

CAPÍTULO 1

AGRICULTURA DE PRECISÃO E CITRICULTURA: CONCEITOS E APLICAÇÕES

Data de aceite: 02/09/2024

Jessica Mariano Da Silva

Universidade Estadual Paulista – UNESP
Botucatu – São Paulo (Brasil)
<https://orcid.org/0009-0004-2601-511X>

Leonardo França da Silva

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Sarah Fernanda de Almeida Martins

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa - Minas Gerais
<https://orcid.org/0009-0008-6865-5827>

Érika Manuela Gonçalves Lopes

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

Jessica Mansur Siqueira Crusóé

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0009-0007-4210-8430>

Joseane Turquete Ferreira

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0009-0007-4210-8430>

Cândida Pollyanna Francisco Azevedo

Doutora em Zootecnia (ESALQ/USP)
Coordenadora Técnica no Grupo de
Comunicação AgriNews

Matheus Mendes Reis

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

Rafaella Resende Andrade

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<https://orcid.org/0000-0003-3182-0741>

Fabiane de Fátima Maciel

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

Luciano José Minette

Universidade Federal de Viçosa, Campus
Viçosa
Viçosa - MG (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-2038-334X>

Alexandre Dal Pai

Universidade Estadual Paulista
Botucatu – São Paulo (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-2990-8587>

RESUMO: O Brasil, como um dos principais produtores mundiais de citrus, enfrenta a necessidade crescente de instrumentais avançados para o monitoramento agrícola das áreas produtivas. A dinâmica agrícola associada a essa cultura é crescente, evidenciada pela diminuição da produção em determinadas regiões. Um dos fatores que contribuem para essa redução é o surgimento de doenças na citricultura, o que eleva os custos de produção e, conseqüentemente, o valor final do fruto para o consumidor. Com o avanço das tecnologias digitais, o sensoriamento remoto emergiu como uma ferramenta fundamental no monitoramento de pragas que afetam a produção citrícola. Deste modo, o sensoriamento remoto permite a detecção precoce de doenças e pragas, possibilitando intervenções mais eficazes e precisas, reduzindo assim os danos e perdas na produção. Sendo assim, o objetivo deste estudo é investigar o fenômeno da agricultura de precisão tanto no Brasil quanto em âmbito global, com um foco específico em sua aplicação na citricultura. Este trabalho busca compreender o surgimento, a composição, as aplicações e a viabilidade prática da agricultura de precisão, visando promover uma agricultura mais sustentável, produtiva e segura. Ao abordar esses aspectos, espera-se fornecer uma visão abrangente e detalhada sobre como essa tecnologia pode transformar a prática agrícola, especialmente no cultivo de citros, e contribuir para a sustentabilidade e eficiência no setor.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura digital; Monitoramento de Produtividade; Citros.

ABSTRACT: Brazil, as one of the world's main citrus producers, faces a growing need for advanced instruments for agricultural monitoring of productive areas. The agricultural dynamics associated with this crop is growing, evidenced by the decrease in production in certain regions. One of the factors that contribute to this reduction is the emergence of diseases in citrus farming, which increases production costs and, consequently, the final value of the fruit for the consumer. With the advancement of digital technologies, remote sensing has emerged as a fundamental tool in monitoring pests that affect citrus production. In this way, remote sensing allows early detection of diseases and pests, enabling more effective and precise interventions, thus reducing damage and losses in production. Therefore, the objective of this study is to investigate the phenomenon of precision agriculture both in Brazil and globally, with a specific focus on its application in citrus farming. This work seeks to understand the emergence, composition, applications and practical viability of precision agriculture, aiming to promote more sustainable, productive and safe agriculture. By addressing these aspects, it is expected to provide a comprehensive and detailed view on how this technology can transform agricultural practice, especially in citrus cultivation, and contribute to sustainability and efficiency in the sector.

KEYWORDS: Digital agriculture; Productivity Monitoring; Citrus.

