RECIT
Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia
Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia
ISSN: 2175-1846

https://periodicos.utfpr.edu.br/recit

Jaqueline Santos Vieira
vieirajaqueline@academico.ufs.br
Orcid: 0000-0002-1604/8645
Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, Brasil.

Maria Emilia Camargo
mekamargo@gmail.com
Orcid: 0000-0002-3800/2832
Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, Brasil.

Agricultura sustentável e inteligência artificial: Análise de contribuições e desafios

RESUMO

A presente pesquisa analisa a contribuição da inteligência artificial para práticas agrícolas sustentáveis, com foco nos benefícios para as pessoas, o meio ambiente e a economia. Com o objetivo de atender metas como Fome Zero e agricultura sustentável, investiga-se o impacto da tecnologia de inteligência artificial na agricultura, identificando os obstáculos que podem dificultar seu uso sustentável e as oportunidades que ela oferece. A pesquisa é uma Revisão de Escopo e possui natureza exploratória, usando bibliometria para análise de dados secundários de artigos e patenteometria para análise de patentes, utilizando os softwares R e RStudio e biblioteca bibliometrix para o tratamento de dados científicos, e o Sistema Orbit Intelligence da Questel para a análise de patentes. Foram mapeados 493 artigos e 32 famílias de patentes, demonstrando uma maior concentração de esforços por parte de pesquisadores, empresas e academia nos últimos cinco anos, especialmente em 2023. Dada a sustentabilidade, que beneficia as pessoas, o meio ambiente e a economia, o uso de inteligência artificial mostra resultados mais favoráveis para a economia e o meio ambiente do que para a melhoria das condições de vida das pessoas.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial; Propriedade Intelectual; Agricultura Sustentável.

INTRODUÇÃO

No contexto mundial da avaliação das Organizações das Nações Unidas (ONU) para assegurar a segurança alimentar e nutrição da população mundial para 8,5 mil milhões de pessoas até 2030 e 9,6 mil milhões de pessoas até 2050, haverá uma grande procura por produtos alimentares e agrícolas. Considerando o espaço agrícola limitado, a falta de água, as alterações climáticas e as condições ambientais em constante mudança, é necessário criar soluções novas e inovadoras para a agricultura (JARARWEH *et al*., 2023).

Martos *et al*. (2021) salientam que, as tecnologias disponíveis, como o sensoriamento remoto devem ser integradas de maneira eficiente à agricultura para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o segundo objetivo de "fome zero". A tecnologia de sensoriamento remoto gera uma grande quantidade de dados que requer a utilização de inteligência artificial e big data para obter produtos úteis, o que aumenta a capacidade e a eficiência da agricultura para garantir sua sustentabilidade.

Um dos princípios básicos da agricultura sustentável é a previsão de sua evolução futura. Atualmente, a inteligência artificial é reconhecida como uma ferramenta útil para a análise e previsão de negócios (Stehel, Horak e Vochozka, 2019). Thudi *et al*. (2021) argumentam que o aumento da demanda por alimentos, rações, fibras e combustíveis requer a quebra de barreiras à produtividade. A inteligência artificial pode contribuir para o melhoramento genético das plantas, acelerando os ganhos genéticos, fornecendo variedades de culturas resilientes ao clima e com elevada nutrição para uma agricultura sustentável.

As técnicas de inteligência artificial empregadas na agricultura têm como objetivo detectar e classificar doenças de plantas, especialmente quando combinadas com diferentes técnicas de pré-processamento de imagem para extrair características relevantes de imagens de plantas, como as técnicas K-vizinhos mais próximos, regressão logística, árvore de decisão, máquina de vetor de suporte e redes neurais convolucionais (Thanjaivadivel *et al*., 2023).

