

Artigo

Os avanços tecnológicos da agricultura no Brasil e os desafios para implementação na região semiárida

Technological advances in agriculture in Brazil and the challenges for implementation in the semi-arid region

Thales Pereira Gomes Lopes¹ & Jussara Silva Dantas² Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira² & Patrícia Carneiro Souto³

¹Mestrando em Gestão e Sistemas Agroindustriais-Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba. E-mail: thalespb1989@gmail.com;

²Professora do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais-Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba. E-mail: jussarasd@yahoo.com.br e virginia.fatima@professor.ufcg.edu.br;

³Professora da Universidade Federal de Campina Grande, campus Patos, Paraíba. E-mail: pcarneirosouto@yahoo.com.br.

Submetido em: 02/03/2025, revisado em: 10/03/2025 e aceito para publicação em: 28 /05/2025.



Resumo : Os constantes avanços tecnológicos afetam diretamente a produtividade na agricultura, e com o crescimento populacional que demanda de maior consumo de alimentos, já que o uso da tecnologia possibilita solucionar diversos problemas como: uma maior eficiência no campo, redução dos desperdícios de recursos hídricos e de energia, redução de resíduos, entre outros. Os principais pilares desses avanços são a Internet das Coisas (IOT), Inteligência Artificial (IA), Big Data e Blockchain. Por outro lado, tem-se a região do semiárido, com diversas peculiaridades, como atividades de subsistência, falta de conhecimento técnico e de pessoal capacitado na área, a falta de recursos e de assistência necessários para implementar essas tecnologias, dificultando os avanços. O objetivo deste trabalho pretende analisar os avanços tecnológicos na agricultura brasileira e investigar as dificuldades de implementação dessas tecnologias no semiárido, visando contribuir para o desenvolvimento sustentável do setor agrícola da região. Já a metodologia empregada será do tipo de uma revisão sistemática. Foi realizada busca nas seguintes bases de dados: Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS); no diretório de revista Scielo e no portal Periódico CAPES, no google acadêmico e em livros e revistas científicas, realizada entre os meses de fevereiro e março de 2025.

Palavras-chave: Eficiência no Campo. Internet das Coisas. Inovação Tecnológica.

Abstract: Constant technological advances directly affect productivity in agriculture, and with population growth that demands greater food consumption, since the use of technology makes it possible to solve several problems such as: greater efficiency in the field, reduction of water and energy waste, reduction of waste, among others. The main pillars of these advances are the Internet of Things (IOT), Artificial Intelligence (AI), Big Data and Blockchain. On the other hand, there is the semiarid region, with several peculiarities, such as subsistence activities, lack of technical knowledge and trained personnel in the area, the lack of resources and assistance necessary to implement these technologies, hindering advances. The objective of this work intends to analyze technological advances in Brazilian agriculture and investigate the difficulties of implementing these technologies in the semiarid region, aiming to contribute to the sustainable development of the agricultural sector in the region. The methodology used will be of the systematic review type. A search was carried out in the following databases: Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS); in the Scielo journal directory and in the CAPES Periodical portal, in Google Scholar and in scientific books and journals, carried out between February and March 2025.

Keywords: Efficiency in the Field. Internet of Things. Livelihood Activity.

1 INTRODUÇÃO

No contexto atual de crescimento populacional e da necessidade de melhoramento do sistema de produção de alimentos, surge a necessidade de se adequar aos avanços tecnológicos na agricultura, e essa implementação depara com novos desafios em regiões de clima semiárido, no Brasil.

Segundo Russo & Cirella (2019) devido ao aumento da urbanização, da degradação ambiental e do crescimento populacional, e das mudanças do sistema de alimentação, surge a necessidade de um novo conceito que venha compensar essas mudanças. Ele afirma que a agricultura 5.0, que é considerada a quinta revolução alimentar, poderá alimentar até 10

bilhões de pessoas, e surge como uma alternativa pra resolver a problemática em questão.

A agricultura, como um dos pilares fundamentais da economia brasileira, tem experimentado uma evolução notável ao longo dos anos, impulsionada por uma série de avanços tecnológicos que revolucionaram os processos de produção, gestão e sustentabilidade no campo. Desde os primórdios da civilização até os dias atuais, a história da agricultura é marcada por momentos de transformação e inovação, muitos dos quais estão intimamente ligados às revoluções industriais que moldaram o curso da história moderna.

