

Uma revisão sistemática sobre internet das coisas na agricultura

Layra Luane Leal Silva, Vandırleya Barbosa da Costa

{layra.luane, vanderleya.barbosa}@ufpi.edu.br

Resumo:

Contexto: A Internet das Coisas (IoT) está transformando a maneira com que as pessoas se conectam com o mundo. A IoT tem se expandindo em diversas áreas, melhorando a eficiência e conectividade. Um dos setores que têm se beneficiado com o uso dessa tecnologia é a agricultura. A IoT na agricultura, ao contrário dos que muito pensam, tem se expandido gradativamente ao longo dos anos. Isso se deve ao fato de que a IoT na agricultura permite aos agricultores monitorar em tempo real as condições climáticas, o solo e o crescimento das plantas, o que permite que eles tomem decisões mais informadas e precisas sobre o que plantar, quando plantar e como cuidar das plantações.

Problema: Contudo, a falta de conhecimento sobre como aplicar adequadamente essa tecnologia na agricultura pode ser um empecilho. A IoT na agricultura requer um amplo entendimento a respeito das tecnologias adotadas, sobre quando e onde elas podem ser aplicadas. Um exemplo disso seria o conhecimento prévio sobre o uso de sensores para monitorar as condições do solo, das plantas e do clima, além de sistemas de automação para o controle desses fatores. Dessa forma, é importante compreender as limitações desta tecnologia e saber quais são os riscos potenciais antes de adotá-la em larga escala.

Resultados: Este estudo propõe uma revisão sistemática sobre o uso da IoT na agricultura. O objetivo é identificar quais as tecnologias a IoT tem utilizado na agricultura e quais as principais vantagens para os agricultores no seu uso. Para isso, foram realizadas pesquisas por artigos em uma base de dados, em seguida foram selecionados os trabalhos que atendiam ao enfoque desta pesquisa. O intuito é analisar e extrair informações, a fim de preencher lacunas e mapear tendências nesta área.

1. Introdução

A IoT visa unificar tudo em nosso mundo sob uma infraestrutura comum, dando-nos não apenas o controle das coisas ao nosso redor, mas também nos mantendo informados sobre o estado das coisas (Madakam et al., 2015). Com a tecnologia da IoT é possível monitorar constantemente os processos do nosso cotidiano e tomar medidas preventivas para solucionar problemas antes que eles ocorram. Segundo a revista Forbes, existe uma previsão de que 43 bilhões de dispositivos estarão conectados a IoT em 2023.

Com a grande expansão da IoT, diversas áreas da indústria já fazem uso desta tecnologia. No que se refere a área agrícola, não poderia ser diferente. A IoT está sendo amplamente utilizada na agricultura, através de sistemas de gerenciamento, sistemas de monitoramento, sistemas de controle e máquinas não tripuladas (Kim et al., 2020). A tecnologia IoT tem um grande potencial para transformar a agricultura e torná-la mais

sustentável e rentável. A tendência é que essa tecnologia continue evoluindo, trazendo benefícios cada vez maiores para os agricultores

Portanto, essa revisão sistemática consiste em identificar e compreender os principais aspectos e tecnologias relacionadas à Internet das Coisas (IoT) que estão sendo utilizados na agricultura. Isso inclui mapear os diferentes campos de aplicação e os métodos tecnológicos específicos que estão sendo usados para melhorar a eficiência, a produtividade e a qualidade dos cultivos.

2. Metodologia

Uma revisão sistemática consiste em um processo que busca coletar e resumir todas as evidências científicas disponíveis sobre um tópico específico. Neste trabalho, realizamos uma revisão sistemática para traçar resultados sobre a utilização da internet das coisas (IoT) em conjunto com a agricultura. A Figura 1 ilustra as etapas aplicadas na metodologia da revisão sistemática.