Segundo Bhavna *et al*. (2023), o aprendizado profundo, como um subconjunto da inteligência artificial, mostrou capacidades notáveis em tarefas de reconhecimento de imagem, como as Redes Neurais Convolucionais na classificação de imagens, o que as torna uma escolha natural para identificar variedades de plantas. Al-Adhaileh e Aldhyani (2022) salientam que a inteligência artificial pode estimar o impacto dos fatores ambientais e dos parâmetros agrotécnicos no rendimento das culturas agrícolas, bem como a previsão do rendimento através de redes neurais artificiais.

O aprendizado de máquina torna possível que máquinas agrícolas ou dispositivos de tratamento automatizados, como pulverizadores inteligentes, tratem das ervas daninhas, dos insetos e/ou dos patógenos no campo agrícola de acordo com regras ecológicas e econômicas. O reconhecimento de imagem é usado para detectar e identificar automaticamente os diferentes objetos que devem ser tratados (Ole *et al*., 2020). Khanna *et al*.(2022) dizem que as tecnologias digitais e a inteligência artificial estão permitindo a coleta de grandes quantidades de dados georreferenciados sobre as condições de crescimento no campo, a implementação automatizada de insumos e a diminuição da necessidade de insumos químicos.

Segundo Alreshidi (2019), ainda há pouca pesquisa e desenvolvimento em relação à Agricultura Sustentável Inteligente, com obstáculos complexos decorrentes da fragmentação dos processos agrícolas, como o controle e a operação de máquinas de IoT/IA; o compartilhamento e o gerenciamento de dados; a interoperabilidade; e grandes quantidades de análise e armazenamento de dados.

As tecnologias inteligentes e radicais na agricultura, como a Inteligência Artificial, a Robótica e a Internet das Coisas, têm trazido à tona a preocupação com o social, uma vez que elas têm contribuído para aumentar a produtividade e a ecoeficiência sem levar em conta os problemas sociais existentes (Rose e Chilvers, 2018). Eles enfatizam a necessidade de a agricultura estar alinhada ao conceito de inovação responsável, que deve contemplar as seguintes dimensões: antecipação, inclusão, reflexão e capacidade de resposta, para que possam aplicar a quarta revolução agrícola.

Klerkx e Rose (2020) ressaltam que os processos de inovação responsável antecipam os impactos potenciais da agricultura 5.0 através de processos inclusivos e de uma postura de reflexão e responsabilidade em relação aos efeitos emergentes ajustando a direção e o curso dos caminhos de transição para sistemas agrícolas e alimentares sustentáveis.

A pesquisa visa avaliar a contribuição da inteligência artificial em práticas agrícolas que beneficiem simultaneamente as pessoas, o meio ambiente e a economia, o que se entende por sustentável.

Para alcançar metas sustentáveis como Fome Zero e Agricultura Sustentável, é necessário investigar as tecnologias de inteligência artificial em uso na agricultura e seus impactos; identificar obstáculos que podem dificultar a utilização da tecnologia de forma sustentável e explorar as possibilidades que essa tecnologia oferece.

METODOLOGIA

Este estudo é classificado como exploratório, empregando a pesquisa bibliométrica e a patentária para realização de Revisão de Escopo, através da coleta e análise de dados secundários de artigos através da Base Scopus e patentes com dados disponibilizados nos escritórios de propriedade intelectual.

Os documentos para a Revisão de Escopo e o mapeamento científico temático foram obtidos a partir de artigos e revisões de literatura publicados sobre o tema na base Scopus, através de uma pesquisa simples nos campos de texto de pesquisa do título do artigo, resumo e palavra-chave. Foi utilizado termos de busca para procurar uma frase específica, com o uso das aspas. (“sustainable agriculture” OR “sustainable farming”) AND (“artificial intelligence” OR “Deep Learning” OR “Machine Learning”). Os softwares R e RSTUDIO foram utilizados para análise e tratamento dos dados, por meio da biblioteca Bibliometrix.

Não foi realizado inclusão nem exclusão de documentos.