A primeira revolução industrial, a qual teve início no final do século XVIII, na Inglaterra, marcou o surgimento de máquinas a vapor, da mecanização da agricultura e o início da era da produção em massa. Essas inovações proporcionaram um aumento significativo na produtividade agrícola e transformaram radicalmente a forma como os alimentos eram produzidos, processados e distribuídos. No Brasil, os impactos dessa revolução foram sentidos principalmente no contexto da produção de café, que se tornou um dos principais produtos de exportação do país.

A segunda revolução industrial, que teve início nos séculos XIX e XX, trouxe avanços ainda mais significativos para a agricultura, incluindo a introdução de máquinas agrícolas movidas a combustíveis fósseis, como tratores e colheitadeiras, e o desenvolvimento de técnicas de produção em larga escala. Essas inovações permitiram uma produção agrícola mais eficiente e intensiva, impulsionando o crescimento da agricultura comercial e a expansão das áreas cultivadas em todo o mundo.

No século XXI, estamos testemunhando uma nova revolução na agricultura, impulsionada pela tecnologia digital, conhecida como Agricultura 4.0 ou Agricultura de Precisão. Esta revolução está sendo alimentada por avanços em áreas como sensoriamento remoto, Internet das Coisas (IoT), análise de dados, inteligência artificial e automação. Essas tecnologias estão sendo aplicadas em todas as etapas da cadeia produtiva, desde o planejamento e o monitoramento das lavouras até a comercialização e a distribuição dos produtos agrícolas.

Quando se adota uma tecnologia no setor primário, busca-se inserir a era tecnológica no setor primário, isto é, uma adaptação da realidade à 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).

Além disso, emerge agora a Agricultura 5.0, uma extensão do conceito de Agricultura de Precisão que busca integrar ainda mais tecnologias emergentes e abordagens inovadoras para melhorar a eficiência, a sustentabilidade e a produtividade na agricultura. Esta nova abordagem holística e multidisciplinar considera não apenas aspectos técnicos, mas também sociais, ambientais e econômicos, promovendo práticas agrícolas sustentáveis e colaborativas.

No Brasil, um dos principais players globais no setor agrícola, os avanços tecnológicos têm desempenhado um papel crucial no aumento da produtividade e da competitividade do agronegócio. O país tem se destacado na adoção de práticas inovadoras, como o uso de drones para mapeamento de áreas cultivadas, sistemas de irrigação inteligente e agricultura de precisão. Essas tecnologias têm contribuído para impulsionar a produção agrícola e enfrentar os desafios crescentes relacionados à segurança alimentar, mudanças climáticas e sustentabilidade ambiental.

No entanto, apesar dos avanços impressionantes observados em várias regiões do país, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos em áreas de clima semiárido, como o sertão Paraibano. Caracterizado por condições climáticas adversas, solos áridos e escassez de recursos hídricos, o sertão apresenta um contexto único e desafiador para a agricultura. Nesse contexto, os avanços tecnológicos que têm impulsionado a agricultura brasileira encontram barreiras complexas para sua adoção e efetiva implementação.

Esta pesquisa tem como objetivo investigar os avanços tecnológicos da agricultura no Brasil e as dificuldades enfrentadas na implementação dessas tecnologias no semiárido brasileiro. Ao analisar esses aspectos, buscamos compreender os principais obstáculos que limitam a adoção de tecnologias agrícolas no contexto específico do sertão, bem como identificar estratégias e soluções potenciais para superar essas barreiras e promover o desenvolvimento sustentável da agricultura na região.

3. METODOLOGIA

Quanto a metodologia empregada, será do tipo de uma revisão sistemática, pois permite uma visão geral de determinada situação, mesmo quando houver discordância dos meios para se chegar aos resultados.

Para a realização desta pesquisa bibliográfica, seguiu-se a seguinte metodologia: uma busca em livros, artigos, revistas científicas.

Foi realizada busca nas seguintes bases de dados: Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS); no diretório de revista Scielo e no portal Periódico CAPES, no google acadêmico e em livros e revistas científicas. A coleta de dados foi realizada entre os meses de janeiro e abril de 2025 e fez parte de mais uma fase da pesquisa. Para a coleta de dados foram usados os seguintes descritores em Português, espanhol e inglês: inovações tecnológicas, agricultura e tecnologias alternativas. Foram criadas 3 chaves de busca, para conferir maior abrangência do conteúdo pesquisado, conectados pelos operadores booleanos “AND” e “OR”.

