

CAPÍTULO 1

AGRICULTURA 4.0 – INOVAÇÃO, CONCEITO E APLICAÇÕES

Data de aceite: 01/09/2023

Leonardo França da Silva

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez

Universidade Federal Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-0941-8051>

Victor Crespo de Oliveira

Universidade Estadual Paulista – UNESP
Botucatu – São Paulo (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2719-9972>

Ana Carolina Chaves Dourado

Universidade Federal de Viçosa-
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-1106-1349>

Érika Manuela Gonçalves Lopes

Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-7518-8955>

Rodrigo Sebastião Machado de Freitas

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0009-0005-0503-1505>

Isabely Cristina Lourenço dos Santos

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-6937-6810>

Laura Thebit de Almeida

Instituto Federal de Minas Gerais
Januária - Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-4501-134X>

Matheus Mendes Reis

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
(IFNMG)
Januária - Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2100-2438>

Fabiane de Fátima Maciel

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-7117-6965>

Irene Menegali

Universidade Federal de Minas Gerais
Montes Claros – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0001-5323-4693>

Ariadna Faria Vieira

Universidade Estadual do Piauí
Uruçuí- Piauí (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-1185-4269>

RESUMO: Os avanços tecnológicos advindos do mundo globalizado têm provocado mudanças na agricultura. A chamada agricultura 4.0 está fortemente relacionada às inovações tecnológicas que aparecem com o objetivo de aumentar a autonomia, produtividade e sustentabilidade dos negócios rurais. Através de ferramentas diversas e com o auxílio de tecnologias já difundidas em outros setores, como: Big Data, IoT, Inteligência Artificial, Sensores a agricultura 4.0 vem ganhando espaço no cenário Brasileiro e Mundial . O presente trabalho tem como objetivo abordar o fenômeno da agricultura 4.0 no Brasil e Mundo, buscando entender o seu início, composição, aplicações e viabilidade prática no desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável, produtiva e segura a partir de revisão de literatura. A literatura aponta muitos avanços e desafios envolvendo o tema, principalmente aqueles relacionados a custos, acessibilidade e confiança nas tecnologias, mas abre espaço para o desenvolvimento de empresas e tecnologias para o setor.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologia, agricultura digital, agricultura de precisão.

ABSTRACT: Technological advances from the globalized world have caused changes in agriculture. The last call agricultural.0 is advanced to the technological innovations of generation4, which appear with the objective of increasing autonomy, productivity and rural businesses. Through different tools and with the help of technologies already widespread in other sectors, it comes as: Big Data, IoT, Artificial space, Sensors agriculture 4.0 comes with intelligence in the Brazilian and World scenario. The objective is to approach the phenomenon of agriculture 4.0 in Brazil and the world, seeking to safely understand its beginning, composition, applications and practice in the development of a more sustainable, productive and working agriculture from the literature review. Works related to many advances and open space for the theme, mainly related to accessibility and trust in technologies, but with the sector of companies and technologies.

KEYWORDS: Geotechnology, digital agriculture, precision agriculture.

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das atividades mais antigas e fundamentais da humanidade, estudos indicam que a técnica de domesticação de plantas teve seu início há mais de 12 mil anos. Responsável por alimentar populações rurais e urbanas, a agricultura se desenvolveu com o passar dos anos, aprimorando técnicas e ferramentas, desenvolvendo materiais genéticos e se adaptando às intempéries do clima, solo e condições edafoclimáticas de diferentes regiões do mundo.

Nas últimas décadas, a agricultura tem se mostrado cada vez mais importante no cenário mundial, sendo responsável pela produção de alimentos e tendo importância na geração de superávits e empregos. As projeções das Nações Unidas apontam que em 2050 o planeta atingirá uma população total de 9,7 bilhões de pessoas, o que aumentará a demanda de produção de alimentos em aproximadamente 70%. Em conjunto ao aumento da demanda, o setor ainda enfrenta outro risco, as mudanças climáticas que preveem alterações nas condições meteorológicas de todas as regiões do planeta (Marin, 2016).

Dentro desse cenário mundial, o Brasil tem se tornado referência na produção agrícola, sendo hoje um dos principais produtores de alimentos do mundo. Internamente, o agronegócio é um dos principais segmentos econômicos do Brasil, sendo responsável pela criação de 9 milhões de empregos, superávit econômico de 61,2 bilhões de dólares e por representar 27,4% do PIB brasileiro em 2021 (SMALCI, 2021).