Estratégia de Busca – 493 resultados - ((TITLE-ABS-KEY ("sustainable agriculture") OR TITLE-ABS-KEY ("sustainable farming"))) AND ((TITLE-ABS-KEY ("artificial intelligence") OR TITLE-ABS-KEY ("Deep Learning") OR TITLE-ABS-KEY

("Machine Learning"))) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re"))

O levantamento de informações tecnológicas foi realizado no Sistema Orbit, a partir da combinação de termos de busca das frases sustainable agriculture OR sustainable farming AND artificial intelligence.

A busca de patentes e o tratamento de dados foram realizados pelo Sistema Orbit Intelligence da Questel, que acessa a base de dados internacional (Worldwide), administrada pelo Instituto Europeu de Patentes (EPO/EPA/IEP).

Os códigos da classificação internacional(IPC) de patentes mais usados na prospecção tecnológica sobre o tema são: IPC G06N-20/00 que corresponde a técnica Aprendizado de Máquina aplicado a agricultura e o IPC G06N 3/08 para Métodos de Aprendizado Profundo.

RESULTADOS

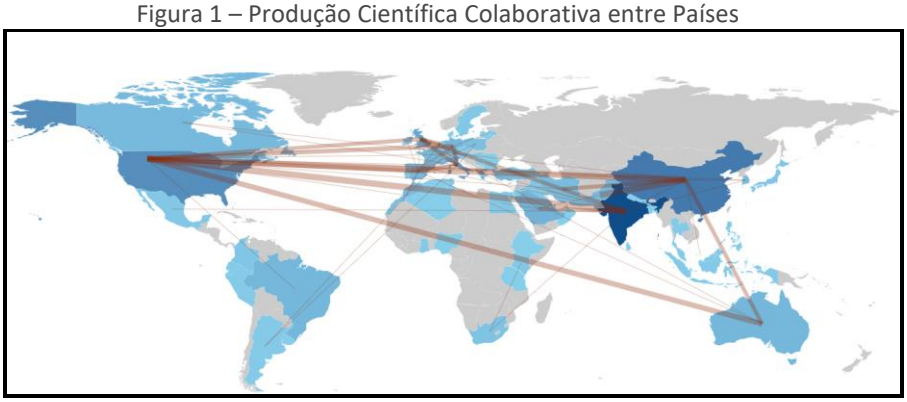
O mapeamento científico analisou 493 documentos, sendo que, nos anos de 2014 e 2018, somente 09 artigos foram publicados sobre o tema e 284 documentos foram publicados nos anos de 2019 e 2023, o que representa um aumento de 3055% no comparativo de dois ciclos de cinco anos, o que indica que o tema é insipiente, mas nos últimos cinco anos tem sido de interesse dos autores.

O mapeamento temático destaca a relevância entre inteligência artificial, aprendizado de máquina e agricultura de precisão. Em menor grau, são importantes as práticas sustentáveis relacionadas à biotecnologia e gestão de recursos.

A agricultura sustentável é um tema que está relacionado ao sensoriamento remoto e à segurança alimentar, com base nas palavras-chave dos autores.

Cabe destacar que a agricultura sustentável está totalmente integrada ao tema da inteligência artificial. Como a contribuição dos sistemas de suporte à decisão e as mudanças climáticas.

Figura 1 – Produção Científica Colaborativa entre Países



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A figura 1 apresenta as colaborações entre países sobre o tema nas publicações científicas. A Índia é o país que mais publica artigos sobre o tema, tendo os Estados Unidos como o principal parceiro nas publicações de autores

correspondentes, além de outros países como Arábia Saudita, Reino Unido, China, França, Iraque, Itália, Coréia e México. Seguido pela China.

As dez primeiras afiliações/instituições de pesquisa sobre o tema são: Instituto dos Recursos Agrícolas e do Ordenamento do Território, Centro Leibniz de Pesquisa da Paisagem Agrícola (ZALF), Universidade de Dhaka, Universidade da Ilha do Príncipe Eduardo, Universidade da Macedônia Ocidental, Universidade Agrícola de Huazhong, ICAR-Instituto Indiano de Pesquisa agrícola, Universidade de Jiangsu, Universidade Széchenyi István e Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Os países mais produtivos através do autor correspondente e que mais publicaram sobre a utilização da inteligência artificial na agricultura sustentável são: Índia em 46 artigos, a China em 26 artigos e os Estados Unidos em 10 artigos.