De acordo com o pensamento de Lozada (2018), o papel da metodologia é apresentar um auxílio na escolha e na concretização da pesquisa, sobretudo por apresentar uma reflexão sobre as inovações tecnológicas na agricultura brasileira, de forma que, é visível as contribuições para o meio ambiente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Avanços Tecnológicos na agricultura no Brasil

Ao discorrer sobre as tendências inovadoras na agricultura, por meio da tenologia, Bolfe e Massruhá (2020) destacam a urgência da transformação digital nas propriedades rurais, não se limitando apenas como opção, mas apontando uma realidade a ser seguida, sobretudo para tornar a agricultura mais competitiva e assim, agregar valor, advindos das inovações, cuja tendência é melhorar a interação entre os elos das cadeias produtivas agrícolas.

Um outro mecanismo de inovação tecnológica na agricultura é a utilização de drones, por permitir um acesso eficiente, seja na irrigação, seja na pulverização, seja no monitoramento de insetos e plantas nocivas. Desta forma, para Andrade (2016), ao fazer uso do drone, tem-se a localização de falhas e a precisão exata onde deve acontecer a intervenção, sobretudo porque este monitoramento auxilia na redução significativa das falhas, prevenindo que o crescimento das plantas e a produção sejam prejudicados.

Para Giraldeli (2019), a importância do uso dos drones na produção perpassa a simples identificação das falhas no plantio, chegando a detecção de infestações de plantas, por ervas daninhas, por pragas e doenças, e também é capaz de gerenciar a irrigação e indicar localidades de desmatamento, focos de incêndios, rios e nascentes com assoreamento e até mesmo, monitorar a quantidade de água utilizada nas plantas. Deste modo, o acompanhamento via drone é realizado com a utilização de sensores infravermelhos, com detecção individual de cada planta.

Dentro dessas inovações tecnológicas, tem a inteligência artificial (IA), cuja capacidade é apresentada por meio 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 interação IA e agricultura passa pelo processo de aprendizado do conhecimento das máquinas e a alimentação dos sistemas disponibilizados para que sejam inseridas no contexto em questão, ao permitir a execução de tarefas específicas e a solutividade de problemas definidos, conforme discorrem Jha *et al.* (2019).

Nesta perspectiva, pode-se ainda fazer a inserção da Internet das Coisas (IoT), na agricultura, como sendo uma ferramenta potente para gerenciar todos os níveis da cadeia alimentar.

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).

O resultado da aplicação da IoT é a permissão de inspecionar e monitorar a produção, realizar a análise e avaliação de crescimento das colheitas, fazer a supervisão do desempenho dos sistemas e criar ações preventivas no controle de pragas.

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).

Os benefícios da aplicação da IoT na agricultura vão desde o monitoramento da qualidade do solo, até a consolidação das informações e criação de estratégias para o plantio e melhoramento das práticas agrícolas.

Deste modo, o pensamento de Silva; Demo (2020) é direcionado para a questão da revolução industrial no agronegócio, especialmente no aspecto de que, após os avanços da Revolução 4.0 na agricultura, teve um impacto positivo em diferentes aspectos. A indústria tem sido capaz de melhorar e aperfeiçoar seus processos e desenvolvimento graças às lições que foram apresentadas pela implementação de novas ferramentas e conhecimentos.

No percurso histórico da agricultura, que vai desde a tração animal, para a realização das atividades no campo, denominada de Agricultura 1.0, passando pela substituição desses animais por motores movidos a combustão, chegando à Agricultura 2.0, e, introduzindo o Sistema de Posicionamento Global (GPS, com a Agricultura 3.0, até os dias atuais, com a Agricultura 4.0, utilizando integração, conectividade e automação, sobretudo pelo uso de máquinas avançadas, de veículos não tripulados, de robôs e até mesmo, animais equipados com sensores (Esperidião *et al.*, 2019).

2.1.1 Agricultura 1.0

As origens da agricultura no Brasil remontam aos povos indígenas que habitavam o território antes da chegada dos colonizadores europeus. Esses povos praticavam uma agricultura de subsistência, cultivando uma variedade de culturas nativas. Com a chegada dos colonizadores europeus no século XVI, a agricultura no Brasil passou por significativas transformações. Os colonizadores introduziram novas plantas e animais trazidos da Europa, África e Ásia, como o trigo, a cana-de-açúcar, o gado bovino e suíno. Eles também estabeleceram as primeiras fazendas e engenhos de açúcar, promovendo a monocultura e o sistema de plantation.

Durante a Agricultura 1.0 no Brasil, as tecnologias agrícolas eram rudimentares e baseadas em métodos

tradicionais. Os povos indígenas e colonizadores utilizavam ferramentas simples, como a enxada, a foice e o arado de madeira, para preparar o solo, semear e colher. Eles também faziam uso de técnicas de irrigação rudimentares, como a construção de canais de água e barragens de terra.

