo melhores resultados (DENVER, 2019).

A inteligência artificial possibilita que agricultores e produtores coletem uma grande quantidade de dados, os analisem e forneçam soluções para diversos problemas complexos. Além disso, ela oferece uma maneira mais inteligente de tomar decisões rápidas e eficientes, resultando em um melhor custo-benefício para os agricultores (PANPATTE, 2018).

A IA é uma tecnologia emergente na agricultura, inserido em equipamentos e máquinas, elevando o sistema agrícola atual a um novo patamar (TALAVIYA et al., 2020). Esta tecnologia tem melhorado o desenvolvimento agrícola, bem como o monitoramento, colheita, processamento e comercialização em tempo real (YANG et al., 2007).

As soluções tecnológicas baseadas em inteligência artificial têm possibilitado aos agricultores aumentar a produção utilizando menos insumos e melhorar a qualidade dos produtos, permitindo uma entrada mais rápida no mercado. Em 2020, estimou-se que os agricultores utilizariam 75 milhões de dispositivos conectados.

Até 2050, a expectativa é que esses dispositivos gerem em média 4,1 milhões de pontos de dados diariamente (TALAVIYA et al., 2020).

A análise das inovações tecnológicas na agricultura revela avanços significativos em várias áreas, impulsionando a produtividade, a eficiência e a sustentabilidade. As tabelas a seguir detalham essas inovações, destacando seus pontos positivos e negativos, e fornecem um panorama da evolução tecnológica na agricultura.

Tabela 1: Evolução tecnológica na agricultura.

Fase da agricultura	Período	Principais tecnologias	Impactos na produção	Desafios/limitações
Agricultura 1.0	Início do século XX	Tração animal	Baixa mecanização, produção limitada	Baixa eficiência e alta demanda de mão de obra
Agricultura 2.0	Século XX	Motores a combustão	Aumento da mecanização e produtividade	Poluição e alto custo de manutenção de máquinas
Agricultura 3.0	Fim do século XX	Sistema de Posicionamento Global (GPS)	Maior precisão na gestão do plantio	Alto investimento na implementação
Agricultura 4.0	Século XXI	Conectividade, automação, drones, robôs e sensores	Revolução tecnológica no campo	Dependência de infraestrutura tecnológica, complexidade de uso

Fonte: O autor, 2024.

A trajetória da evolução tecnológica na agricultura revela uma progressão de crescente mecanização e automação. Desde o uso inicial da tração animal até a adoção de drones e robôs, cada fase trouxe melhorias na eficiência e gestão da produção. Entretanto, esses avanços também introduziram desafios, como altos custos de implementação e a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada.

Tabela 2: Principais componentes da agricultura de precisão.

Tecnologias	Descrição	Benefícios	Desafios/limitações
GPS	Sistema de posicionamento	Melhor gestão de plantios	Custo elevado, necessidade de manutenção
Sensoriamento remoto	Imagens aéreas de satélites, drones e aviões	Identificação de problemas e monitoramento de cultivos	Dependência de condições climáticas, alto custo de imagens
SIG	Gerenciamento de dados georreferenciados	Planejamento eficiente e suporte à tomada de decisões no campo	Complexidade de uso, necessidade de treinamento
Sensores de solo	Mensuração das propriedades do solo	Melhor manejo do solo e aplicação precisa de insumos	Custo inicial elevado, necessidade de calibração

Fonte: O autor, 2024.

A agricultura de precisão representa um dos principais avanços digitais na agricultura moderna. Com tecnologias como GPS, sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica é possível aumentar significativamente a eficiência e precisão das operações agrícolas. No entanto, esses avanços apresentam desafios como altos custos e a necessidade de treinamento especializado.

Tabela 3: Principais tecnologias emergentes na agricultura.

Tecnologias	Descrição	Benefícios	Desafios/limitações
Drones	Monitoramento de cultivos, detecção de pragas e mapeamento aéreo	Resposta rápida à problemas, redução de custos	Vulnerabilidade a condições climáticas e regulamentação
Inteligência artificial	Previsão de colheitas, monitoramento da saúde das plantas e otimização da irrigação	Precisão e eficiência nas operações agrícolas	Alto custo de implementação e alta complexidade técnica

Internet das Coisas	Monitoramento contínuo de equipamentos e condições agrícolas	Aumento da eficiência na tomada de decisões em tempo real	Complexidade de uso, necessidade de treinamento
---------------------	--	---	---

Fonte: O autor, 2024.