Os autores indianos direcionam esforços para a utilização da inteligência artificial para solucionar problemas no campo, principalmente na gestão de terras e águas, como a economia de água de irrigação, sistemas automatizados e eficientes para monitoramento da germinação de sementes entre outras. Além disso, foi possível observar também, o uso da IA para auxiliar os pequenos agricultores do país, como a tecnologia AGRIResponse, desenvolvido pelo ICAR e o Instituto Thapar.

A adoção da inteligência artificial possui vários desafios, como a necessidade de soluções de inteligência artificial de ponta que sejam inovadoras e eficientes, bem como a necessidade de maior investimento em infraestrutura e treinamento. A situação se agrava pelas inúmeras restrições ambientais, sociais e econômicas enfrentadas no país (El Jarroudi et. al.,2024).

Quadro 1 – Tecnologias de IA aplicadas a Agricultura Sustentável

Solução Tecnológica de IA	**Autores e ano**	**Citações**
Mapeamento da salinidade do solo usando algoritmos de aprendizado de máquina com o MSI Sentinel-2 em áreas áridas, China	Wang *et al* (2021)	67
Desenvolvimento de um modelo de adequação de terras para o cultivo de frutas cítricas usando SIG e técnicas de avaliação multicritério na província de Antalya, na Turquia	Tercan e Dereli(2020)	67
Sensor suave habilitado por inteligência artificial e internet das coisas para agricultura sustentável usando arquitetura de aprendizado profundo de conjunto	Wongch *et al*.(2022)	63

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

O quadro 1 mostra três tecnologias que empregam a inteligência artificial na agricultura sustentável como soluções para melhorar a agricultura sustentável, com base no levantamento dos artigos científicos e de forma a servir como um indicador da possibilidade de criação de propriedade intelectual.

O primeiro artigo é sobre inteligência artificial, aprendizado de máquina e agricultura de precisão para uma modelagem de cenários de salinização do solo em áreas áridas (Wang *et al*, 2021).

O artigo de Tercan e Dereli(2020) é um sistema de apoio à decisão por meio de um serviço especializado para avaliar a viabilidade de uma cultura específica, como a citricultura, para fins de planejamento do uso da terra agrícola, manejo e comunidade, envolvendo os produtores e outros agentes interessados.

O terceiro artigo de Wongchai *et al*.(2022) utiliza as tecnologias de aprendizado profundo e internet das coisas para a agricultura sustentável, apresentando novas técnicas de tecnologia de inteligência artificial baseadas em sensores suaves integrados a modelos de sensoriamento remoto usando arquiteturas de aprendizado profundo.

Em relação ao desenvolvimento tecnológico, é possível identificar patentes que têm abrangência mundial e programas de computador no Brasil. O mapeamento tecnológico de patentes é composto por de 32 famílias de patentes. A maior produção de 25 famílias de patentes em 2023, corresponde a 78% dos resultados, considerando os últimos cinco anos de 2019 e 2023. Isso significa que há novas tecnologias para a agricultura sustentável.

O aprendizado de máquina (do inglês *machine learning*) é importante para patentes que requerem domínio técnico em Métodos de Tecnologia da informação para Gerenciamento e para Outras Máquinas Especiais.

A técnica de Aprendizado de Máquina para agricultura tem cinco áreas de tecnologia com IPC G06N-20/00: (1) como o tipo de solo, como tomar decisões e evitar surto de doenças (2) infraestrutura, deficiência de nutrientes e agricultura inteligente (3) Decisão, Data transmissão e atuador (4) Agricultura de precisão, recomendação de cultura e gestão de fertilizantes e (5) Irrigação automatizada, agricultura sustentável e parâmetros de agricultura.