2.1.2 Agricultura 2.0

A partir da década de 50, houve uma ampla adoção de tecnologias mecânicas que revolucionaram o trabalho agrícola. Isso incluiu a introdução de máquinas como tratores, colheitadeiras, semeadoras mecânicas, pulverizadores e implementos agrícolas.

A Agricultura 2.0 teve um impacto significativo no desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Ela contribuiu para o aumento da produção agrícola, o crescimento da economia rural e a geração de empregos no campo. Além disso, a modernização do setor agrícola permitiu a diversificação da produção e a integração do Brasil nos mercados globais de alimentos.

2.1.3 Agricultura 3.0

Com os avanços tecnológicos a partir de 1990, e acompanhada da Revolução Industrial 3.0, temos o surgimento da Agricultura 3.0. Essa nova era é marcada com o surgimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no setor agrícola. Temos como principais destaque para a agricultura 3.0 no Brasil a introdução de ferramentas de coleta de dados, para ajudar os agricultores na tomada de decisão, o uso do GPS, sensores, e imagens de satélites, e o surgimento da agricultura de Precisão.

2.1.4 Agricultura 4.0

Com o Surgimento da Quarta Revolução Industrial, a partir do ano de 2011, tem-se o surgimento da Agricultura 4.0. que é marcada por fatores ligados à integração de tecnologias digitais avançadas. No Brasil, tem-se uma rápida adoção de tecnologias avançadas que revolucionaram a forma como as atividades agrícolas são planejadas, executadas e monitoradas.

Entre outros, os argumentos sobre os quais há mais ênfase é colocado quando se fala sobre os benefícios da agricultura 4.0, que são os seguintes, de acordo com Pompeu; Careta (2020): a) aumento da produtividade; b) alocação razoável de recursos; c) adaptação às mudanças climáticas; d) redução do desperdício de alimentos.

Isso incluiu a implementação de sensores IoT em máquinas agrícolas e equipamentos, sistemas de monitoramento remoto de lavouras por meio de drones e satélites, análise de big data para tomada de decisões baseada em dados e o uso de algoritmos de IA para otimização de processos agrícolas.

2.1.5 Agricultura 5.0

A agricultura 5.0 é caracterizada como a Quinta Revolução do setor agrícola, é a mais recente e iniciou a partir de 2022. Ela é caracterizada pela integração das tecnologias já existentes, principalmente da Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA), com o objetivo de aumentar os ganhos de produtividade, sustentabilidade e lucratividade. As principais inovações da Agricultura 5.0 são máquinas de Semeadura e Colheitadeira, nas quais essas máquinas realizam todas as suas atividades de campo sozinhas, sem intervenção humana, a realização de Pulverização feita por drones, e a Análise de fertilidade e de solo, através do uso de Inteligência Artificial.

Nas palavras de Rodrigues (2023), os objetivos da agricultura 5.0 vão desde o fomento ao uso de tecnologias inovadoras até a inserção de inteligência artificial e robótica no seu cotidiano, baseando-se em dados adquiridos por meio dos recursos tecnológicos.

A agricultura exige inovação tecnológica para assumir seu protagonismo na cadeia produtiva, no setor primário. Assim, o uso de drones, de inteligência artificial e de Internet das Coisas é uma alternativa viável, por apresentar um monitoramento coerente e uma agricultura mais sustentável, coraborando para o enfrentamento dos desafios atuais que são impostos à agricultura, principalmente na região nordeste, tão carente de inovação tecnológica.

O sistema de irrigação inteligente baseia-se em princípios de automação e sensoriamento para otimizar o uso da água na irrigação de plantas. Utilizando um sensor de umidade, é possível monitorar os níveis de água no solo em tempo real.

2.2 Tecnologias Alternativas para a agricultura do Nordeste brasileiro

2.2.1 Sistema fotovoltaico de energia

Ao levar em consideração as demandas por alimento diário em regiões com escassez de água constante, o avanço da modernização da agricultura é uma realidade urgente, sendo uma solução a implantação de soluções tecnológicas com exigência de automação, anexada a utilização de fontes renováveis de energia para captação de água das fontes e barateio da produção (Garcia; Vilpoux; Cereda, 2018).