As tecnologias emergentes, como drones, inteligência artificial e a IoT, estão revolucionando a agricultura moderna. Drones permitem um monitoramento detalhado das plantações, IA oferece previsões precisas e otimização das práticas agrícolas, e a IoT facilita o monitoramento contínuo das condições agrícolas e dos equipamentos. Essas inovações trazem maior eficiência e precisão, mas enfrentam desafios como altos custos, complexidade técnica e questões de segurança de dados.

Tabela 4: Impactos das principais inovações tecnológicas na agricultura brasileira.

Área impactada	Inovação tecnológica	Benefícios	Desafios/limitações
Produção de soja	Agricultura de precisão	Aumento na produtividade e eficiência na aplicação de insumos	Equipamento de alto custo, necessidade de treinamento de mão de obra
Produção de carne bovina	Sensoriamento remoto e GPS	Melhoria na gestão de pastagens e monitoramento do gado	Alta dependência tecnológica, custo de manutenção elevado
Produção de frango	IA, automação e robótica	Otimização dos processos de produção e redução de custos	Investimento inicial elevado

Fonte: Autoria própria

As inovações tecnológicas têm um impacto significativo na agricultura brasileira, especialmente em culturas de grande importância econômica como a soja, carne bovina e frango. A agricultura de precisão, o sensoriamento remoto e a automação contribuem para aumentos de produtividade e eficiência, mas enfrentam desafios relacionados a custos e necessidade de capacitação técnica.

Resumidamente, os resultados mostram que, embora as inovações tecnológicas ofereçam inúmeros benefícios para a agricultura, sua adoção deve ser cuidadosamente planejada e apoiada por investimentos em infraestrutura e capacitação. Isso é essencial para maximizar os benefícios e minimizar os desafios, promovendo uma agricultura mais sustentável e eficiente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou as principais tendências tecnológicas na agricultura, desde a tração animal até a era da conectividade e automação. As tecnologias da Agricultura de Precisão, como GPS e sensoriamento remoto, melhoraram a gestão de cultivos, aumentando a produtividade e eficiência. No entanto, enfrentam desafios como altos custos e necessidade de treinamento.

Tecnologias emergentes, como drones, inteligência artificial e a Internet das Coisas, oferecem novos métodos de monitoramento e gestão, promovendo uma agricultura mais sustentável. No Brasil, essas inovações têm sido fundamentais para a posição do país como líder global na produção agrícola, apesar dos desafios técnicos e econômicos.

Conclui-se que a adoção dessas tecnologias é essencial para enfrentar os desafios agrícolas atuais, mas requer investimentos contínuos em infraestrutura e capacitação. Futuros estudos devem focar em soluções para os desafios de implementação, promovendo uma agricultura inovadora e sustentável.

REFERÊNCIAS

ALVES, E.; CONTINI, E. **Tecnologia: prosperidade e pobreza no campo**. In: SENRA, N. C. (Coord.). **O Censo entra em campo: o IBGE e a história dos recenseamentos agropecuários**. Rio de Janeiro: IBGE, Centro de Documentação e Disseminação de Informações, p. 205-230, 2014.

ALVES, E.; SOUZA, E.; GOMES, E. **Fatos marcantes da Agricultura Brasileira**. In: ALVES, E.; SOUZA, G.; GOMES, E. (Coord.). **Contribuição da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Brasília: Embrapa, p. 13-46, 2013.

ANDRADE, R. de O. **Drones sobre o campo - Avanços tecnológicos ampliam as possibilidades do uso de aeronaves não tripuladas na agricultura**. 239. Janeiro, 2016. Disponível em <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2016/01/12/drones-sobre-o-campo/>>. Acesso em 15 de abril de 2024.

ANDRITOIU, Dan et al. **Agriculture autonomous monitoring and decisional mechatronic system**. In: 2018 19th International Carpathian Control Conference (ICCC). IEEE, 2018. p. 241-246.

ASHTON, Kevin. **That 'Internet of Things' Thing: In the Real World, Things Matter more than Ideas**. RFID Journal, 2009. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing>>. Acesso em 09 de maio de 2024.

BERNARDI, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

BOLFE, E. L. et al. **Desafios, tendências e oportunidades em agricultura digital no Brasil**. 2020.

BOLFE, E.; MASSRUHÁ, S. **A transformação digital e a sustentabilidade agrícola**. *Agroanalysis*, v. 40, p. 32-34, mar. 2020.

BUDIHARTO, W. et al. **A Review and Progress of Research on Autonomous Drone in Agriculture, Delivering Items and Geographical Information Systems (GIS)**. 2nd World Symposium on Communication Engineering (WSCE), 205-209, 2019.

