

14º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP – 2023

REVISÃO DAS TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E INTERNET DAS COISAS APLICADAS NO SETOR DO AGRONEGÓCIO

ADSON NOGUEIRA¹, JANE PIANTONI², RODRIGO FERRAZ³

¹ Doutorando em Ciências da Computação, Pesquisador, Flextronics Instituto de Tecnologia, Sorocaba, adson.nogueira@fit-tecnologia.org.br.

² Doutoranda em Gestão, Processamento e Armazenamento da Informação, Analista de Capacitação, Flextronics Instituto de Tecnologia, Sorocaba, jane.piantoni@fit-tecnologia.org.br.

³ Doutorando em Ciências da Computação, Coordenador de Laboratório R&D, Flextronics Instituto de Tecnologia, Sorocaba, rodrigo.ferraz@fit-tecnologia.org.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.03.04-9 Sistemas de Informação

RESUMO: O agronegócio desempenha papel fundamental nas economias de muitos países, contribuindo significativamente para o PIB e gerando empregos em áreas rurais e urbanas. Os avanços tecnológicos no setor, como a agricultura de precisão, contribuem significativamente para mitigar os desafios setoriais. O objetivo deste estudo é investigar quais tecnologias/técnicas de Inteligência Artificial e Internet das Coisas estão sendo utilizadas no agronegócio e identificar os pontos fortes e fracos do setor que poderiam ser influenciados por fatores internos e externos, ou seja, aqueles que poderiam ser controlados ou não. A pesquisa destacou as principais abordagens em IA e IoT que estão sendo exploradas, bem como as oportunidades e ameaças que precisam ser monitoradas para manter altos níveis de qualidade, produtividade e competitividade no mercado interno.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizado de Máquina, Rede de Sensores Sem fio, Agricultura Inteligente, Internet das coisas subterrâneas

REVIEW OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERNET OF THINGS TECHNIQUES APPLIED IN THE AGRIBUSINESS

ABSTRACT: The agribusiness plays a fundamental role in the economies of many countries, contributing significantly to the GDP and generating jobs in rural and urban areas. Technological advancements in the sector, such as precision agriculture, contribute significantly to mitigating sectoral challenges. The aim of this study is to investigate which Artificial Intelligence and Internet of Things technologies/techniques are being used in agribusiness and to identify the strengths and weaknesses of the sector that could be influenced by internal and external factors, i.e., those that could be controlled or not. The research has highlighted the key approaches in AI and IoT being explored, as well as the opportunities and threats that need to be monitored to maintain high levels of quality, productivity, and competitiveness in the domestic market.

KEYWORDS: Machine Learning, Wireless Sensor Network, Smart Agriculture, Internet of Underground Things

INTRODUÇÃO

Segundo (Ritchie; Roser., 2022) a produção mundial agrícola está diretamente relacionada a três elementos importantes para um desenvolvimento sustentável, sendo eles, a segurança alimentar, energética e hídrica. Dessa forma, a medida que a população mundial cresce, a demanda por esses recursos aumenta significativamente, e com isso, novos desafios surgem, como a necessidade de investimentos em pesquisas e ações estratégicas das indústrias, comunidade científica e governantes.

Paralelamente, em 2019 estabeleceu-se o Decreto 9.854, que instituiu o Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT) e a Estratégia Brasileira para Inteligência Artificial (IA) - EBIA, deliberando sobre a implementação e o desenvolvimento dessas tecnologias para o aumento da produtividade brasileira, que por sua vez, colabora diretamente para o desenvolvimento do país. Concomitante a isso, o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) (Cepea, 2023) aponta que a participação agrícola na economia representou, no último ano, 25% do PIB brasileiro, influenciando o aumento dos agrosserviços no País. Logo, a implementação de IA e IoT à produção agrícola nacional é vista como uma estratégia importante para manter os altos níveis de qualidade, produtividade e competitividade do mercado.

Inspirados neste panorama, o objetivo geral do trabalho é entender como as pesquisas de IA e IoT estão evoluindo e relacionar quais áreas, do agro, estão sendo exploradas, quais técnicas de IA foram abordadas e quais hardwares são frequentemente utilizados nas pesquisas. O objetivo específico é responder os pontos fortes e fracos, que poderiam ser influenciados por fatores internos e externos, ou seja, fatores controláveis e incontroláveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Motivados a identificar as abordagens de IA e IoT exploradas no agro, definiu-se algumas questões de pesquisa que serviram para orientar os critérios de inclusão e exclusão das publicações. Tais perguntas estão listadas na Tabela 1 Perguntas e Motivação.

Tabela 1: Perguntas e Motivação.