Assim, por meio da utilização da energia solar fotovoltaica como fonte de energia elétrica em sistema de bombeamento de água, tem se tornado cada vez mais frequente, especialmente para aplicações de irrigação. Desta forma, para Sontake; Kalamkar (2019), sabe-se que os sistemas de bombeamento solar tem se mostrado como uma boa alternativa às bombas d'água movidas a grupos motor-gerador diesel ou alimentadas pela rede elétrica convencional, minimizando custos e criando um ambiente mais limpo, sobretudo por ser o Nordeste uma região com disponibilidade de sol quase

todos os dias do ano.

A utilização do sistema de bombeamento de água através da irrigação, com uso de módulos fotovoltaicos tem a dinâmica da água ser captada de um poço ou mesmo de uma fonte de água superficial e lançada por bomba hidráulica no seu destino final. Neste caso, a vantagem reside no fato de que a planta está necessitando de maior atenção por parte de água no mesmo instante que a radiação solar está mais forte, e, neste mesmo momento, o fornecimento de radiação para alimentar o sistema também está em maior intensidade (OLCAN, 2015).

2.2.2 Sistema de Irrigação por Gotejamento Inteligente

Para que o sistema tenha eficiência, analisam-se fatores como pressão, vazão e lâminas de água que são aplicadas. Assim, este sistema é conhecido como de alta eficiência, sobretudo pela redução de perda de água, e utilização de um sistema de uniformidade que está relacionada à engenharia hidráulica do sistema e, principalmente, os parâmetros da eficiência do sistema na qual envolve aspectos agrônômicos da cultura (Alves *et al.*, 2020).

Almeida *et al.*, (2017) apresenta como importante o processo de avaliação dos sistemas de irrigação por gotejamento, com aspectos como vazão, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação de água, nos quais são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema.

De acordo com estudos de Rodrigues *et al.*, (2013), neste método tem um menor consumo de energia e também de uso de água, bem como, número reduzido de mão-de-obra, para o manejo do sistema. Também é necessário que se tenham sistemas de filtragem para seu correto funcionamento podendo apresentar valores de eficiência de uniformidade de aplicação de água da ordem de 85 a 95%, vislumbrando a necessidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação localizada que é influenciada pela alteração de pressão ao longo das tubulações, devido ao entupimento dos emissores.

É uma realidade visível de todos os benefícios ambientais, advindos do progresso a partir da utilização do sistema de irrigação inteligente, especialmente em apresentar a redução do desperdício de água, isso porque, quando se faz o monitoramento de níveis como umidade do solo e ajuste dos fatores da irrigação de acordo com as necessidades das plantas, esse sistema evita o uso excessivo de água, que é um recurso cada vez mais escasso em muitas regiões do mundo. Isso não apenas reduz os custos para os agricultores, mas também preserva os recursos hídricos para as gerações futuras (Pinto, 2024).

Desta forma, mediante a implantação do sistema de irrigação inteligente, tem-se a contribuição para que aconteça a preservação dos recursos hídricos ao minimizar a contaminação do solo e das águas subterrâneas por produtos químicos utilizados na irrigação convencional. As vantagens estão presentes por fazer o uso correto da quantidade certa de água na hora certa, esse sistema reduz a lixiviação de nutrientes e agroquímicos para o solo, protegendo assim a qualidade da água e o ecossistema local (COMAS, 2018).

2.2.3 Agricultura de Precisão (AP)

Por agricultura de precisão compreende-se as técnicas que permitem a realização de localização dos cultivos, através da busca de melhor rendimento, por meio do uso de um processo de gerenciamento, cujos resultados são a análise das características químicas e físicas do solo, para um controle mais eficiente de pragas e manuseio de máquinas agrícolas.

Para que se realizem inovações por meio da AP, maximizam-se a inserção de ferramentas e junção de novas tecnologias que são disponibilizadas no mercado, dentre estas, uso de tratores, adubadores, pulverizadores, por meio de controles remotos e até mesmo, de software, conforme apresentam Oliveira *et al.*, (2020).

Para Campo (2020), o campo tem hoje à sua disposição Sistemas de Posicionamento Global (GPS), Sistemas de Informações Geográficas (SIG), e drones, dentre tantas outras tecnologias rurais inovadoras, que permitem realizar uma captura de imagem de alta resolução, aplicação de defensivos agrícolas de forma mais segura e mapeamento da lavoura.

Neste sentido, falar de AP é discorrer sobre a disposição ao agricultor de tecnologias eficientes, tais como os veículos aéreos não tripulados (VANTs), conhecido popularmente como drone, cuja eficiência e baixo custo permitem uma otimização na produção agrícola (Oliveira *et al.* 2020).