Como todo segmento econômico e produtivo a agricultura brasileira e mundial vem passando por diferentes evoluções e ciclos de desenvolvimento. Trazendo um breve resumo histórico, a agricultura pode ser dividida em: agricultura 1.0 que foi marcada pelo início da utilização de tração animal, posteriormente, surgiu a agricultura 2.0 que foi marcada pelo uso de motores a combustão, insumos químicos e conhecimento científico sobre agricultura, passando para a agricultura 3.0 com os sistemas de orientação via satélite e agricultura de precisão, já a agricultura 4.0 representa a interação digital das atividades, com integração de informação dos diferentes setores e processos agrícolas (Santos et al, 2019).

O termo 4.0 teve seu início nas indústrias, buscando conceituar as evoluções tecnológicas no setor, principalmente pelo desenvolvimento e uso de tecnologias de ponta para produção de bens de consumo, como: *big data*, Internet das Coisas, Inteligência Artificial, sensores, geotecnologias, computação em nuvem, entre outros. Esse termo também é utilizado para caracterizar a chamada “quarta revolução”, onde os fatores tecnológicos são os responsáveis pelas mudanças nas estruturas de produtos, serviços e gestão de empresas (RIBEIRO et al, 2018).

O agronegócio também vem sendo alvo dessas transformações, diferentes empresas de tecnologia têm desenvolvido complexas soluções para as diferentes demandas dos agricultores e empresários rurais ao redor do mundo. Desde o sensoriamento remoto de pragas, doenças e solos, passando por sensores instalados a campo até softwares e inteligência artificial, essas diferentes ferramentas tem como intuito ajudar os produtores rurais a solucionar diferentes problemas (MASSRUHÁ; LEITE, 2017). O uso dessas tecnologias vem sendo impulsionado pelo cenário geopolítico cada vez mais desafiador (alta dos insumos, custos de produção e aumento da competitividade), dado que as empresas rurais se viram forçadas a trabalharem com maior tecnologia e controle de sua produção (FERNEDA, 2018).

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo abordar o fenômeno da agricultura 4.0 no Brasil e Mundo, buscando entender o seu início, composição, aplicações e viabilidade prática no desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável, produtiva e segura. Para isso, o trabalho utiliza de uma revisão de literatura sistemática de artigos, textos e revistas que abordam o tema, buscando também demonstrar resultados práticos de estudos já desenvolvidos. A pesquisa utilizou como bases de dados plataformas tradicionalmente conhecidas no meio científico nacional, como: Google Acadêmico, SciELO, Capes entre outras. No campo de busca, diferentes palavras chaves foram escolhidas, entre elas: Agricultura 4.0, Agribusiness, Tecnologia para Agricultura, Agronegócio 4.0 entre outras.

Agricultura 4.0: Conceitos e Tecnologias Disponíveis

O conceito da Agricultura 4.0 aborda as novas técnicas que envolvem tecnologias de ponta, como: uso hardwares e software de alto desempenho, sensores e máquinas de comunicação via lot ou satélite, integração entre máquinas, conectividade entre dispositivos e máquinas, big data e técnicas de leitura de grande banco de dados, ajudando a construir diferentes sistemas que auxiliam na tomada de decisões. Essas tecnologias estão sendo desenvolvidas e implementadas com o intuito de contribuir com o aumento dos índices de produtividade, melhorar a eficiência do uso de insumos, diminuir a necessidade de mão de obra na agricultura, melhorar a condição e a qualidade do trabalho rural e aumentar a sustentabilidade da cadeia (SILVA, 2020).

A agricultura 4.0 é caracterizada pela integração de diferentes tecnologias já existentes e utilizadas em outros setores, principalmente no sistema industrial, essas tecnologias vêm sendo adaptadas e validadas na agricultura. Entre as principais tecnologias é pertinente conceituar:

BIG DATA

O termo Big Data começou a ser utilizado a partir das décadas de 1960 e 1970, quando começaram a surgir as primeiras centrais de dados e com isso a necessidade de criação de bancos de análise. O termo traduz uma área do conhecimento que estuda e desenvolve como tratar, analisar e obter informações a partir de conjuntos de dados altamente complexos e grandes para serem tratados por sistemas tradicionais (SILVEIRA et al., 2015)

A tecnologia do Big Data pode ser descrita a partir da análise dos chamados 5 Vs (velocidade, volume, variedade, veracidade e valor), em que velocidade diz respeito a velocidade de captação e tratamento dos dados; volume representa a quantidade de dados coletados durante a amostra; variedade significa a diversidade dos dados coletados; veracidade prova a confiabilidade dos dados; e valor trata do que realmente esses dados trazem de agregam para a tomada de decisão (SAGIROGLU, 2013).