Perguntas e Motivação	
Quais são os desafios enfrentados no agro-negócio ?	Entender quais são os principais desafios do agro que estão sendo pesquisados.
Para quais desafios as técnicas de IA e IoT mostraram efetiva contribuição?	Entender quais soluções estão sendo propostas.
Quais abordagens são mais utilizadas?	Entender as técnicas de IA e IoT mais utilizadas.
Quais são os pontos fortes e fracos do setor?	Entender a fatores internos e externos, controláveis e incontroláveis.

Critério de inclusão - Estudos que abordem a utilização de técnicas de Inteligência Artificial e/ou Internet das Coisas IoT no agronegócio.

Critério de exclusão - Estudos que abordem técnicas superadas em trabalhos subsequentes, bem como, trabalhos sem evidência prática que valide a técnica utilizada. Trabalhos realizados antes do ano de 2015, também serão excluídos. Trabalhos que tenham atingido grau de relevância inferior a 12, esse critério será explicado em resultados.

Fonte de dados - Realizado uma busca por estudos que relatem a utilização de técnicas de IA e/ou IoT no agro sem restrições de data ou status de publicação, que sejam mantidos pelo IEEE XPLORE.

A estratégia de busca utilizada combina o cruzamento de termos de indexação de IoT e IA com Agro, realizando o cruzamento dos seguintes termos: *Smart agriculture OR Agriculture AND Artificial intelligence*

Extração de dados - A extração dos dados foi realizada por um único revisor utilizando como ferramenta a biblioteca Pandas 1.5.3 e a linguagem de programação Python 3.10.6. Os seguintes dados foram extraídos: *abstract, author_terms, authors, citing_paper_count, citing_patent_count, conference_location, content_type, html_url, index_terms, publication_title, publication_year, publisher e title*.

Síntese e Análise de Dados - Estudos que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão foram organizados seguindo o Princípio de Pareto, popularmente conhecida como regra 80:20. De acordo com a regra, 80% dos resultados são controlados ou decididos por 20% das atividades ou fatores. Logo, a técnica será útil na definição das publicações mais pertinentes para o nosso trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todo fluxo de seleção, pode ser visto na Figura 1, os critério de exclusão definidos para cada etapa também estão descritos na imagem.

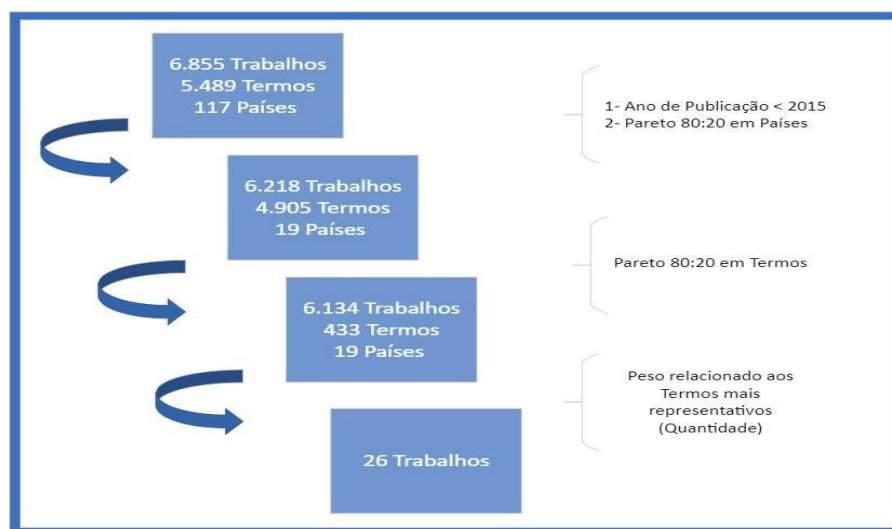


Figura 1: Fluxo de revisão

O critério de grau de relevância, estabelece um valor de peso para cada publicação, nosso intuito é ponderar o grau de consonância com o objetivo geral trabalho. Esse valor foi definido analisando os termos comuns entre, os **433** termos mais recorrentes (Figura 2) e as **6.134** publicações. A Figura 3 apresenta o resultado, no qual, 14 é o maior grau de consonância e 1 o menor grau. O retorno final é de **26** trabalhos com **139** termos. Não foi encontrado, nos trabalhos selecionados, técnicas consideradas superadas ou obsoletas, desta forma não tivemos novas exclusões.

Nosso desafio foi estabelecer uma relação entre os desafios encontrados no agronegócio e as técnicas de IA e IoT propostas. Para facilitar a análise separamos em grupos, que são apresentados na Tabela 2.