CHASE, Jim. **The Evolution of the Internet of Things**. Texas Instruments, v.1,p.1-7, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Reinhard_Langmann/publication/273513489_A_utomatisierungssysteme_mit_Web-Technologien/links/5b9cb2a2a6fdccd3cb57b1ad/Automatisierungssysteme-mit-Web-Technologien.pdf>. Acesso em: 31 de maio de 2024.

COELHO, J. P. C., & SILVA, J. R. M. **Agricultura de Precisão**. Lisboa: AJAP, 2009.

DELAVARPOUR, N., KOPARAN, C., NOWATZKI, J., BAJWA, S., & SUN, X. **A Technical Study on UAV Characteristics for Precision Agriculture Applications and Associated Practical Challenges**. Remote Sensing, 13(6), 1204, 2021.

DENVER, W. **Tecnologia na agricultura: importância e principais inovações**. São Paulo, 2019.

ESPERIDIÃO, T. L.; SANTOS, T. C.; AMARANTE, M. S. **Agricultura 4.0: Software de Gerenciamento de Produção**. Mogi das Cruzes: Pesquisa e Ação V5 N4, 2019.

FAO; IFAD; WFP. 2015. **The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress**. Rome, FAO.

FILIPPINI ALBA, J. M. **Modelagem SIG em agricultura de precisão: conceitos, revisão e aplicações**. In BERNARDI, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**, p. 84-96, Brasília, DF: Embrapa, 2014.

FORCE, P. **Drones na Agricultura: tudo sobre a tecnologia que está mudando o setor**. Porto Alegre: Floresta & Agricultura, 2016.

GIOVANINI, A. **Uso de Drones na Agricultura**. Porto Alegre: AG, 2020.

GIRALDELI, A. **Drones na agricultura: como eles te ajudam a lucrar mais**. Porto Alegre: Aegro, 2019.

GREGO, C. R., OLIVEIRA, R. P., & VIEIRA, S. R. **Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão**. In BERNARDI, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**, p. 74-83, Brasília, DF: Embrapa, 2014.

HRUSTEK, L. **Sustainability driven by agriculture through digital transformation**. *Sustainability*, 12(20), 8596, 2020.

JHA, K.; DOSHI, A.; PATEL, P.; SHAH, M. **A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence**. *Artificial Intelligence in Agriculture*, v. 2, p. 1-12, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2019.05.004>.

KAUARK, F., Manhães, F. C., & Medeiros, C. H. (2010). **Metodologia da pesquisa: um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum.

KAUR, K. **Machine learning: applications in Indian agriculture**. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, v. 5, n. 4, 2016.

KHANNA, A., & Kaur, S. (2019). **Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture**. *Computers and electronics in agriculture*, 157, 218-231.

KAPLAN, Andreas; HAENLEIN, Michael. **Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence**. *Business Horizons*, v. 2, n. 1, p. 15-27, 2019. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681318301393?via%3Dihub>>. Acesso em: 23 de maio de 2024.

KLERKX, Laurens; ROSE, David. **Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways?**. *Global Food Security*, v. 24, p. 100347, 2020.

LIAKOS, K.; BUSATO, P.; MOSHOU, D.; PEARSON, S.; BOCHTIS, D. **Machine learning in agriculture: A review**. *Sensors*, v. 18, n. 8, p. 2674, 2018. Doi: 10.3390/s18082674.

LIMA NOGUEIRA, A. C. **Internet das Coisas no Agronegócio: Fundamentos e Políticas**. Informações FIPE (FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS): - [s. 1.1, V. -, ed. -, p. 1-67, ISSN: 1678-6335, 2020. Disponível em: <<https://downloads.fipe.org.br/publicacoes/bif/bif475a.pdf#page=39>>. Acesso em 10 de março de 2024.

LEZOCHÉ, M., HERNANDEZ, J. E., DÍAZ, M. D. M. E. A., PANETTO, H., & KACPRZYK, J. **Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture**. *Computers in Industry*, 117, 103187, 2020.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. [Tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. São Paulo: UNESP, 2010.

MESSINA, G., & MODICA, G. **Applications of UAV thermal imagery in precision agriculture: State of the art and future research outlook**. *Remote Sensing*, 12(9), 1491, 2020.

MOLIN, José Paulo. **Tendências da Agricultura de Precisão no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004. Disponível em: <<http://www.ler.esalq.usp.br/download/TEC%202004.12.pdf>>. Acesso em 10 de abril de 2024.

MONTAGNA, T. B., & HAUSCHILDT, M. **Contexto histórico da agricultura de precisão no Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, p. 341-344. Curitiba: Editora, 2018.