A utilização de análises Big Data requer um conjunto de diversas técnicas e abordagens, tais como: estatística, plataforma em nuvem, modelagens artificiais, processamento de imagens, entre outras. A utilização dessas ferramentas traz valor e permite ao gestor analisar de maneira sistemática um volume enorme de dados coletados em campo (PAULO; DUQUE, 2020).

O uso na agricultura é diverso, mas tem sido utilizado principalmente na seleção de variedades de cultivares mais adaptadas ao clima, para identificar falhas operacionais em tratos culturais como pulverizações, plantios e adubações. Outro uso corrente se dá em equipamentos ou sensores de máquinas e satélites que coletam, processam e enviam gigantescos bancos de dados com diferentes informações que são tratados e apresentados

de maneira resumida e de fácil entendimento. Uma melhor compreensão do clima de determinada região é uma das principais utilizações dessa tecnologia, principalmente pela armazenagem de dados, como: históricos de chuva, temperatura, umidade entre outras variáveis (PAULO; DUQUE, 2020).

INTERNET DAS COISAS

O termo Internet das Coisas, ou Internet of Things (*IoT*) em inglês, foi inicialmente desenvolvido pelo pesquisador e professor Kevin Ashton da MIT Auto Center, em uma apresentação da cadeia de suprimentos de uma grande companhia em 1999. Desde então o conceito aborda diferentes ferramentas que utilizam a rede mundial de computadores para se conectar e funcionar (Ashton, 2009)

A interconexão digital de diferentes produtos, serviços e objetos refere-se ao conceito de internet das coisas. A fusão existente entre o mundo real e o mundo digital – a partir de comunicações online – e interações *real time* também são características da tecnologia, que permite a integralização de diferentes objetos físicos, como: sensores, máquinas, mecanismos e ferramentas a softwares com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas utilizando a internet (PESSOA, et al 2016).

Na agricultura, a Internet das Coisas tem seu uso diverso, como na irrigação inteligente a partir de sensores conectados que auxiliam na tomada de decisão, no controle de pragas e doenças a partir de sistemas de leitura instalados em drones, na telemetria de máquinas e equipamentos que auxiliam na tomada de decisão operacional ou na robotização da agricultura com utilização de máquinas inteligentes, entre outros, sempre buscando aumentar a produtividade e sustentabilidade (COSTA et al, 2018).

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial é um termo conhecido entre a população, principalmente pelo seu uso nos cinemas e filmes de ficção científica. A origem do conceito remonta a década de 1950 nos Estados Unidos, e refere-se a capacidade de sistemas e máquinas de imitar a inteligência humana para realizar e resolver tarefas complexas e a partir disso se aprimorar interativamente com base nessas informações, ou seja, a partir das experiências que são expostas, a inteligência artificial consegue melhorar a sua eficiência (DAMACENO et al., 2018).

Considerada um ramo da ciência da computação, a inteligência artificial tem como objetivo central fazer com que os computadores, máquinas e softwares se comportem de maneira inteligente. O desenvolvimento da tecnologia envolve uma gama de variáveis que relaciona diferentes ciências, como a psicologia, biologia, lógica matemática, linguística, engenharia, filosofia, entre outras áreas científicas. Atualmente a tecnologia tem diferentes aplicações em diferentes setores, como: agricultura, química, sistemas de computadores,

eletrônica, engenharia, geologia, agricultura, robótica, indústria de alimentos, saúde, educação, aplicações militares etc (BARONE, 2003).

Na agricultura, tem sido utilizada principalmente para gerar e manipular dados de operações agrícolas, gerar estimativas de colheita e produtividade, realizar reconhecimento por imagens, prever condições climáticas, cruzar informações importantes de manejo de solos e pragas e também no desenvolvimento de veículos autônomos para diferentes aplicações na agricultura (MEIRELES, et al., 2019).