Para os desafios de **Plantação, Solo e Clima**, as técnicas de Regressão Linear e Lógica Fuzzy foi utilizada em (Mathe et al., 2022) e (Hassan et al., 2021), enquanto técnicas de Árvore de Decisão e *Random Forest* podem ser vistas em (Sivanantham et al., 2023) e (Nguyen et al., 2017).

Em (Lin et al., 2023) as técnicas de Perceptron de Multicamadas (MLP) e Redes Neurais (NN) foram exploradas em um sistema IoT. Em (Mestre; Matos-Carvalho; Tavares, 2022) temos a técnica



Figura 2: Nuvem de palavras - 433 termos

Nível	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Quant. Trabalhos	1	10	15	79	241	588	1147	1356	1078	739	405	232	153	90
Acumulado	1	11	26	105	346	934	2081	3437	4515	5254	5659	5891	6044	6134

Figura 3: Seleção de trabalhos por termos mais representativos

XGBoost aplicada, enquanto que em (P; B, 2021) estruturas de Redes Neurais Profundas (DNN), RNN e LSTM foram as escolhidas.

Técnicas tradicionais, como a Máquina de Vetores de Suporte (SVM) pode ser vista em (Abraham; R.; Nithya, 2021) e (Chaugule; Gupta, 2023). Enquanto, técnicas que utilização de arquiteturas de convolução, como as CNN, VGG 16/19, Inception V2/V3, Conv-3 DCNN, YOLO v4/v3 e FasterR- CNN v3, foram aplicadas em (Bajpai; Pandey; Narang, 2021), (Gómez-Flores; Garza- Saldaña; Varela-Fuentes, 2022), (Guerrero et al., 2021) e (Vishnoi et al., 2023).

Abordagens atuais, com a Rede Adversarial Gerativa (GAN), é abordada em (Hassan et al., 2021) e (P; B, 2021). Técnicas menos conhecidas como ConvLSTM também foram exploradas em (Maillet; Ouhami; Hafiane, 2023). E temos abordagens com forte viés para sistemas IoT, propostos em (Aira; Olivares; Delicado, 2022), (Shukla et al., 2022) e (Drakshayani et al., 2022).

Para os desafios de **Gerenciamento, Pecuária e Energia Limpa** temos (Khan; Fraz; Shah- Zad, 2021) abordando soluções como Unet, SegNet e Modified Deeplabv3+ e (Voutos; Drako- Poulos; Mylonas, 2019) com a técnica Ethereum Virtual Machine (EVM).

Os dispositivos para **Coleta e Processamento de dados, Comunicação e Atuação** mais recorrentes foram o Smartphone, Raspberry Pi, ESP 8266 e 32, NodeMCU, Arduino Uno, Atmega 328, UAV, UGV, Módulos Wi-Fi, Módulo GSM, LoRaWAN, Modulos Wireless RF/Zigbee/Bluetooth, Câmera Multispectral/térmica/IR/RGB, além de hardware e softwares dedicados e infraestruturas em Cloud.

Nosso estudo apontou como **Pontos Fortes** do setor, em **Forças**, sistemas inteligentes para combater ameaças cibernéticas e planejamentos estratégicos; Robótica inteligente aplicada e hardware plug-and-play; Mudança do paradigma de computação centralizada para computação de borda. Em **Oportunidades** temos a agricultura vertical; Soluções *Open-Source*; Avanços em hidroponia e aeroponia; Conceito de casas verdes inteligentes.

Os **Pontos Fracos** observados foram, em **Fraquezas**, Controle de uso de pesticidas, Custo tecnológico; Necessidade de aprimoramento de tecnologia aplicada. Em **Ameaças** temos redução de terras aráveis; Ameaças cibernéticas e perda de produtividade com métodos agrícolas convencionais.

Área	Grupo
Solo	Qualidade, Fertilidade, Erosão
Clima	Monitoramento
Gerenciamento	Produtividade, Rendimentos, terras cultivadas Segurança de dados
Pecuária	Rastreamento, Identificação, Comportamento
Plantação	Seleção de Cultivo, Colheita, Crescimento, Aplicação de fertilizantes e pesticidas, Doenças, Irrigação, Fenotipagem, Nutrientes, Contaminação Ataque de animais, Micro e Macro Nutrientes
Sensores	Temperatura, umidade, pH do ar, queda de chuva, Salinidade, Co2, Velocidade e direção dos ventos, Luminosidade, Intensidade UV, RFID, GPS pressão atmosférica, IR, Câmera, Ultrassônico Buzzer, Xiaomi Mi Flora Sensor, VIS-NIR (SpectroGLY)