MORETI, Mariana Piovezani et al. **Inteligência artificial no agronegócio e os desafios para a proteção da propriedade intelectual**. Cadernos de Prospecção, v. 14, n. 1, p. 60-60, 2021.

NIU, H., Hollenbeck, D., Zhao, T., Wang, D., & Chen, Y. (2020). **Evapotranspiration Estimation with Small UAVs in Precision Agriculture**. Sensors, 20(22), 6427.

NUNES, J. L. S. (2016). **Agricultura de Precisão**. Agrolink. Recuperado de <https://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/agricultura-de-precisao_361504.html> Acesso em 15 de fevereiro de 2024.

PANPATTE, Deepak G. **Artificial intelligence in agriculture: An emerging era of research**. Anand Agricultural University, p. 1-8, 2018.

PRADO, Henrique. **Precisão na Agricultura**. Revista Fonte, Belo Horizonte, v. 15, n. 20, p. 46-48, dez. 2018. Disponível em: <https://www.prodemge.gov.br/images/com_arismartbook/download/26/revista_20.pdf>. Acesso em 13 de maio de 2024.

PIRES, J. L. F., Cunha, G. R., Pasinato, A., França, S., & Rambo, L. (2004). **Discutindo agricultura de precisão – aspectos gerais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo.

PIX FORCE. **Tecnologia agrícola: a importância e principais inovações**. 2022. Disponível em: <<https://www.pixforce.com.br/post/tecnologia-agr%C3%ADcola-a-import%C3%A2ncia-e-principais-inova%C3%A7%C3%B5es>> Acesso em: 27 de abril de 2024

REHMAN, T. U.; SULTAN MAHMUD, M. D.; CHANG, Y. K.; JIN, J.; SHIN, J. **Current and future applications of statistical machine learning algorithms for**

agricultural machine vision systems, Computers and Electronics in Agriculture, v. 156, p. 585-605. 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.006>.

SABATO, J.A.; MACKENZIE, M. **Tecnologia e estrutura produtiva**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. (Publicações Especiais, n°10).

SHIRATSUCHI, L. S. et al. (2014). **Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão**. In Bernardi, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**, 21-33. Brasília, DF: Embrapa.

SOTT, M. K., Furstenau, L. B., Kipper, L. M., Giraldo, F. D., Lopez-Robles, J. R., Cobo, M. J., Zahid, A., Abbasi, Q. H., & Imran, M. A. (2020a). **Precision Techniques and Agriculture 4.0 Technologies to Promote Sustainability in the Coffee Sector: State of the Art, Challenges and Future Trends**. IEEE Access, 8, 149854–149867. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016325>.

SUNDMAEKER, Harald. et al. **Internet of Food and Farm 2020**. In: O. Vermesan, & P. Friess (Eds.), **Digitizing the Industry: Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds**. (Série River Publishers em comunicações; Vol. 49). River Publishers, 2016, p. 129-150. Disponível em: <http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Digitising_the_Industry_IoT_IERC_2016_Cluster_eBook_978-87-93379-82-4_P_Web.pdf#Page=154>. Acesso em 08 de abril de 2024.

TALAVIYA, T.; SHAH, D.; PATEL, N.; YAGNIK, H.; SHAH, M. **Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides**. **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 4, p. 58-73, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2020.04.002>.

TORKY, M., & Hassanein, A. E. (2020). **Integrating blockchain and the internet of things in precision agriculture: Analysis, opportunities, and challenges**. **Computers and Electronics in Agriculture**, 105476.

VASCONCELOS, Mariana. **A Era da Agricultura 4.0**. Revista Fonte, Belo Horizonte, v. 15, n. 20, p. 85-89, dez. 2018. Disponível em: https://www.prodemge.gov.br/images/com_arismartbook/download/26/revista_20.pdf.

VILLAFUERTE, Andrés. Agricultura 4.0: **Estudo de Inovação Disruptiva no Agronegócio Brasileiro**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGICAL INNOVATION, 9., 2018, Aracaju. Anais eletrônicos [...]. Aracaju: API/UFS, p. 150-162, 2018. D.O.I.: 10.7198/S2318-3403201800010018. Disponível em: <http://www.api.org.br/conferences/index.php/ISTI2018/ISTI2018/paper/download/567/276>. Acesso em: 09 de abril de 2024.

YANG, H.; LIUSHENG, W.; HONGLI JUNMIN, X. **Wireless Sensor Networks for Intensive Irrigated Agriculture, Consumer Communications and Networking Conference**, 2007. CCNC 2007. 4th IEEE, p. 197-201. Las Vegas, Nevada. Jan. 2007.