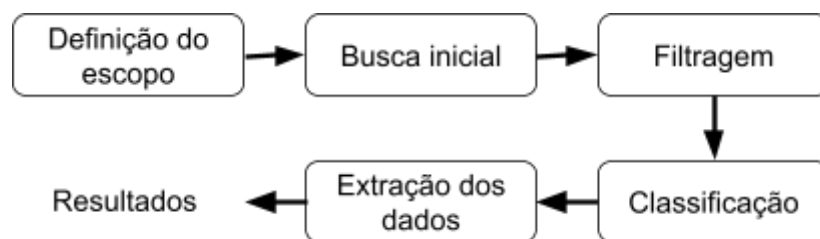


Fig. 1: Etapas aplicadas na revisão sistemática.

2.1 Definição do escopo

A primeira etapa do trabalho é crucial para o sucesso da pesquisa, pois é nela que são definidas as perguntas que serão utilizadas para estabelecer o escopo do trabalho. As perguntas devem ser cuidadosamente elaboradas para garantir que elas possam proporcionar a contribuição esperada para o campo de estudo, além de preencher lacunas existentes sobre o uso do IoT na agricultura. A definição dessas perguntas é fundamental para orientar a coleta e análise de dados, bem como para garantir que os resultados obtidos sejam relevantes e contribuam para o avanço do conhecimento na área. A seguir são apresentadas as perguntas que delimitam o escopo desta pesquisa:

- Q1: Com qual objetivo a IoT tem sido usada na agricultura?
- Q2: Quais os benefícios de usar IoT na agricultura?
- Q3: Quais tecnologias a IoT usa na agricultura?

2.2 Busca inicial

Nesta etapa foi preciso definir uma string de busca para a pesquisa dos artigos. A Tabela 1 mostra as palavras-chaves utilizadas para filtrar artigos com o tema proposto neste trabalho. A string de busca foi elaborada de maneira genérica para abranger uma gama maior de artigos que tratavam sobre o uso do IoT na agricultura.

Tabela 1: String de busca.

"IoT" E "agriculture"

A busca por artigos foi realizada utilizando a plataforma IEEE Xplore. Foram selecionados somente artigos empíricos, ou seja, aqueles que apresentam resultados de

pesquisas conduzidas com dados coletados a partir de experimentos ou estudos de campo. Foram excluídos da seleção os trabalhos do tipo "survey" e "review", que são geralmente baseados em revisões bibliográficas, pois seriam irrelevantes para esse trabalho. Dessa forma, garantiu-se que os artigos coletados fossem relevantes e contribuíssem para a análise e discussão dos objetivos da pesquisa. A Tabela 2 apresenta os 20 artigos selecionados para essa revisão.

Tabela 2: Artigos coletados para a revisão sistemática.

Referência	Título
[Santos et al., 2022]	Analysis of MQTT-SN and LWM2M communication protocols for precision agriculture IoT devices
[Kuaban et al., 2022]	An IoT Course Program to Foster the Adoption of IoT Driven Food and Agriculture in Sub-Saharan Africa (SSA)
[Liu and Yan, 2022]	The application of Machine Learning and IOT in Smart Agriculture
[Kumar et al., 2021]	Application of IoT in Agriculture
[Stojanović et al., 2021]	A Feasible IoT-Based System for Precision Agriculture
[Rathor and Kumari 2021]	Smart Agriculture System Using IoT and Cloud Computing
[Ravinder and Reddy 2021]	An Advanced Agriculture IoT Technology with Wireless Application
[Vunnava et al. 2021]	IoT based Novel Hydration System for Smart Agriculture Applications
[Singhal et al. 2021]	Impact of Artificial Intelligence and IOT in Agriculture
[Kassim 2020]	IoT Applications in Smart Agriculture: Issues and Challenges
[Bogdanoff and Tayeb 2020]	An ISM-Band Automated Irrigation System for Agriculture IoT
[Liu 2020]	On the Application of Internet of Things in Smart Agriculture
[Saxena and Dutta 2020]	Improved the efficiency of IoT in agriculture by introduction optimum energy harvesting in WSN
[Parvez et al. 2020]	IoT in Agriculture
[Puranik et al. 2019]	Automation in Agriculture and IoT
[Suciu et al. 2019]	Secure smart agriculture monitoring technique through isolation

[Nagaraja et al. 2019]	IoT Based Smart Agriculture Management System
[Salam and Shah 2019]	Internet of Things in Smart Agriculture: Enabling Technologies
[Velloo et al. 2019]	Interactive Cultivation System for the Future IoT-Based Agriculture
[Ayaz et al. 2019]	Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk

2.3 Filtragem

Nesta etapa, é realizada uma seleção minuciosa dos artigos previamente selecionados. Inicialmente, é avaliado somente o resumo dos artigos, descartando aqueles que não abordam adequadamente o tema da pesquisa. Em seguida, é realizada uma análise detalhada de todos os artigos, excluindo aqueles que não respondem às três questões fundamentais deste trabalho. A Tabela 3 apresenta os resultados da filtragem dos artigos.