INTRODUÇÃO GERAL

A agricultura, uma das atividades essenciais da humanidade, remonta a mais de 12 mil anos, quando começou a domesticação de plantas. Responsável pela alimentação de populações rurais e urbanas, a agricultura evoluiu ao longo dos séculos, aprimorando técnicas e ferramentas, desenvolvendo materiais genéticos e adaptando-se às variáveis climáticas, edáficas e condições edafoclimáticas de diversas regiões do mundo (Santana et al., 2020).

Deste modo, nas últimas décadas, a agricultura se tornou ainda mais relevante no cenário mundial, não só pela produção de alimentos, mas também pela sua contribuição significativa na geração de superávits econômicos e empregos. Projeções das Nações Unidas indicam que, em 2050, a população mundial alcançará 9,7 bilhões de pessoas, o que aumentará a demanda por alimentos em aproximadamente 70%. Além desse desafio, o setor agrícola enfrenta os riscos das mudanças climáticas, que podem alterar as condições meteorológicas em todas as regiões do planeta (Marin, 2021).

Dentro deste cenário global, o Brasil tem se destacado como 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, gerando cerca de 9 milhões de empregos, contribuindo com um superávit econômico de 61,2 bilhões de dólares e representando 27,4% do PIB nacional em 2021 (Smalci et al., 2021).

Como todo segmento econômico e produtivo, a agricultura brasileira e mundial tem passado por diferentes evoluções e ciclos de desenvolvimento. Historicamente, a agricultura pode ser dividida em diferentes fases: a agricultura 1.0, marcada pelo início do uso de tração animal; a agricultura 2.0, caracterizada pelo uso de motores a combustão, insumos químicos e avanços científicos; e a agricultura 3.0, que incorporou sistemas de orientação via satélite e técnicas de agricultura de precisão (Massruhá et al., 2017).

A agricultura digital representa a fase mais avançada, integrando informações de diversos setores e processos agrícolas para aumentar a precisão das atividades. Este conceito surgiu nas indústrias, marcando uma evolução tecnológica no setor com o desenvolvimento e uso de tecnologias avançadas como big data, Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial, sensores, geotecnologias e computação em nuvem. Esta fase é frequentemente associada à “quarta revolução”, onde fatores tecnológicos impulsionam mudanças significativas nas estruturas de produtos, serviços e gestão empresarial (Ribeiro et al., 2018; Silva et al., 2020).

O agronegócio também está passando por essas transformações tecnológicas, com diversas empresas desenvolvendo soluções complexas para atender às demandas de agricultores e empresários rurais globalmente. Tecnologias como sensoriamento remoto para detecção de pragas e doenças, sensores de campo, softwares e inteligência artificial são implementadas para ajudar produtores rurais a resolver problemas variados (Massruhá; Leite, 2017).

A adoção dessas tecnologias é incentivada por um cenário geopolítico desafiador, marcado pelo aumento dos custos de insumos e produção e pela intensificação da competitividade, forçando as empresas rurais a adotarem maiores níveis de tecnologia e controle de produção (Ferneda, 2018).

Este estudo visa explorar o fenômeno da agricultura de precisão tanto no Brasil quanto no contexto global, com um enfoque específico em sua aplicação na citricultura. O objetivo é compreender seu surgimento, composição, aplicações e viabilidade prática para promover uma agricultura mais sustentável, produtiva e segura.

AGRICULTURA PRECISÃO: ASPECTOS HISTÓRICOS E CONCEITOS

Aspectos Históricos da Agricultura Precisão

A ideia da agricultura de precisão tem suas raízes antes mesmo da Revolução Industrial, quando surgiram técnicas para otimizar o rendimento das culturas, levando em consideração fatores como localização e fertilidade do solo. No entanto, os fundamentos para a agricultura de precisão moderna, tal como a conhecemos hoje, começaram a ser delineados no início do século XX (Damasceno et al., 2020; Martins et al., 2022).