SENSORES E CONTROLADORES

Com sua criação inicial por volta da década de 1950, os sensores são equipamentos caracterizados pela sua capacidade de detectar estímulos físicos, químicos ou biológicos e a partir destes estímulos emitir respostas ou sinais para um controlador. Tem seu uso nas mais diversas áreas e segmentos e são fundamentais em processos de automatização de máquinas e equipamentos. Na agricultura seu uso é diverso e tem como destaque os sensores de umidade de solo, estações meteorológicas automáticas, medidores de PH e sensores mecânicos nas diferentes máquinas e estruturas do agro, que auxiliam no processo de administração de fazendas e tomada de decisão, visto que estão instalados em diferentes pontos e envia automaticamente informações para os gestores da fazenda (QUEIROZ, et al 2021).

COMPUTAÇÃO EM NUVENS

Esse termo se refere ao fornecimento de serviços de computação em nuvem, ou seja, serviços de servidores, sistemas de gestão, armazenamento, banco de dados entre outros via internet. Esse tipo de tecnologia é fundamental para a agricultura 4.0 visto que permite o armazenamento de dados sem a necessidade de investimento em estruturas de servidores físicos que demandam alto investimento e exigem mão de obra altamente especializada (SILVA, 2020).O resumo das principais tecnologias e aplicações na agricultura podem ser observadas na tabela abaixo:

TECNOLOGIA	APLICAÇÕES	APLICAÇÕES NA AGRICULTURA
Big Data	Análise de grandes bancos de dados;	Genéticas; Pesquisas;
Internet das Coisas	Interconexão Digital entre sistemas e objetos	Fertilização, pulverização e plantio de precisão
Inteligência Artificial	Aprendizagem e resolvimento de tarefas complexas	Manipulação de dados; Estimativas de produção Gestão Agrícola
Sensores	Detecção remota de estímulos físicos, químicos e biológicos	Irrigação; Agrometeorologia; manutenção preventiva
Computação em Nuvens	Armazenamento de dados online	Armazenamento de dados agrícolas

Tabela 1: Resumo das principais tecnologias 4.0 e aplicações na agricultura

A utilização dessas tecnologias em conjunto e/ou de maneira separada na agricultura representa a nova revolução que vem acontecendo no campo. O fenômeno ultrapassa a visão do uso de máquinas e equipamentos agrícolas no campo, já que a principal influência desta tecnologia é que processos e decisões precisam ser orientados a partir de dados reais, disponíveis e de fácil acesso e entendimento por parte dos agricultores e técnicos (ANA; SORDI, 2020).

A rotina de trabalhos agropecuários depende constantemente de tomadas de decisões por parte do produtor ou gestor, já que, grande parte das decisões são estratégicas, demandam um certo grau de conhecimento e sempre envolvem investimentos. As tecnologias oferecem informações sobre a definição do problema e ajudam a estabelecer soluções e alternativas aos problemas enfrentados, o que torna a decisão mais assertiva e produtiva dentro das propriedades (BOLFE et al., 2021).

DESENVOLVIMENTO, DIFUSÃO E INVESTIMENTOS NA AGRICULTURA 4.0

O agronegócio como a maioria dos setores da economia vem se modernizando rapidamente, e isso aumenta a busca por resolver problemas que até então estavam desprovidos de soluções. Diferentes são os setores que vem financiando e desenvolvendo soluções inovadoras para o agronegócio, tais como: instituições públicas, privadas, empresas de defensivos, maquinários, sementes entre outras. Porém, um tipo de empresa ganhou destaque nesse segmento, as chamadas startups, que são empresas de negócios inovadores e com grande potencial de crescimento (LIMA; POZO; MAURI, 2018).

Essas empresas exploram áreas inovadoras de tecnologia de determinado setor e apresentam como características um crescimento acelerado, principalmente pelos investimentos de fundos especializados e empresas interessadas em possuir e participar da inovação que vem sendo desenvolvido (LONGHI, 2011). Na agricultura, esse tipo de negócio tem tido destaque nos últimos anos, distintas empresas estão desenvolvendo

soluções inovadoras para resolver diferentes problemas e agregar valor.

Grande parte dessas startups nascem dentro das chamadas incubadoras de empresas de base tecnológica – organizações que abrigam negócios em que os produtos, processos ou serviços que estão em desenvolvimento devem resultar em inovações de alto valor agregado –. Essas incubadoras estão presentes em boa parte das universidades federais do Brasil, empresas do ramo e também incubadoras privadas. Em geral, essas instituições têm como missão e valores incentivar novos desenvolvimentos de base tecnológica, para gerar desenvolvimento social e sustentável (LIMA; POZO; MAURI, 2018).