A aplicação da inteligência artificial abrange diversas área da agricultura, como a tomada de decisões em relação à infestação de pesticidas, umidade, detecção precoce, irrigação programada e crescimento de colheita.

No que diz respeito aos Métodos de Aprendizado Profundo, os conceitos mais recorrentes nessa área de estudo são as estimativas de rendimento de culturas, diagnósticos acurados, saúde de culturas, fácil detecção, gestão de doenças, redes neurais convolucionais e visão geral da ação. O aprendizado profundo requer o domínio das tecnologias de computação, métodos de TI para gerenciamento e tecnologia médica.

A tecnologia patenteada pela Universidade indiana LPU – Universidade Profissional Adorável, o Método de identificação de doenças foliares de plantas usando abordagem de aprendizagem profundo para a agricultura sustentável (IN202311019031), possui o domínio tecnológico de tecnologias de computação, métodos de TI para gerenciamento e a detecção automatizada de doenças foliares de plantas para o tratamento de precisão usando redes neurais convolucionais. Já a patente Detecção automatizada de doenças foliares e tratamento de precisão usando redes neurais convolucionais (IN202441044254) da empresa Sivakumar utiliza as tecnologias médicas.

São aplicações para a agricultura sustentável, que utilizam o aprendizado profundo, o pré-processamento e modelos de treinamento, a detecção de doenças de plantas, a colheita e a acurácia nos diagnósticos.

São clusters tecnológicos de aprendizado profundo aplicados à agricultura sustentável (1) internet das coisas, K vizinho mais próximo e otimização do crescimento da colheita (2) máximo, certificação de saúde e certificação de morte (3) Agricultura de nova geração, detecção de doenças de culturas e proposta de modelos (4) identificação, folhas de planta e detecção de doenças em folhas de plantas (5) Aprendizado de máquina, modelos preditivos e predição de rendimentos.

A Índia tem investido mais em patentes na área, especialmente nas academias e colégios, 21 famílias de patentes até 2023. Mas o país não protege suas tecnologias em outros mercados. O Brasil, Canadá, China, Japão, Rússia e Estados Unidos possuem apenas três famílias de patentes.

O quadro 2 apresenta três patentes com maior impacto, com base no número de citações relacionadas ao período de vigência da patente.

Quadro 2– Patentes da Inteligência Artificial aplicadas a Agricultura Sustentável

Patente	Cessionário	Tecnologia	Impacto
IN202041039250	Inventores independentes	Um modelo de negócio sustentável e inteligente para a agricultura usando aprendizado de máquina baseado em nuvem.	6,97
EP3945804	BASF Agro	Método para tratamento de plantação de um campo de plantação	4,53
CN115661641	Universidade Agrícola de Qingdao	Método e sistema para avaliar parâmetros fenotípicos importantes de jardins de chá em diferentes estágios de crescimento com base em sensoriamento remoto de veículos aéreos não tripulados de múltiplas fontes	4,04

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A primeira invenção emprega três tecnologias de ponta, a internet das coisas, o aprendizado de máquina e a computação em nuvem. O modelo propõe recomendações sobre seleção de culturas, estimativa de preços, previsão de rendimento de culturas e sugestões de especialistas sobre fertilizantes, pesticidas e novas metodologias. O diferencial da tecnologia para os autores é a sinergia com o mercado, uma vez que comerciantes locais, compradores globais, especialistas e outros serviços de extensão também estão diretamente integrados a esta plataforma.

A segunda patente é uma tecnologia da empresa BASF, que controla um dispositivo de tratamento de um sistema de gestão de campo. A parametrização depende de dados de campo offline que indicam as condições esperadas no campo de plantação, tira uma imagem do campo de plantação, reconhece objetos na imagem e, opcionalmente, determina uma composição do produto de tratamento, de acordo com a parametrização, os dados de campo em linha e/ou os objetos.

A BASF Agro Tradmarks é a líder no ramo e tem três famílias de patentes de 2020 com domínio técnico em tecnologia da computação, máquinas especiais e tecnologia ambiental. Com o objetivo de proteger o mercado, suas patentes são protegidas no Brasil, Canadá, China, Índia, Japão, Rússia, Estados Unidos e Argentina.