Foi somente na década de 1980, tanto na Europa quanto nos Estados Unidos, que a agricultura de precisão se tornou viável para os produtores. Esse avanço se deu em grande parte devido ao desenvolvimento de microcomputadores, sensores e softwares específicos para a agricultura, que possibilitaram uma abordagem mais precisa e eficiente no manejo dos cultivos (Bolfe et al., 2022)

O que é agricultura Precisão?

A agricultura precisão abarca o conceito que se concentra no emprego de tecnologias destinadas à modernização, automatização e otimização da produção agrícola. Por meio da digitalização das operações, as atividades agrícolas ganham em eficiência e produtividade. Este termo engloba a utilização de recursos tecnológicos no campo, como Big Data, drones, inteligência artificial, e outras ferramentas relacionadas à tecnologia da informação. Na prática, a agricultura precisão se alinha à Agricultura de Precisão, valendo-se também de sensores e dispositivos avançados para coletar e armazenar dados relevantes para o manejo da lavoura (Da Silva et al., 2021).

A partir da coleta e análise desses dados, o agricultor obtém informações mais precisas para tomar decisões cruciais sobre o manejo da produção. Consequentemente, é possível aprimorar todas as etapas do plantio, desde a semeadura e aplicação de defensivos até a colheita

Essa abordagem integra uma variedade de tecnologias de informação, incluindo sensores, drones, sistemas de informação geográfica (SIG), inteligência artificial e robótica,

para monitorar e gerenciar as operações agrícolas. Desde a preparação do solo até a colheita e distribuição dos produtos, a agricultura precisão permite um controle mais preciso e eficiente de todas as etapas do processo produtivo (Souza et al., 2021; Muniz et al., 2021).

Além disso, essa tecnologia possibilita aos agricultores monitorar de perto a qualidade e quantidade da produção, reduzir desperdícios e utilizar os recursos de forma mais eficiente. Isso não apenas maximiza a rentabilidade das atividades agrícolas, mas também contribui para a sustentabilidade do setor, ao minimizar o impacto ambiental e promover uma utilização mais responsável dos recursos naturais.

Panorama da Agricultura Precisão no Brasil

O panorama da agricultura de precisão no Brasil reflete um cenário de evolução, impulsionado pelo constante investimento em tecnologia, que tem sido fundamental para o aumento da produtividade das lavouras brasileiras, colocando o país entre os maiores produtores do mundo (Marin et al., 2016). De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), os avanços tecnológicos resultaram em um aumento de 59% na produção agrícola entre 1975 e 2015. Esses dados demonstram que o investimento em tecnologia gera resultados positivos, incentivando o setor agrícola a continuar incorporando inovações tecnológicas (Embrapa, 2020).

A partir de meados de 2010, o agronegócio brasileiro passou por uma revolução agrícola impulsionada pela digitalização do campo. Nesse período, os produtores começaram a investir em maquinário integrado com ferramentas digitais, sistemas de monitoramento de lavouras, ferramentas de gestão e imagens de satélite, entre outros recursos (Queiroz et al., 2021). Esse movimento, conhecido como Agricultura 4.0, tem ajudado os produtores brasileiros a alcançarem recordes de produção, além de favorecer a balança comercial do país.

No entanto, uma pesquisa realizada pela Embrapa, em parceria com o Sebrae e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), revelou que o setor agrícola ainda tem grande potencial de crescimento com o apoio de ferramentas digitais. O estudo mostrou que apenas 40% dos produtores utilizam novas tecnologias para negociar insumos e produtos agrícolas, e apenas um terço emprega soluções digitais para mapear a lavoura e prever riscos climáticos. Portanto, apesar da integração das tecnologias na vida de muitos produtores brasileiros, ainda há espaço para expandir a aplicação de ferramentas digitais no campo. Para alcançar esse objetivo, os agricultores, com o apoio do setor público e privado, precisam enfrentar desafios significativos.