Tabela 3: Artigos descartados após a filtragem.

Referência	Motivo de exclusão
[Santos et al. 2022]	Trata-se sobre uma comparação de desempenho e não fornece as informações necessárias para o foco desta pesquisa.
[Kuaban et al. 2022]	O artigo trata sobre cursos para promover a adoção da IoT nos setores de alimentos e agricultura. Não responde todas as questões desta pesquisa.
[Ravinder and Reddy 2021]	O artigo aborda somente as melhorias de um robô para auxiliar na agricultura. Não responde todas as questões desta pesquisa.
[Singhal et al. 2021]	O artigo estuda tecnologias relevantes para o agricultor, não responde todas as questões desta pesquisa.
[Bogdanoff and Tayeb 2020]	O artigo propõe um sistema que pode atuar nas implementações agrícolas. Não responde todas as questões desta pesquisa.
[Saxena and Dutta 2020]	Este trabalho trata-se sobre um sistema sem fio para colheita. Não responde todas as questões desta pesquisa.
[Puranik et al. 2019]	Neste trabalho os autores focam em como automatizar a manutenção na agricultura. Não responde todas as questões deste trabalho.
[Suciu et al. 2019]	O artigo tem como objetivo demonstrar como o processamento de Big Data e o conceito de operação. Não responde todas as questões desta pesquisa.
[Salam and Shah 2019]	Aborda um roteiro de pesquisa em tecnologia IoT para o campo da agricultura. Não responde todas as questões.

[Veloo et al. 2019]	Propõe um sistema para obter dados compostos de crescimento em vários ambientes e culturas destinadas a hortas caseiras e arrozais. Não responde todas as questões desta pesquisa.
---------------------	--

A Tabela 4 apresenta os artigos restantes após a realização da filtragem. Após essa etapa, os 10 artigos listados na tabela foram considerados relevantes para a continuidade da pesquisa.

Tabela 4: Artigos restantes após a filtragem.

Referência	Título
[Liu and Yan 2022]	The application of Machine Learning and IOT in Smart Agriculture
[Kumar et al. 2021]	Application of IoT in Agriculture
[Stojanović et al. 2021]	A Feasible IoT-Based System for Precision Agriculture
[Rathor and Kumari 2021]	Smart Agriculture System Using IoT and Cloud Computing
[Vunnava et al. 2021]	IoT based Novel Hydration System for Smart Agriculture Applications
[Kassim 2020]	IoT Applications in Smart Agriculture: Issues and Challenges
[Liu 2020]	On the Application of Internet of Things in Smart Agriculture
[Parvez et al. 2020]	IoT in Agriculture
[Nagaraja et al. 2019]	IoT Based Smart Agriculture Management System
[Ayaz et al. 2019]	Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk

2.4 Classificações e extração dos dados

Nesta etapa foi realizada uma classificação e uma análise exploratória dos dados. A classificação desta etapa foi dividida em duas partes. Na primeira, foram analisados os contextos em que a IoT está sendo aplicada na agricultura, classificados como foco geral. Esses contextos incluem sistemas de gerenciamento, sistemas de mapeamento, sistemas de controle e sistemas de monitoramento. Na segunda etapa, categorizamos os tipos de tecnologias utilizadas, incluindo sensores, drones, comunicação sem fio e aprendizado de máquina. Essa classificação é ilustrada na tabela 5.

Tabela 5: Classificação.

Foco geral	Sistemas de gerenciamento Sistemas de mapeamento Sistemas de controle Sistemas de monitoramento
Tecnologias	Sensores Drones Comunicação sem fio Aprendizado de máquina

3. Resultados

Esta seção apresenta a classificação geral dos resultados. As classificações foram previamente mencionadas na seção anterior.