Nesta perspectiva, a AP sempre usará o drone por ser uma tecnologia eficiente e barata, cujos resultados são satisfatórios para qualquer cultura e diversas finalidades. Estudos desenvolvidos por Cavalcante *et al.*, (2020) apresentam que, por meio do uso do drone na agricultura, tem-se uma flexibilização e custo baixo quando se trata de captação de dados para tomada de decisão de maneira eficiente no cultivo e manuseio do solo.

É apresentado por Gonçalves e Cavichioli (2021) as vantagens da utilização e implantação dos drones na agricultura, resultando em redução do tempo de monitoramento da área cultivada, mapeamento de áreas de difícil acesso, descobrimento de adversidades na plantação, sobretudo das pragas, e das doenças na plantação, importância de conhecer a medição da concentração de água e nutrientes no solo, custo reduzido e imagens de alta qualidade.

Ainda sobre a Agricultura de Precisão, sabe-se ser esta uma eficaz ferramenta que resulta em contribuições significativas para o produtor rural, mesmo que, em alguns casos, torna-se algo caro o custo, mas que os resultados satisfatórios, por permitir o contato com o solo de forma menos agressiva ao meio ambiente por seus insumos serem aplicados de forma mais precisa.

2.2.4 AgriTech

Com a implantação da IoT na agricultura, surge uma inovação tecnológica que é a utilização de sistema eficiente de inovar, contribuindo para a modificação do ambiente de trabalho no campo, buscando startups, inserindo a tecnologia da informação na busca de melhoramento dos fatores ambiental e social. Deste forma, o AgriTech nada mais é do que

uma perspectiva voltada para a solução dos problemas do cotidiano na agricultura.

Para Babenko *et al.*, (2022), utiliza-se do AgriTech nas operações agrícolas para o desenvolvimento da agricultura inteligente, por ser uma inteligência artificial eficiente, recorrendo ao suporte de dispositivos móveis, redes de comunicação, drones, robótica e inteligência artificial para aprimorar a gestão no campo. Essas tecnologias representam uma oportunidade significativa para impulsionar os processos de negócios na agricultura e aumentar sua eficiência.

2.3 Potenciais barreiras para inovação tecnológica na agricultura

A implantação de inovação tecnológica na agricultura, esbarra-se em barreiras e deficiências para sua inserção no contexto da era digital, especialmente por 3 fatores distintos: Tecnológico, Econômico e Político.

No aspecto tecnológico, destacam-se fatores como problemas operacionais, técnicos e de manutenção de equipamentos, alinhados às dificuldades de compra de equipamentos e máquinas na própria região, e ainda a falta de uso de máquinas modernas nas suas lavouras, conforme apresentam Haberli Junior *et al.*, (2019).

Neste sentido, Araújo (2023) apresenta que, o desenvolvimento tecnológico é um fator que dificulta a inserção de novas práticas na agricultura, por esta própria tecnologia ser desenvolvida em outros países, dificultando o acesso do agricultor a essas novidades, especialmente devido as ausências de ações governamentais para o incentivo.

Ainda existe falta de conectividade no campo, internet lenta e até ausência dela, infraestrutura para oferta de 4 G (internet), ou até mesmo, conforme apresentado por Mistry *et al.*, (2020), as deficiências estruturais que são apresentadas em razão de um alto número de dispositivos conectados a uma mesma rede, causando lentidão no sistema de comunicação.

Outro que chama a atenção, compreendido com barreira, é o fator econômico, em consequência do elevado custo para aquisição de equipamentos e conectividade às novas tecnologias.

Para algumas empresas o alto custo de investimento tornou-se uma potencial barreira para inovação tecnológica. Contudo, a influência da legislação reguladora, dos agentes externos como associações, órgãos do setor, políticas públicas, podem amenizar esse impacto contribuindo para que as empresas tenham acesso a tecnologia e superem os desafios financeiros (Vieira, 2023, p. 12).

Neste sentido, já evidencia o fator econômico em sendo uma grande dificuldade para a implantação de novas tecnologias na agricultura nordestina, especialmente para o pequenos agricultores, que dispõem de pouco recurso financeiro para investimento.

No pensamento de Pivoto *et al.*, (2019), é preciso construir soluções para que se insira um ritmo de desenvolvimento da nova agricultura intensiva, buscando alternativas para que se tenha a superação dos desafios de tornar as soluções acessíveis a todos os tipos de produtores rurais, de modo que não haja custos elevados, expressando também uma necessidade de conectividade com baixo custo nas fazendas, advindos da problemática de que, ao solucionar os desafios, é preciso encontrar alternativas viáveis para que a tomada de decisão agrícola acarrete em tecnologias da agricultura.