Desafios da Agricultura Precisão no Brasil

Apesar dos inúmeros benefícios oferecidos, a adoção da tecnologia pelos agricultores brasileiros ainda enfrenta diversos desafios que precisam ser superados. A pesquisa conduzida pela Embrapa em parceria com o Sebrae e o Inpe identificou pelo menos quatro obstáculos enfrentados pelos agricultores do Brasil na implementação de tecnologias no campo (Muniz et al., 2021; Meirelles et al., 2019).

Problemas de conectividade

A falta de uma infraestrutura de conectividade adequada nas áreas rurais é considerada o principal desafio enfrentado pelos produtores brasileiros interessados em adotar as ferramentas da agricultura precisão. Segundo dados da pesquisa da Embrapa, aproximadamente 61% das empresas e prestadoras de serviços ligadas ao setor agrícola relatam dificuldades na implementação de tecnologias devido a problemas de conectividade. O Censo Agropecuário de 2017 confirma essa realidade, revelando que, em média, apenas 28% dos estabelecimentos rurais têm acesso à internet. A ampliação da conectividade é crucial para impulsionar a produção agrícola no país e tornar os agricultores mais competitivos (Muniz, 2021; Villafuerte et al., 2021).

Falta de mão de obra qualificada

Outro desafio associado à adoção de tecnologia no campo é a escassez de mão de obra qualificada para orientar os produtores no uso desses recursos. Para resolver esse problema, é necessário investir na capacitação dos trabalhadores rurais por meio de cursos online ou presenciais, treinamentos intensivos e workshops. Essa capacitação pode ser organizada pelos próprios produtores, por associações agrícolas e por instituições como a Embrapa e universidades.

Custo de investimento

A pesquisa da Embrapa também apontou que cerca de 67,1% dos agricultores não investem em tecnologia devido aos altos custos de aquisição de equipamentos e softwares. Esse fator é especialmente preocupante para pequenos e médios produtores, cujos orçamentos já são comprometidos por custos operacionais e despesas de manutenção da fazenda. No entanto, existem opções de tecnologias com custos mais acessíveis, e os agricultores podem se organizar em cooperativas e associações para compartilhar os custos de investimentos mais elevados (Muniz et al., 2016).

Falta de acesso a informações

A pesquisa da Embrapa revelou que aproximadamente 41% dos produtores têm falta de conhecimento sobre as tecnologias apropriadas para o campo. Esse desconhecimento impede que os agricultores apostem em recursos da agricultura precisão para melhorar a produção. Portanto, eventos, debates, manuais, treinamentos e cursos sobre o tema são essenciais para disseminar informações e conhecimentos aos produtores, especialmente os de médio e pequeno porte (Muniz et al., 2016).

AGRICULTURA PRECISÃO NA CITRICULTURA ASPECTOS GERAIS

A Implementação da agricultura precisão na citricultura oferece inúmeras oportunidades para otimizar a produção de citros, garantindo maior eficiência, sustentabilidade e rentabilidade para os produtores. Por meio do uso de tecnologias avançadas, como sensores, drones, sistemas de informação geográfica (GIS) e inteligência artificial, os citricultores podem monitorar e gerenciar suas plantações de forma mais precisa e eficaz (Smalci et al., 2020).

Um dos principais benefícios da agricultura precisão na citricultura é a capacidade de monitorar as condições do solo e das plantas em tempo real. Sensores instalados no campo podem coletar dados sobre a umidade do solo, níveis de nutrientes, temperatura e outras variáveis importantes. Essas informações são então analisadas por algoritmos de inteligência artificial, que fornecem insights valiosos sobre o estado da plantação e orientam as decisões de manejo.

Além disso, a agricultura precisão permite a implementação de práticas de manejo mais precisas e eficientes. Com base nos dados coletados e nas análises realizadas, os produtores podem ajustar o uso de água, fertilizantes e defensivos de acordo com as necessidades específicas de cada área da plantação. Isso não apenas maximiza a produtividade e a qualidade dos frutos, mas também reduz o desperdício de insumos e minimiza o impacto ambiental.