Tabela 2: Relação agrupamento áreas

CONCLUSÕES

Todas questões definidas no início da pesquisa, foram exploradas e respondidas em **Resultados**. Vale destacar que as técnicas de visão computacional são as mais recorrentes nos 26 trabalhos selecionados, com isso, nosso objetivo geral foi alcançado. O objetivo específico também foi atingido, apresentando os pontos fortes e fracos influenciados por fatores internos e externos. Em próximos trabalhos nossa fonte de dados será ampliada afim de entender ainda mais o setor.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram igualmente na concepção, estruturação, escrita e revisão do estudo. Todos aprovam a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Este projeto foi apoiado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, com recursos da Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991, no âmbito do PPI-SOFTEX, coordenado pela Softex e publicado Residência em TIC 03 - Aditivo, DOU 01245.013770/2020-64.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, G.; R., R.; NITHYA, M. Smart agriculture based on iot and machine learning. In: *2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 414–419.
- AIRA, J.; OLIVARES, T.; DELICADO, F. M. Spectroglly: A low-cost iot-based ecosystem for the detection of glyphosate residues in waters. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 71, p. 1–10, 2022.
- BAJPAI, P.; PANDEY, A.; NARANG, P. Plant disease detector using cnn. In: *2021 IEEE Bombay Section Signature Conference (IBSSC)*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–4.
- CEPEA. *PIB do Agronegócio Brasileiro - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA-Esalq/USP*. 2023. <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acessado: 2023-05-15.
- CHAUGULE, A.; GUPTA, P. Advanced irrigation and cultivation system based on machine learning in iot environment. In: *2023 International Conference on Communication System, Computing and IT Applications (CSCITA)*. [S.l.: s.n.], 2023. p. 164–169.

- DRAKSHAYANI, S. et al. Smart plant monitoring system using nodemcu. In: *2022 International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS)*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 525–530.
- GUERRERO, R. et al. Detection of nutrient deficiencies in banana plants using deep learning. In: *2021 IEEE International Conference on Automation/XXIV Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA)*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–7.
- GÓMEZ-FLORES, W.; GARZA-SALDAÑA, J. J.; VARELA-FUENTES, S. E. A huanglongbing detection method for orange trees based on deep neural networks and transfer learning. *IEEE Access*, v. 10, p. 116686–116696, 2022.
- HASSAN, S. I. et al. A systematic review on monitoring and advanced control strategies in smart agriculture. *IEEE Access*, v. 9, p. 32517–32548, 2021.
- KHAN, A. H.; FRAZ, M. M.; SHAHZAD, M. Deep learning based land cover and crop type classification: A comparative study. In: *2021 International Conference on Digital Futures and Transformative Technologies (ICoDT2)*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–6.
- LIN, J.-Y. et al. Iot-based bacillus number prediction in smart turmeric farms using small data sets. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 10, n. 6, p. 5146–5157, 2023.
- MAILLET, W.; OUHAMI, M.; HAFIANE, A. Fusion of satellite images and weather data with transformer networks for downy mildew disease detection. *IEEE Access*, v. 11, p. 5406–5416, 2023.
- MATHE, S. E. et al. A survey of agriculture applications utilizing raspberry pi. In: *2022 International Conference on Innovative Trends in Information Technology (ICITIIT)*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–7.
- MESTRE, G.; MATOS-CARVALHO, J. P.; TAVARES, R. M. Irrigation management system using artificial intelligence algorithms. In: *2022 International Young Engineers Forum (YEF-ECE)*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 69–74.
- NGUYEN, T. T. et al. Semantic segmentation of objects from airborne imagery. In: *2017 Fourth Asian Conference on Defence Technology - Japan (ACDT)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–6.
- P, T. P.; B, B. An analysis on application of deep learning techniques for precision agriculture. In: *2021 Third International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1538–1545.
- RITCHIE, H.; ROSER, M. *Environmental impacts of food production. Our World in Data 2022*. 2022. <<https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>>. Acessado: 2023-05-15.
- SHUKLA, R. et al. Internet of things application: E-health data acquisition system and smart agriculture. In: *2022 10th International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology - Signal and Information Processing (ICETET-SIP-22)*. [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–5.
- SIVANANTHAM, S. et al. Rainfall prediction using machine learning techniques – a comparative approach. In: *2023 Third International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS)*. [S.l.: s.n.], 2023. p. 1472–1480.
- VISHNOI, V. K. et al. Detection of apple plant diseases using leaf images through convolutional neural network. *IEEE Access*, v. 11, p. 6594–6609, 2023.
- VOUTOS, Y.; DRAKOPOULOS, G.; MYLONAS, P. Smart agriculture: An open field for smart contracts. In: *2019 4th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–6.