Segundo um levantamento feito em 2021 pela Associação Brasileira de Startups (Abstartups), atualmente o Brasil conta com 299 Agtechs (startups de serviço para o agro). Sendo que a maior parte dessas empresas se concentra na região sudeste com 40,8% e os estados com maior concentração são: São Paulo, com 27,4%, Rio Grande do Sul, com 17,2% e Paraná, com 12,7% . Já segundo dados da empresa de Inovação Distrito, nos primeiros cinco meses de 2022, as Agtechs já captaram investimentos na ordem de R \$54,7 milhões de reais (ABSTARTUPS, 2022).

O setor agropecuário necessita de soluções inovadoras que consigam melhorar seu desempenho. Apesar da alta produtividade já alcançada e os avanços dos últimos anos, outros setores como a indústria e serviços estão muito à frente nos quesitos tecnológicos. Esta defasagem tecnológica atrapalha o setor e impede o seu maior desenvolvimento, porém, por outro lado, cria uma série de possibilidades para as empresas de tecnologia (JUNIOR; SORDI, 2019).

As diferentes projeções de crescimento para o agronegócio brasileiro tem inferido diferentes oportunidades para esse tipo de mercado e não faltam oportunidades a essas empresas. Alguns nichos específicos serão beneficiados, tais como: automação de atividades de produção, controle de pragas e doenças, classificação e seleção de sementes e produção de material genético. Outro ponto a ser citado na projeção de rápido crescimento diz respeito ao interesse de investidores anônimos nessas empresas que buscam retorno rápido em curto e médio prazo (Lima; Pozo; Mauri, 2018).

Diferentes empresas se desenvolveram nos últimos anos, oferecendo soluções inovadoras e rentáveis para os produtores, algumas delas são apresentadas a seguir:

AGROSMART

A Agrosmart é uma startup brasileira que nasceu em Ituiutaba – MG. Atuando no ramo de tecnologia climática e oferece diferentes serviços a seus clientes tais como: previsão do tempo localizada, instalação de equipamentos com tecnologia IoT em campo para medição de parâmetros climáticos, dentre eles: precipitação, temperatura, umidade do ar e solo.

AEGRO

A AEGRO é uma startup gaúcha de Porto Alegre que nasceu na incubadora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul . A startup atua no desenvolvimento de softwares de gerenciamento de fazendas, buscando facilitar a vida do produtor ao unir todas as operações de controle dentro de um único programa. Com o programa, é possível fazer todo o monitoramento, controle de safra, receitas e custo entre outras operações .

SOLINFTEC

A Solinftec foi fundada em 2007 por engenheiros de automação de Cuba, sendo hoje uma das principais agtechs do mundo. A startup oferece soluções de telemetria de máquinas e equipamentos, monitorando em tempo real diferentes ativos dentro da propriedade. O software permite o controle das operações, diminuição de custos e segurança dentro das operações .

TERRA MAGNA

A Terra Magna é uma empresa paulista que trabalha com crédito agrícola, a empresa tem como característica ser uma fintech e desburocratizar o acesso ao crédito agrícola utilizando históricos do produtor, capacidade de produção e acompanhamento da lavoura através de monitoramento via satélites e outras tecnologias.

TARVOS

A Tarvos é uma empresa paulista focada no desenvolvimento de tecnologias de monitoramento de pragas em armadilhas automáticas. Atuando principalmente na inovação disruptiva das práticas de Manejo Integrado de Pragas. A empresa desenvolveu armadilhas de pragas que coletam dados e enviam a uma plataforma, informando de maneira prática ao tomador de decisão o nível de infestação.

A agricultura 4.0 tem em sua essência a inovação disruptiva, que pode ser descrita como um produto ou serviço que desenvolve uma inovação no mercado e que, geralmente, reinventa e desestabiliza as empresas que antes dominavam. Esse tipo de inovação tem entre sua característica principal ser simples, ter menor custo e conseguir atender públicos que antes não tinham acesso a determinado produto. Os diferentes produtos, serviços e tecnologias que estão sendo desenvolvidas transformam metodologias e técnicas mais acessíveis aos produtores rurais (VILLAFUERTE et al., 2018).