Outra vantagem da agricultura precisão na citricultura é a capacidade de monitorar e prever pragas e doenças de forma mais eficaz. Sistemas de monitoramento por imagem e análise de dados podem identificar padrões de infestação e alertar os produtores sobre a necessidade de intervenção. Isso permite uma resposta mais rápida e direcionada, reduzindo os danos às plantas e os custos associados ao controle de pragas e doenças.

De modo a agricultura precisão está revolucionando a citricultura, oferecendo aos produtores ferramentas e *insights* poderosos para melhorar a eficiência, a sustentabilidade e a rentabilidade de suas operações. Ao adotar essas tecnologias inovadoras, os citricultores podem enfrentar os desafios do setor de forma mais eficaz e garantir um futuro promissor para a produção de citros.

Aplicação da Agricultura de Precisão na Citricultura

A agricultura de precisão tem desempenhado um papel crucial na evolução da citricultura, uma vez que oferece ferramentas avançadas para otimizar a produção de citros. Tradicionalmente, a citricultura dependeu de práticas generalizadas para o manejo de pomares, mas a agricultura de precisão introduziu uma abordagem mais personalizada e eficiente.

Na citricultura, a agricultura de precisão é aplicada em várias etapas do processo de cultivo. Por exemplo, sistemas de sensoriamento remoto são utilizados para monitorar a saúde das plantas, detectando precocemente sinais de estresse hídrico, deficiências nutricionais ou infestações de pragas. Além disso, o mapeamento detalhado do solo permite uma aplicação mais precisa de fertilizantes e defensivos agrícolas, garantindo que esses insumos sejam utilizados de maneira mais eficiente e sustentável.

Outra aplicação importante da agricultura de precisão na citricultura é a gestão de colheita. Tecnologias como sistemas de posicionamento global (GPS) e sensores de colheita permitem rastrear a maturação dos frutos em tempo real, facilitando a identificação de áreas com maior potencial de produção e otimizando o processo de colheita.

Dragone (2003) destaca que a citricultura tem buscado constantemente novas abordagens de gerenciamento e administração da produção para aprimorar a eficiência dos processos produtivos. Nesse contexto, a Agricultura de Precisão (AP) emerge como uma resposta ideal para suprir essa demanda. Diversas pesquisas têm sido conduzidas para adaptar as técnicas de AP à realidade da citricultura brasileira, incluindo o mapeamento da variabilidade espacial do solo, a criação de mapas de produtividade, a aplicação de corretivos e fertilizantes em taxas variáveis e a implementação de sistemas de piloto automático para sulcação e plantio de mudas.

A aplicação localizada de insumos tem sido alvo de extensos estudos e refinamentos para ser aplicada na cultura de citros na Flórida. Esta abordagem é central nos trabalhos de Miller et al., (2003a, 2003b) e Schumann et al., (2005), que adaptaram a tecnologia de taxa variável de aplicação, conhecida como VRT (Variable Rate Technology), originalmente desenvolvida para outras culturas, às especificidades de um pomar de citros. Esta nova forma de aplicação de insumos opera, em geral, por meio de ferramentas capazes de identificar e mapear a variabilidade espacial do solo, das características das plantas ou das condições ambientais.

O levantamento de dados pode ser realizado por meio da coleta de amostras ou de sensores. Além disso, é essencial um sistema mecanizado capaz de localizar e distribuir os insumos conforme a variação espacial identificada. O uso de GPS é fundamental tanto para a obtenção das coordenadas dos dados coletados quanto para a localização precisa do equipamento no campo, garantindo que as ações de manejo sejam aplicadas no local correto.

Embora a utilização da taxa variável seja mais comum na aplicação de fertilizantes granulares, o conceito pode ser estendido a qualquer outro insumo, como herbicidas, inseticidas, produtos fitossanitários ou até mesmo água.