3.1 Foco geral

A Figura 2 apresenta a classificação do foco geral dos artigos mapeados. De acordo com os dados exibidos no gráfico, é possível notar que a grande maioria dos artigos tem como foco geral o Sistemas de gerenciamento (50%) e Sistemas de monitoramento (30%). Nos trabalhos mapeados, contextos como Sistemas de monitoramento (10%) e Sistemas de controle (10%) foram menos abordados.

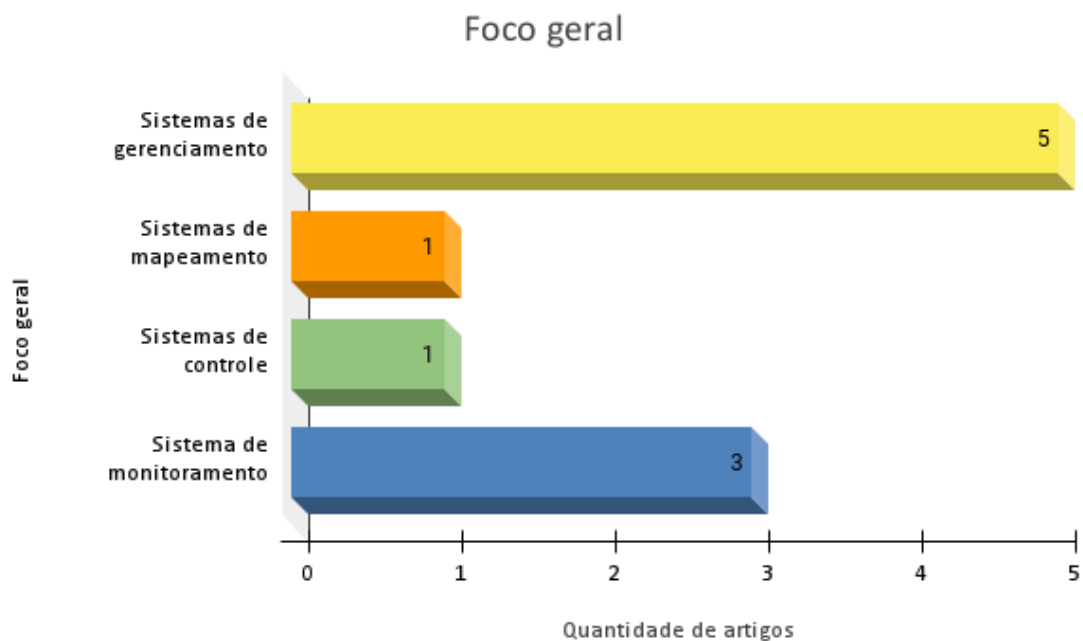


Fig. 2: Classificação do foco geral dos artigos.

3.1.1 Sistemas de gerenciamento

Um sistema de gerenciamento trata-se da capacidade de gerir recursos para planejar e otimizar operações, como planejamento de plantio e colheita. O sistema de gerenciamento utiliza dispositivos conectados à internet, como sensores, drones e câmeras, para coletar dados precisos e em tempo real sobre as condições climáticas, solo, plantas e animais. Esses dados são então processados e analisados para fornecer insights valiosos sobre como otimizar as operações de plantio e o uso de recursos naturais. Além disso, permite aos agricultores e gerentes de fazendas tomar decisões informadas e aumentar a eficiência e a rentabilidade das operações agrícolas.

3.1.2 Sistemas de monitoramento

Um sistema de monitoramento é utilizado para coletar e analisar dados. Esse sistema usa sensores para medir as condições ambientais, como umidade, temperatura e níveis de luz. Esses sensores coletam dados constantemente e os transmitem para uma central de monitoramento, onde são analisados e processados. O sistema de monitoramento também pode ser conectado a outras tecnologias, como drones, para coletar dados aéreos e fornecer uma visão mais completa das condições ambientais. Além de permitir que os agricultores acessem informações sobre as suas plantações em tempo real, permitindo-lhes tomar decisões baseadas nas condições atuais.