Como empresa química líder mundial, o seu desempenho econômico, ambiental e social depende da capacidade de aumentar as oportunidades existentes em um mercado crescente de inovações mais sustentáveis. Para isso, usa-se o método específico denominado Direção para Soluções de Sustentabilidade para avaliar a sustentabilidade do portfólio de produtos, analisar projetos de inovação e integrar o estágio inicial dos processos de pesquisa e desenvolvimento, conforme o Relatório ano fiscal 2018.

A terceira patente é chinesa, com um método de avaliação que compreende etapas de aquisição de imagens de jardins de chá através de câmeras e o pré-processamento das imagens. De acordo com o método, as informações de múltiplos fenótipos das árvores de chá podem ser obtidas com rapidez e precisão, e a análise conjunta dos múltiplos fenótipos tem um significado importante para orientar o manejo do jardim de chá. Bem como a aplicação do veículo aéreo não tripulado na agricultura de precisão e na agricultura sustentável pode ser expandida.

São 277 projetos financiados na Europa para que a área de aprendizado de máquina e agricultura sustentável. Em termos de projetos de pesquisa e desenvolvimento sobre a aplicação do aprendizado profundo na agricultura sustentável, foram identificados 324 projetos, com a Espanha com 109 projetos, a Itália com 109 projetos e a Alemanha com 105 projetos.

É importante salientar que a inteligência artificial tanto na produção científica quanto na produção tecnológica tem um impacto direto em duas metas do Segundo Objetivo Sustentável da ONU – Fome Zero e Agricultura Sustentável, que são (1) Implementar práticas agrícolas resilientes que aumentem a produtividade e melhorem a manutenção dos ecossistemas, e (2) Dobrar a produtividade agrícola e a renda dos produtores de alimentos em pequena escala.

CONCLUSÕES

Dada a sustentabilidade, que beneficia as pessoas, o meio ambiente e a economia, o uso de inteligência artificial mostra resultados mais favoráveis para a economia e o meio ambiente do que para a melhoria das condições de vida das pessoas, como os pequenos agricultores.

A inteligência artificial é uma ferramenta estratégica para a agricultura sustentável no mundo, uma vez que contribui para atingir pelo menos duas metas estabelecidas pela ONU, que são o Fome Zero e a Agricultura Sustentável.

Nos últimos cinco anos, pesquisadores, inventores e empresas começaram a usar a inteligência artificial para agricultura sustentável, com muitos artigos científicos, patentes e projetos financiados, especialmente em 2023.

A Índia investe mais em tecnologia de inteligência artificial para atingir o segundo objetivo sustentável da ONU, apesar dos obstáculos para fornecer aos

agricultores os conhecimentos necessários para otimizar o uso da inteligência artificial.

Sustainable agriculture and artificial intelligence: Analysis of contributions and challenges

ABSTRACT

This study analyzes the contribution of artificial intelligence (AI) to sustainable agricultural practices, focusing on the benefits for people, the environment, and the economy. Aiming to meet goals such as Zero Hunger and sustainable agriculture, it investigates the impact of AI technology in agriculture, identifying the obstacles to its sustainable use and the opportunities it offers. The research is a Scoping Review with an exploratory nature, utilizing bibliometrics for secondary data analysis of articles and patentometrics for patent analysis. The software R and RStudio, along with the bibliometrix library, were used for scientific data processing, and the Orbit Intelligence System by Questel was employed for patent analysis. A total of 493 articles and 32 patent families were mapped, showing a higher concentration of efforts from researchers, companies, and academia in the past five years, particularly in 2023. In terms of sustainability, AI presents more favorable outcomes for the economy and the environment than for improving people's living conditions.