Exemplos de inovação disruptiva podem ser encontradas em diversas tecnologias, como exemplo: para o manejo de irrigação que facilitam a leitura de termos complexos e recomendam a lâmina de irrigação sem necessidade de cálculos, bem como o fácil acesso a imagens de satélite que auxiliam no encontro de falhas e doenças, ou na substituição de

planilhas manuais por softwares presentes em celulares que facilitam o controle financeiro das propriedades. Entretanto, como qualquer novidade, essas tecnologias ainda estão sendo desenvolvidas, testadas e validadas por produtores rurais, a adoção por parte do agronegócio depende da viabilidade econômica, disponibilidade de mão de obra qualificada, pós venda das empresas entre outras variáveis importantes.

AGRICULTURA 4.0: RESULTADOS EM PESQUISAS

Uma pesquisa com agricultores realizada em 2020 intitulada “Agricultura Digital no Brasil: Tendências, Desafios e Oportunidades” avaliou os desafios da agricultura 4.0 no Brasil. A pesquisa teve ao todo a participação de 870 agricultores, levantando importantes questões sobre o uso das tecnologias em propriedades rurais. O artigo apresenta que as principais tecnologias utilizadas pelos agricultores são: internet, para atividades ligadas à produção; aplicativos, para aquisição de informações técnicas; aplicativos ou programas de gestão; GPS; sensoriamento remoto entre outros (BOLFE et al., 2020).

Essas tecnologias são utilizadas principalmente para obter informações e planejamento da propriedade rural, gestão da produção, compra e venda de insumos e produção, previsão de riscos climáticos, estimativas de produção, detecção e controle de deficiências nutricionais e ataques de pragas e doenças, certificação e rastreabilidade agrícolas, e outras. O trabalho demonstra a diversidade de produtos e serviços já existentes e também a multiplicidade de aplicações dessas tecnologias (BOLFE et al., 2020).

No presente artigo, um importante tema diz respeito às dificuldades para acesso e uso de tecnologias digitais, as principais em ordem de importância são: valor do investimento, problemas ou falta de conexão com a internet, valor para contratação de prestadores de serviço especializados, falta de conhecimento e apropriação das tecnologias, custos operacionais, manutenção e atualização, falta de acesso a crédito para aquisição de máquinas e tecnologia, falta de capacitação e mão de obra especializada entre outros (BOLFE et al., 2020).

O artigo chama atenção para alguns pontos importantes dentro do assunto 4.0 que diz respeito a geração de valor dessas tecnologias para os produtores, o acesso precário a conectividade em diferentes áreas do Brasil e também da deficiência de mão de obra especializada no setor, corroborando com diferentes autores que tratam do tema (BOLFE et al., 2020).

A contemporaneidade do tema se traduz em muita necessidade de desenvolvimento e dúvidas por parte de produtores e técnicos, sendo de responsabilidade das empresas e da comunidade científica produzir pesquisas que atestam ou não a sua viabilidade técnica, econômica e sustentável. Apesar de existirem algumas dezenas de soluções no mercado, na literatura a apresentação de resultados práticos com dados ainda é pouco explorada, deixando uma lacuna para a pesquisa. Alguns artigos ainda muito incipientes tratam da

aplicabilidade prática das tecnologias 4.0, abordando mais tecnologias já difundidas como imagens de satélite, sensores e agricultura de precisão.

A utilização de imagens de satélite e drones para estimar produtividade é um tema abordado pela literatura. Diferentes autores trabalham na correlação de variáveis espectrais e produtividade das principais culturas do país, como: soja, milho, algodão e cana de açúcar. Franco (2022) buscou utilizar um sensor de ultrassom para estimar a produtividade de capim tifton 85, já Pigatto (2021) utilizou diferentes filtros NDVI para estimar a radiação fotossintética da soja em estágio primário. Corroborando com os trabalhos, Silva et al., (2022) também utilizou de diferentes filtros de imagens de satélite e drones para estimar a produtividade em florestas plantadas. Martins (2022) construiu uma modelagem de maturação e qualidade do café utilizando sensoriamento remoto e proximal a partir de imagens de vants (veículos aéreos não tripulados) para estimar de maneira representativa o melhor momento de colheita do café.

Buscando desenvolver uma metodologia de irrigação mais eficiente e automatizada com dispositivos de IoT que medem pluviometria e umidade, Souza (2021) encontrou resultados de redução de 16% na irrigação realizada em comparação a métodos tradicionais. Já Muniz (2021) estudando aplicações práticas de IoT em fruticultores do nordeste encontrou melhorias significativas na economia de água, energia, insumos e mão de obra, além do aumento da produtividade média da lavoura.