Por fim e não menos importante, é a deficiência política, já evidente na falta de investimentos e incentivos para esta região em desenvolver a agricultura e não se justifica a ausência de chuvas, pois o que se tem é falta de políticas hídricas para acúmulo das águas pluviais, tipo construção de barragens e açudes. Neste sentido, Vieira Filho (2014) leciona sobre a importância da criação de políticas públicas que possam, além de incentivar a geração de tecnologias, integrar conhecimentos, gerar insumos tecnológicos mais baratos e acessíveis, prover maior infraestrutura rural e condições para a distribuição dos produtos, qualificar os agricultores e operadores das máquinas e fortalecer a cadeia produtiva.

Para que a agricultura 4.0 tenha seu protagonismo na região Nordeste, é necessário que se tenha uma governança adaptativa entre os detentores das tecnologias e o produtores (compradores em potencial), com princípios comuns, para facilitar e estimular o desenvolvimento de tecnologias agrícolas, com a metodologia de maior investimento em capacitação, incentivo financeiro para a aquisição de máquinas e tecnologias adaptativas para o caso nordestino, em superação das barreiras e dificuldades que são próprias para esta região, sejam pela cultura, economia, situação econômica, tradicionalismo e medo das novas tecnologias, já vigentes e com as benfeitorias em outras regiões inóspidas, conforme apresentam Zambon *et al.*, (2019).

Portanto, em conformidade com o pensamento de Denver (2019), é primordial compreender sobre as potenciais barreiras e seus aspectos geradores, principalmente os fatores externos e o contexto interno que o agricultor está inserido, não obstante a certeza das superações de tais deficiências resulta em ganhos significativos e aumento da produção e melhoramento do solo e maior contribuição para o meio ambiente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de uma agricultura inovadora, capaz de superar barreiras e desafios é uma tendência mundial, sobretudo pela utilização de novas tecnologias, seja na irrigação, no uso de máquinas e equipamentos, na inserção da Tecnologia das Coisas, por meio da automação eficiente.

Assim, é importante apresentar através do levantamento bibliográfico as contribuições da integração que as tecnologias de sensoriamento, de automação, de monitoramento, de mapeamento e de promoção do cultivo sustentável são essenciais para o melhor aproveitamento do solo e aumento de ganhos dos produtores, principalmente nas regiões semiáridas.

Desta forma, com precisão, foram apresentados os aspectos das inovações tecnológicas, especificando a utilização da inteligência artificial (IA), cuja capacidade é apresentada por meio 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, e evidenciando que, o uso da IA e agricultura passa pelo processo de aprendizado do conhecimento das máquinas e a alimentação dos sistemas disponibilizados para que sejam inseridas no contexto em questão, ao permitir a execução de tarefas específicas e a solutividade de problemas definidos.

Outra constatação sobre os benefícios das inovações tecnológicas na agricultura passa pela utilização do sistema de bombeamento de água através da irrigação, com uso de módulos fotovoltaicos a qual tem a dinâmica da água ser captada de um poço ou mesmo de uma fonte de água superficial e lançada por bomba hidráulica no seu destino final.

Desta forma, mediante a implantação do sistema de irrigação inteligente, tem-se a contribuição para que aconteça a preservação dos recursos hídricos ao minimizar a contaminação do solo e das águas subterrâneas por produtos químicos utilizados na irrigação convencional.

Ainda se destacou os desafios da implantação de inovação tecnológica na agricultura em regiões semiáridas, e que essa se esbarra em barreiras e deficiências para sua inserção no contexto da era digital, que são fatores Tecnológico, Econômico e Político.

Ao concluir este trabalho, argumenta-se sobre o fato da importância dos avanços das tecnologias presentes no manuseio de práticas agrícolas, tornando-se assim, indispensável para a sua prática cotidiana. Desta forma, mesmo com todos os desafios na produção, ao fazer uma aplicação eficiente de insumos e o uso de tecnologias modernas permitem identificar áreas com maior produtividade, resultando em maior eficácia na produção agrícola.

REFERÊNCIAS

ALVES, D. K. M., TEIXEIRA, M. B., CUNHA, F. N., FILHO, F. R. C., SOARES, J. A. B. & Gomes, L. F. Grau de entupimento em um sistema de irrigação localizada submetido a diferentes tempos de funcionamento. *Research, Society and Development*, 2020, 9(8), 1-25.

ARAÚJO, M.J. Fundamentos de Agronegócios. São Paulo. Atlas, 2023.

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 Bolfe e Massruhá (2020). Acesso em: 14 nov. 2024.