KEYWORDS: Artificial Intelligence; Intellectual property;Sustainable Agriculture.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência de Inovação AGITTE por disponibilizar o sistema Orbit Intelligence e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AL-ADHAILEH, Mosleh Hmoud; ALDHYANI, Theyazn HH. **"Artificial intelligence framework for modeling and predicting crop yield to enhance food security in Saudi Arabia."** PeerJ Computer Science, v. 8, p. e1104, 2022.

ALRESHIDI, Eissa. **"Smart sustainable agriculture (SSA) solution underpinned by internet of things (IoT) and artificial intelligence (AI)."** arXiv preprint arXiv:1906.03106, 2019.

BHAVNA, R. *et al*. **A deep learning embedded system for plant varieties identification for crop protection and pest control management**. Depositante: Byeon Haewon. IN202321070547. Depósito: 17 out. 2023.

BASF online report. (n.d.). BASF Online Report. Retrieved September 06, 2024, from https://report.basf.com/2018/en/overviews/trademarks.html

EL JARROUDI, Moussa *et al*. **"Leveraging edge artificial intelligence for sustainable agriculture."** Nature Sustainability, p. 1-9, 2024.

JARARWEH, Yaser *et al*. **"Smart and sustainable agriculture: Fundamentals, enabling technologies, and future directions."** Computers and Electrical Engineering, v. 110, p. 108799, 2023.

KHANNA, Madhu *et al*. **"Digital transformation for a sustainable agriculture in the United States: Opportunities and challenges."** Agricultural Economics, v. 53, n. 6, p. 924-937, 2022.

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

MARTOS, Vanesa *et al*. **"Ensuring agricultural sustainability through remote sensing in the era of agriculture 5.0"**. Applied Sciences, v. 11, n. 13, p. 5911, 2021.

OLE et al. **Method for plantation treatment of a plantation field**. Depositante: Basf Agro Trademarks. IN202127048242. Depósito: 27 mar. 2020.

ROSE, David Christian; CHILVERS, Jason. **"Agriculture 4.0: Broadening responsible innovation in an era of smart farming."** Frontiers in Sustainable Food Systems, v. 2, p. 87, 2018.

STEHEL, Vojtěch; HORÁK, Jakub; VOCHOZKA, Marek. **"Prediction of institutional sector development and analysis of enterprises active in agriculture."** 2019.

TERCAN, Emre; DERELI, Mehmet Ali. **"Development of a land suitability model for citrus cultivation using GIS and multi-criteria assessment techniques in Antalya province of Turkey."** Ecological Indicators, v. 117, p. 106549, 2020.

THANJAIVADIVEL, M. *et al*. **Integrated deep convolutional neural networks and texture-based feature extraction for accurate plant disease classification**. Depositante: Reva University. IN202341062137. Depósito:15 set. 2023.

Take action for the sustainable development goals. (2018, May 17). United Nations Sustainable Development; United Nations: Sustainable Development Goals. https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/

THUDI, Mahendar *et al*. **"Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture."** Journal of Plant Physiology, v. 257, p. 153351, 2021.

WANG, Jiaqiang *et al*. **"Soil salinity mapping using machine learning algorithms with the Sentinel-2 MSI in arid areas, China."** Remote Sensing, v. 13, n. 2, p. 305, 2021.

WONGCHAI, Anupong *et al*. **"Artificial intelligence-enabled soft sensor and internet of things for sustainable agriculture using ensemble deep learning architecture."** Computers and Electrical Engineering, v. 102, p. 108128, 2022.

Recebido: 26/**09/2024**.
Aprovado: 30/04/2025
DOI: 103895/recit. v16n39.19217
Como citar: VIEIRA, Jaqueline Santos; CAMARGO, Maria Emilia. Agricultura sustentável e inteligência artificial: Análise de contribuições e desafios R. Eletr. Cient. Inov. Tecnol, Medianeira, v. 16. n. 39, p. 124- 136, jan/abr,2025 Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/recit>. Acesso em: XXX.
Correspondência:
Jaqueline Santos Vieira,
Universidade Federal de Sergipe
Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 49100-000
Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0 Internacional.