3.1.3 Sistemas de controle

Um sistema de controle refere-se ao uso de tecnologias que permitem controlar as condições ambientais, como umidade, temperatura e níveis de luz, para garantir que as plantações recebam as condições ideais para crescimento. Esse sistema também permite que os agricultores ajustem as condições de acordo com as necessidades das plantações de forma automatizada ou manual. Além disso, pode diminuir os custos de produção e aumentar a eficácia do plantio.

3.1.4 Sistemas de mapeamento

Um sistema de mapeamento engloba o uso de tecnologias para coletar e analisar dados geográficos, como imagens de satélite, para identificar áreas com potencial para cultivo e identificar problemas de solo, nutrição e pragas. O mapeamento de sistemas é importante para a agricultura moderna, pois permite uma maior eficiência na utilização dos recursos disponíveis. Esse sistema também pode ser utilizado com outros tipos de tecnologias, como drones e comunicação sem fio. Desse modo, agricultores e fazendeiros podem ter uma visão mais ampla sobre o plantio e tomar decisões com base nos dados coletados.

3.2 Tecnologias

A Figura 3 mostra o resultado da classificação das tecnologias mapeadas nos artigos. Como pode ser observado no gráfico, muitos dos trabalhos utilizaram sensores (56,3%) como tecnologia na implementação de um dos sistemas mencionados anteriormente. Outras tecnologias também foram usadas, como comunicação sem fio (18,8%), drones (12,5%) e aprendizado de máquina (12,5%).

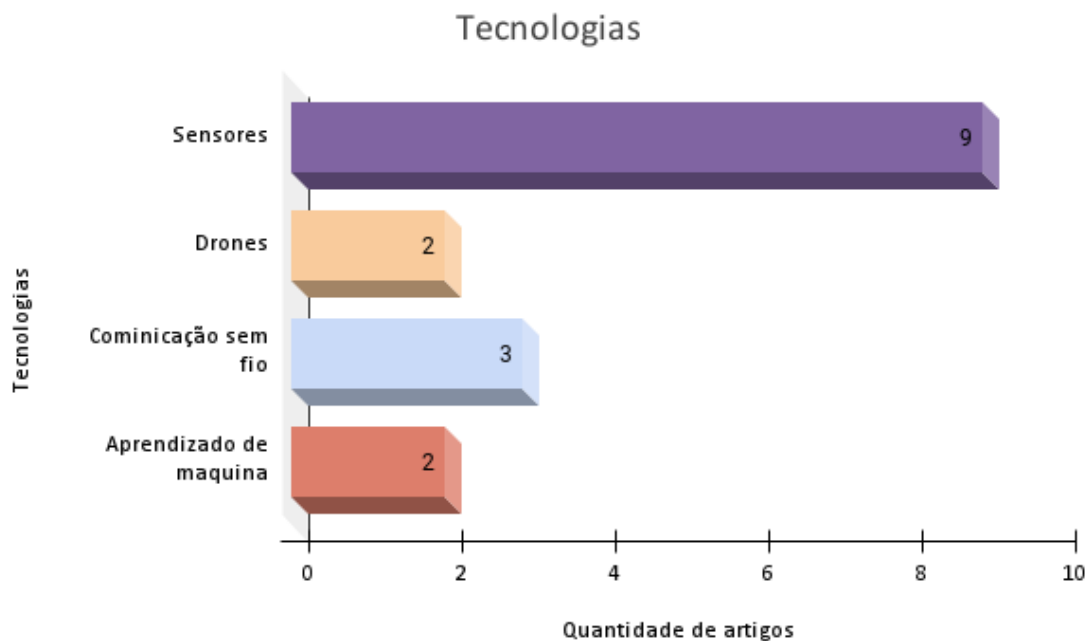


Fig. 3: Classificação dos tipos de tecnologias usadas.

Os sensores são uma das principais tecnologias utilizadas em sistemas de IoT na agricultura. Estes sensores permitem medir e coletar dados sobre as condições ambientais, como umidade do solo, temperatura, níveis de luz, entre outros. Com esses dados, os agricultores podem monitorar as condições das plantações e tomar decisões informadas sobre como cuidar das plantações, como quando regar, quando adubar e quando colher. Outra tecnologia importante é a comunicação sem fio. A comunicação sem fio permite que os sensores e outros dispositivos conectados possam se comunicar entre si e com um sistema de controle, sem a necessidade de fios ou cabos. Isso permite que os agricultores possam monitorar e controlar as condições das plantações a partir de qualquer lugar, usando dispositivos móveis ou computadores.