Tumbo et al., (2006) avaliaram um controlador para aplicação de nematicidas em áreas infestadas em pomares de citros, enquanto Chang et al., (2006) examinaram a tecnologia VRT para o manejo de doenças em citros. Ambos os estudos visaram reduzir o impacto ambiental causado pelo uso excessivo de defensivos. Esta linha de pesquisa é particularmente relevante na Flórida, onde os solos apresentam textura arenosa, aumentando o risco de lixiviação de poluentes para os lençóis freáticos.

Algumas práticas da agricultura de precisão se destacam como peculiares à citricultura ou a culturas arbóreas perenes. Uma delas é o mapeamento do tamanho e volume da copa das árvores. Essa informação é fundamental para práticas de manejo e tomada de decisões, como o cálculo do volume de calda a ser utilizado em aplicações fitossanitárias, a determinação da quantidade de fertilizantes e defensivos a serem aplicados ou a predição da produtividade (Lee, 2008).

Normalmente, o cálculo do volume da copa é feito manualmente, o que pode ser custoso e trabalhoso. Estudos conduzidos por Ehsani; Lang (2002), Wei; Salyani (2004, 2005), conforme citado por Lee (2008), focaram no desenvolvimento de sensores a laser capazes de mensurar, por meio de algoritmos específicos, as dimensões e o volume da copa. Lee (2008) destaca a alta precisão desses sensores em comparação com a medição manual.

Além disso, a agricultura de precisão oferece benefícios significativos em termos de redução de custos e aumento da produtividade. Ao otimizar o uso de insumos e maximizar o potencial produtivo dos pomares, os produtores de citros podem alcançar maiores rendimentos e lucros mais consistentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura precisão é um campo em evolução, e sua definição e padronização ainda estão em fase de desenvolvimento. No entanto, podemos considerar que se trata do emprego de sistemas digitais, métodos computacionais, redes de sensores e comunicação, aliados a práticas gerenciais e administrativas avançadas, como parte integrante da agricultura 4.0.

Este conjunto de práticas e tecnologias representa um avanço incremental em relação à agricultura convencional, e sua implementação ainda está em processo de testes e consolidação. Na cultura do citrus, especificamente, a agricultura precisão está sendo explorada para melhorar a eficiência na gestão de pomares, monitoramento da saúde das árvores, prevenção de doenças e otimização da colheita, promovendo assim um manejo mais sustentável e produtivo.

REFERÊNCIAS

- 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.
- NEVES, E. M., DAYOUB, M., DRAGONE, D. S., NEVES, M. F. Citrucultura Brasileira: Efeitos Econômico-Financeiro, 1996 – 2000. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal – SP, v.23, n. 2, p. 432-436, 2001.
- 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.
- FERNEDA, Rodrigo. Adoção de tecnologias da indústria 4.0 por firmas do agronegócio do Rio Grande do Sul. 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.
- LEE, K., EHSANI, R. A laser-scanning system for quantification of tree geometric characteristics. In ASAE Annual International Meeting. Rhode Island: ASAE (Paper, 083980) 2008
- 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.
- MARTINS, Rodrigo Nogueira. Modeling of coffee ripeness and beverage quality using proximal and remote sensing. 2022.
- MASSRUHÁ, Silvia 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.
- MILLER, W. M., SCUMANN, A. VRT citrus test plot applications of granular fertilizer. In ASAE Annual International Meeting. Las Vegas: ASAE (Paper, 031127) 2003(a). MILLER, W. M., WHITNEY, J. D., SCHUMANN, A. A test program to assess VRT granular fertilizer applications for citrus. In ASAE ANNUAL INTENATIONAL MEETING. Las Vegas ASAE (Paper, 031126) 2003(b).
- 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.
- MUNIZ, Lucas Rocha. Internet das coisas na agricultura moderna: estudo da integração entre automação e sensoriamento no cultivo de frutos no nordeste brasileiro. 2021.
- QUEIROZ, Daniel Marçal de et al., Sensores aplicados à Agricultura Digital: Uma revisão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, 2021.

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.

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.

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

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, 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.

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.

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>.

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