BABENKO, V., et al. Agritech startup ecosystem in Ukraine: ideas and realization. In *Digital Transformation Technology*. Springer, Singapore, 2022. 311-322. Doi: https://doi.org/10.1007/978-981-16-2275-5_19

BATINGA, Georgiana Luna et al. AMBIGUIDADES DA INDÚSTRIA 4.0. Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), v. 5, n. 1, 2021.

CAVALCANTE, W. S. S; et al. Tecnologias e inovações no uso de drones na agricultura /Technologies and innovations in the use of... ResearchGate. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/358366784_Tecnologias_e_inovacoes_no_uso_de_drones_na_agricultura_Technologies_and_innovations_in_the_use_of_drones_in_agriculture>. Acesso em: 16 nov. 2024.

CAMPO, P. do. Agricultura de precisão. Inovações do campo. Piracicaba. 2020. Disponível na Internet. http://www1.portaldocampo.com.br/inovacoes/agric_precisao.htm. Acesso em: 16 nov. 2024.

COMAS, C. C. Agricultura é uma aliada no uso e conservação d'água. 31 out. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/38956116/agricultura-e-uma-aliada-no-uso-e-conservacao-dagua>. Acesso em: 2 jun. 2024.

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.

GARCIA, M. DA S.; VILPOUX, O. F.; CEREDA, M. P. Distributed electricity generation from sugarcane for agricultural irrigation: A case study from the midwest region of Brazil. *Utilities Policy*, v. 50, p. 207–210, 2018.

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

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.aiia.2019.05.004>.

KAPLAN, A.; HAENLEIN, M. 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: 14 nov. 2024.

LOZADA, G. *Metodologia Científica*. São Paulo: Sagah Educação, 2018. 1-238 p

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.

OLCAN, C. Multi-objective analytical model for optimal sizing of stand-alone photovoltaic water pumping systems. *Energy Conversion and Management*, v. 100, p. 358–369, 2015.

OLIVEIRA, A. J.; *et al.* Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão / drones potentiality use in precision agriculture. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 64140–64149, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/15976>. Acesso em: 16 nov. 2024.

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

PINTO, G. Irrigação inteligente: máxima precisão no consumo de água. 2024. Disponível em: <https://v2com.com/2024/03/15/irrigacao-inteligente/>. Acesso em: 2 jun. 2024.

PIVOTO, D., BARHAM, B., WAQUIL, P.D., FOGUESATTO, C.R., ZHANG, D., TALAMINI, E. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*. 2019, 22. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2018.0086>

POMPEU, E. F.; CARETA, C. B. Industry 4.0 and Agribusiness: Survey of Applications in “Vale do Piracicaba” Indústria 4.0 e Agronegócio: Levantamento das Aplicações no “Vale do Piracicaba”. In: 17th CONTECSI-International Conference on Information Systems and Technology Management Virtual. 2020.

RODRIGUES, A. P. A importância do agronegócio nos Estados Unidos na promoção da segurança alimentar. *Agronomia*, São Paulo, v. 03, p. 53-75, jan. 2023. ISSN: 2448-0959. DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/agronomia/importancia-do-agronegocio. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/agronomia/importanciado-agronegocio>. Acesso em: 8 jun. 2024.

ROSSI, C.; ADAGUINARIO, L.; TONIAL, Graciele. *COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DOS COLABORADORES DA INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR DO AGRONEGÓCIO*. Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão, p. e28668-e28668, 2021.

SILVA, Renan Antônio; DEMO, Pedro. Educação 4.0 para a indústria 4.0: protagonismo do avanço social no cenário introduzido pela sociedade da informação. *Revista de Estudos Interdisciplinares-CEEINTER*, v. 2, p. 1-14, 2020.

SONTAKE, V. C.; KALAMKAR, V. R. Solar photovoltaic water pumping system - A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 59, p. 1038– 1067, 2019.

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>.

VIEIRA, Danilo Alexandre Francisco. Potenciais barreiras para inovação tecnológica no agronegócio: um estudo de dois casos no setor sucroenergético. *Revista Foco*, Curitiba (PR), v.16.n.10, p.01-20 |2023.

VIEIRA FILHO, J. E. Transformação histórica e padrões tecnológicos da agricultura brasileira. In: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M.; NAVARRO, Z. *O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola*. Brasília: Embrapa, 2014, p. 395-421.

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.

ZAMBON, I., CECCHINI, M., EGIDI, G., SAPORITO, M.G., COLANTONI, A. Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs. Processes. 2019. <https://doi.org/10.3390/pr7010036>.