Os drones, também conhecidos como veículos aéreos não tripulados (UAVs), são uma tecnologia de uso cada vez mais comum no campo agrícola. Os drones podem ser usados para coletar dados precisos e atualizados sobre as condições das plantações, como a densidade de vegetação, a saúde das plantas e a presença de pragas e doenças. Além disso, os drones também podem ser usados para realizar tarefas de pulverização e plantio, permitindo que os agricultores realizem essas tarefas de forma mais precisa e eficiente. A utilização de drones também permite a coleta de dados em áreas remotas ou de difícil acesso, e ainda possibilita a realização de mapeamento do terreno e análise de imagens, possibilitando ao agricultor um melhor planejamento e gerenciamento de suas terras.

O aprendizado de máquina vem ganhando cada vez mais destaque na agricultura com o uso da IoT. O aprendizado de máquina permite que alguns sistemas, como o de monitoramento e controle, possam aprender com os dados coletados, adaptando-se às condições do ambiente. A combinação de aprendizado de máquina com sensores e drones, possibilita a coleta de uma grande quantidade de dados e posteriormente a sua análise. Além disso, o aprendizado de máquina também pode ser usado para prever o crescimento das plantas e identificar problemas como pragas e doenças antes que elas se tornem graves. Desse modo, os agricultores podem tomar decisões mais informadas sobre as condições das plantações.

Conclusão e Limitações

Com base nos dados mapeados, a utilização da IoT na agricultura traz uma série de benefícios para os agricultores, incluindo a eficiência no gerenciamento de recursos naturais, monitoramento preciso das plantações, mapeamento detalhado do terreno e controle eficaz de pragas. A incorporação de tecnologias avançadas, como sensores, drones, comunicação sem fio e aprendizado de máquina, amplia ainda mais esses benefícios, permitindo que os agricultores obtenham dados precisos e em tempo real, otimizando o uso de recursos e tomando decisões informadas para melhorar a produtividade e rentabilidade na agricultura. O objetivo final é transformar a agricultura em uma agricultura inteligente e altamente eficiente.

Embora esse mapeamento tenha sido concluído, vale ressaltar que essa pesquisa foi realizada com um número limitado de artigos. O uso exclusivo de uma única ferramenta de busca também pode ter contribuído para a limitação dos dados coletados. É importante considerar que esta restrição pode ter impactado nos resultados finais. Espera-se que em trabalhos futuros a busca pelos artigos seja ampliada para que aconteça uma extração de dados mais satisfatória e diversificada.

Referências

- R. P. Dos Santos, V. R. Q. Leithardt and M. Beko, "Analysis of MQTT-SN and LWM2M communication protocols for precision agriculture IoT devices," 2022 17th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Madrid, Spain, 2022, pp. 1-6, doi: 10.23919/CISTI54924.2022.9820048.
- G. S. Kuaban et al., "An IoT Course Program to Foster the Adoption of IoT Driven Food and Agriculture in Sub-Saharan Africa (SSA)," 2022 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET), Prague, Czech Republic, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICECET55527.2022.9872825.
- F. Liu and X. Yan, "The application of Machine Learning and IOT in Smart Agriculture," 2022 Global Conference on Robotics, Artificial Intelligence and Information Technology (GCRAIT), Chicago, IL, USA, 2022, pp. 50-53, doi: 10.1109/GCRAIT55928.2022.00019.
- N. Kumar, A. K. Dahiya, K. Kumar and S. Tanwar, "Application of IoT in Agriculture," 2021 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO), Noida, India, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICRITO51393.2021.9596120.
- R. Stojanović et al., "A Feasible IoT-Based System for Precision Agriculture," 2021 10th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Budva, Montenegro, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/MECO52532.2021.9460168.
- S. Rathor and S. Kumari, "Smart Agriculture System Using IoT and Cloud Computing," 2021 5th International Conference on Information Systems and Computer Networks (ISCON), Mathura, India, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISCON52037.2021.9702345.
- B. Ravinder and P. Reddy, "An Advanced Agriculture IoT Technology with Wireless Application," 2021 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N), Greater Noida, India, 2021, pp. 809-812, doi: 10.1109/ICAC3N53548.2021.9725711.