Utilizando métodos de I.Ag Ramos et al., (2017) desenvolveu um trabalho em que a contagem de café é feita de forma automática, onde foi possível encontrar um método para contagem automática dos frutos de café que seja eficiente, de baixo custo e não destrutivo. Pinheiro et al., (2021) também relata o desenvolvimento de tecnologias de inteligência artificial para aplicação em sementeiras, onde os métodos de IA aliados a outras tecnologias podem fazer análises de sementes mais confiáveis e com métodos menos destrutivos.

Aplicações de tecnologia de Big Data foram avaliadas por Wolfert et al., (2017), utilizando a tecnologia para oferecer aos agricultores visões preditivas das operações agrícolas e ajudarem a tomar decisões em tempo real, melhorando a qualidade nos serviços realizados. Os autores chamam a atenção para o fato da tecnologia gerar insights que levam até o produtor diferentes visões de dentro da propriedade, como saúde de plantas, meteorologia, infestação de pragas e plantas daninhas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo buscou apresentar, por meio de levantamento bibliográficos, conceitos, utilização e caracterização da agricultura 4.0 e as demais caracterizações envolvidas no tema. Para isso, se apoiou em uma revisão bibliográfica sistemática de diferentes artigos, notícias e sites especializados no tema, buscando apresentar a

história e desenvolvimento deste conceito dentro da literatura especializada. Como todo produto ou serviço novo, as tecnologias advindas da inovação 4.0 estão sendo validadas e implementadas por diferentes setores do agronegócio, sendo ainda um processo em consolidação. A evolução ainda tem entraves logísticos e operacionais no território brasileiro, sendo a conectividade um dos principais, dado que no Brasil a maioria das propriedades rurais ainda não têm acesso à internet, dificultando a utilização de algumas tecnologias.

Mesmo havendo melhoria do cenário tecnológico nos últimos anos, poucos agricultores brasileiros utilizam a internet profissionalmente. Esta situação é agravada pela falta de recursos e investimentos no país, qualificação da mão de obra para trabalhar com as tecnologias atuais, problemas de telecomunicação e valores dos recursos a serem investidos para acesso. A humanidade passará nos próximos anos por diferentes desafios, entre eles: aumento populacional, mudanças climáticas, superpopulação urbana e conseqüentemente a alta na demanda por alimentos. A agricultura 4.0 tem como objetivo ajudar a sociedade a preencher essa lacuna, propondo aumento de produtividade, otimização de operações agrícolas, sustentabilidade dentro da cadeia, entre outros.

As tecnologias para agricultura devem levar em conta também os diferentes tipos de agricultores que compõem o agronegócio brasileiro, sendo necessário abarcar as diferentes características sociais existentes para que realmente seja possível cumprir com seu objetivo. Vale destacar que agricultores familiares, orgânicos, agroflorestais, entre outros, também devem ter acesso a tais tecnologias, pois eles são representativos dentro da produção de alimentos no país.

O termo agricultura digital é relativamente novo e ainda está em disputa a padronização da sua conceituação, porém, podemos afirmar que o emprego de sistemas digitais, métodos computacionais, rede de sensores e comunicação em conjunto com melhores práticas gerenciais e administrativas ajudam a entender e definir o que viria a ser a agricultura 4.0. Esse conjunto de práticas e tecnologias é um processo incremental à atual agricultura, que ainda depende de testes e consolidação.

REFERÊNCIAS

SMALCI, Anderson et al., Fatores determinantes e condicionantes para inovação e competitividade no setor do agronegócio brasileiro. Revista Metropolitana de Sustentabilidade (ISSN 2318-3233), v. 10, n. 1, p. 6-6, 2020.

RIBEIRO, Josiana Gonçalves; MARINHO, Douglas Yusuf; ESPINOSA, Jose Waldo Martínez. Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. In: **Simpósio de Engenharia de Produção**. 2018. p. 1-7.

MASSRUHÁ, Sílvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, MA de A. Agro 4.0-rumo à agricultura digital. In: **Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso**. JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017., 2017.

FERNEDA, Rodrigo. Adoção de tecnologias da indústria 4.0 por firmas do agronegócio do Rio Grande do Sul. 2018.

SILVA, Juliane Maíra Pedro; CAVICHIOLI, Fabio Alexandre. O uso da agricultura 4.0 como perspectiva do aumento da produtividade no campo. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, p. 616-629, 2020.