- S. L. Vunnavu, S. C. Yendluri and S. Dhuli, "IoT based Novel Hydration System for Smart Agriculture Applications," 2021 10th IEEE International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT), Bhopal, India, 2021, pp. 505-509, doi: 10.1109/CSNT51715.2021.9509597.
- S. Singhal, L. Ahuja and N. Pathak, "Impact of Artificial Intelligence and IOT in Agriculture," 2021 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N), Greater Noida, India, 2021, pp. 668-671, doi: 10.1109/ICAC3N53548.2021.9725655.
- M. R. M. Kassim, "IoT Applications in Smart Agriculture: Issues and Challenges," 2020 IEEE Conference on Open Systems (ICOS), Kota Kinabalu, Malaysia, 2020, pp. 19-24, doi: 10.1109/ICOS50156.2020.9293672.
- M. Bogdanoff and S. Tayeb, "An ISM-Band Automated Irrigation System for Agriculture IoT," 2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), Vancouver, BC, Canada, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216351.
- M. Liu, "On the Application of Internet of Things in Smart Agriculture," 2020 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacture (AIAM), Manchester, United Kingdom, 2020, pp. 113-116, doi: 10.1109/AIAM50918.2020.00028.
- M. Saxena and S. Dutta, "Improved the efficiency of IoT in agriculture by introduction optimum energy harvesting in WSN," 2020 International Conference on Innovative Trends in Information Technology (ICITIIT), Kottayam, India, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICITIIT49094.2020.9071549.
- B. Parvez, R. A. Haidri and J. Kumar Verma, "IoT in Agriculture," 2020 International Conference on Computational Performance Evaluation (ComPE), Shillong, India, 2020, pp. 844-847, doi: 10.1109/ComPE49325.2020.9200035.
- V. Puranik, Sharmila, A. Ranjan and A. Kumari, "Automation in Agriculture and IoT," 2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), Ghaziabad, India, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/IoT-SIU.2019.8777619.
- G. Suci, C. -I. Istrate and M. -C. Dițu, "Secure smart agriculture monitoring technique through isolation," 2019 Global IoT Summit (GloTS), Aarhus, Denmark, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/GIOTS.2019.8766433.
- G. S. Nagaraja, A. B. Soppimath, T. Soumya and A. Abhinith, "IoT Based Smart Agriculture Management System," 2019 4th International Conference on Computational Systems and Information Technology for Sustainable Solution (CSITSS), Bengaluru, India, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/CSITSS47250.2019.9031025.
- A. Salam and S. Shah, "Internet of Things in Smart Agriculture: Enabling Technologies," 2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Limerick, Ireland, 2019, pp. 692-695, doi: 10.1109/WF-IoT.2019.8767306.
- K. Veloo, H. Kojima, S. Takata, M. Nakamura and H. Nakajo, "Interactive Cultivation System for the Future IoT-Based Agriculture," 2019 Seventh International Symposium on Computing and Networking Workshops (CANDARW), Nagasaki, Japan, 2019, pp. 298-304, doi: 10.1109/CANDARW.2019.00059.
- M. Ayaz, M. Ammad-Uddin, Z. Sharif, A. Mansour and E. -H. M. Aggoune, "Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk," in IEEE Access, vol. 7, pp. 129551-129583, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2932609.

Somayya Madakam, R. Ramaswamy, Siddharth Tripathi (2015) Internet das Coisas (IoT): Uma Revisão da Literatura. *Journal of Computer and Communications* , 03 , 164-173. doi: 10.4236/jcc.2015.35021

Kim, WS., Lee, WS. e Kim, YJ. Uma Revisão das Aplicações da Internet das Coisas (IoT) para Automação Agrícola. *J. Biosyst. Eng.* 45 , 385–400 (2020). <https://doi.org/10.1007/s42853-020-00078-3>