SILVA, Alexsandro Oliveira da et al. A irrigação na era da agricultura 4.0: manejo, monitoramento e precisão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. spe, 2020.

PAULA, Anderson Henrique Potye; DUQUE, José Walmir Goncalves. Uso de big data e implementação do processo de EDA: um case de dados climáticos para gestão de agricultura. **Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia**, v. 4, n. Edição Esp, p. 182-202, 2020.

COSTA, Cainã L.; OLIVEIRA, Letícia; MÓTA, LS Michele. Internet das coisas (IOT): um estudo exploratório em agronegócios Internet of Things (IOT): na exploratory study in agribusiness. **VI Simpósio da Cienc. do Agronegócio**, 2018.

MEIRELLES, Margareth SP; MOREIRA, Marlon; COELHO, Fábio BN. Uso de Inteligência Artificial em Agricultura de Precisão: Redes Bayesianas e Neurais. **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**, p. 175, 2019.

QUEIROZ, Daniel Marçal de et al. Sensores aplicados à Agricultura Digital: Uma revisão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, 2021.

SANTA ANA, Rogério da Silva; SORDI, Victor Fraile. ADOÇÃO TECNOLÓGICA NO AGRONEGÓCIO INTELIGENTE. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, n. 1, 2020.

BOLFE, É. L.; JORGE, L. A. D. C.; SANCHES, I. D.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; DA COSTA, C. C.; VICTORIA, D. D.C.; INAMASU, R. Y.; GREGO, C. R.; FERREIRA, V. R.; RAMIREZ, A. R. Agricultura Digital no Brasil: tendências, desafios e oportunidades. 2020. 45p. (Relatório Técnico). Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/produtos-agropensa>. Acesso em: 22 dez. 2021.

DA SILVA, Joélia Natália Bezerra et al. Modelos da Produtividade Primária Bruta em área de floresta tropical em sazonalmente seca, usando dados reflectância da vegetação de caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 06, p. 3775-3784, 2021.

Schaparini, Laura Pigatto. “Balanço da radiação fotossinteticamente ativa na soja e o uso de dados espectrais, oriundos de sensores remotos, para estimativa da produtividade primária líquida.” (2021).

OLIVEIRA, Andre Roberto Franco. Parametrização de um sensor de ultrassom para estimar a produtividade de massa seca do capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*). 2022.

MARTINS, Rodrigo Nogueira. Modeling of coffee ripeness and beverage quality using proximal and remote sensing. 2022.

SOUZA, Gilberto. **Uso de sistema de controle fuzzy e internet das coisas para irrigação na agricultura de precisão**. 2021. 164 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31414/EE.2021.D.131319>.

MUNIZ, Lucas Rocha. Internet das coisas na agricultura moderna: estudo da integração entre automação e sensoriamento no cultivo de frutos no nordeste brasileiro. 2021.

DE MESQUITA PINHEIRO, Romário et al. Inteligência artificial na agricultura com aplicabilidade no setor sementeiro. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 3, p. 2996-3012, 2021.

MARIN, Fábio R. et al. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 108-124, 2016.

SILVEIRA, MÁRCIO; MARCOLIN, C.; FREITAS, H. O big data e seu uso corporativo: uma revisão de literatura. **São Paulo: SINGEP**, v. 4, 2015

SAĞIROĞLU, Serfer; SINANC, Duygu. Big data: A review. In: **2013 international conference on collaboration technologies and systems (CTS)**. IEEE, 2013. p. 42-47.

Ashton, Kevin. "That 'internet of things' thing." *RFID journal* 22.7 (2009): 97-114.

Pessoa, Cláudio Roberto Magalhães et al. A Internet Das Coisas: Conceitos, aplicações, desafios e tendências. In: **13th International Conference on Information Systems and Technology Management–Contecsi**. 2016.

DAMACENO, Siuari Santos et al. Inteligência artificial: uma breve abordagem sobre seu conceito real e o conhecimento popular. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 5, n. 1, p. 11-11, 2018.

JÚNIOR, Pedro Eduardo Volpato; SORDI, Victor Fraile. AGTECHS: Tecnologias e focos de negócios. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 3, n. 1, 2019.

VILLAFUERTE, Andrés Manuel et al. AGRICULTURA 4.0-ESTUDO DE INOVAÇÃO DISRUPTIVA NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. In: **9th International Symposium on Technological Innovation**. 2018.