

**Agricultura 4.0 no Brasil: Aplicações de Inteligência Artificial e Machine Learning
(2015-2025) - Revisão Sistemática PRISMA**

***Agriculture 4.0 in Brazil: Applications of Artificial Intelligence and Machine Learning
(2015-2025) - PRISMA Systematic Review***

Stéphani Camila de Brito Lins

Instituto Federal do Sertão Pernambucano – Campus Petrolina Zona Rural. Petrolina, PE,
Brasil.

Jeane Souza da Silva

Instituto Federal do Sertão Pernambucano – Campus Petrolina Zona Rural. Petrolina, PE,
Brasil.

Rosemary Barbosa de Melo

Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural. Petrolina, PE,
Brasil

GT12. Impactos socioambientais das novas tecnologias no agronegócio

Resumo: O objetivo deste estudo foi analisar as aplicações de inteligência artificial e machine learning na agricultura brasileira entre 2015 e 2025. Para isso, realizou-se uma revisão sistemática qualitativa seguindo as diretrizes PRISMA 2020, com busca em bases nacionais e internacionais e seleção de 15 estudos relevantes. Os resultados evidenciaram avanços significativos em previsão de produtividade (XGBoost), irrigação inteligente (LSTM), detecção de pragas e doenças (CNN) e pulverização variável (deep learning), com ganhos em eficiência produtiva, redução de insumos e maior sustentabilidade ambiental. Contudo, desafios como baixa conectividade rural, custos elevados e falta de capacitação técnica ainda limitam a adoção ampla da Agricultura 4.0 no Brasil. Conclui-se que políticas públicas e investimentos em infraestrutura digital são essenciais para ampliar o impacto dessas tecnologias em áreas agrícolas.

Palavras-chave: agricultura 4.0, inteligência artificial, machine learning, sustentabilidade.

Abstract: The objective of this study was to analyze the applications of artificial intelligence and machine learning in Brazilian agriculture between 2015 and 2025. To this end, a qualitative systematic review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines, searching national and international databases and selecting 15 relevant studies. The results showed significant advances in productivity forecasting (XGBoost), smart irrigation (LSTM), pest and disease detection (CNN), and variable spraying (deep learning), with gains in productive efficiency, reduced inputs, and greater environmental sustainability. However, challenges such as low rural connectivity, high costs, and lack of technical training still limit the widespread adoption of Agriculture 4.0 in Brazil. It is concluded that public policies and investments in digital infrastructure are essential to expand the impact of these technologies in the field.

Keywords: agriculture 4.0, artificial intelligence, machine learning, sustainability

1. Introdução

A agricultura brasileira enfrenta crescente pressão diante do aumento populacional e da demanda por alimentos. Estima-se que a população mundial alcance 9,8 bilhões até 2050, exigindo maior produção agrícola (Massruhá, 2020). Nesse cenário, inteligência artificial e machine learning consolidam-se como ferramentas estratégicas na agricultura de precisão, aplicadas ao monitoramento de lavouras, mapeamento agrícola e otimização de insumos. No Brasil, iniciativas como as do IBGE (2020) já utilizam algoritmos para apoiar o monitoramento automatizado. Revisões anteriores também destacaram a relevância do tema, como Rooh, Li e

Ali (2015), que apontaram variáveis importantes para futuras pesquisas. Apesar dos avanços, persistem desafios como baixa conectividade rural e dificuldade de interpretação dos dados, enquanto levantamentos indicam que a adoção da agricultura de precisão ainda é parcial. Diante disso, esta revisão busca responder: quais aplicações de inteligência artificial e machine learning têm sido desenvolvidas na agricultura de precisão entre 2015 e 2025, e quais impactos têm produzido na produtividade e na sustentabilidade agropecuária?

2. Revisão da Literatura

2.1 Agriculture 4.0 - Conceitos Fundamentais

Agriculture 4.0 integra inteligência artificial, IoT e big data para otimizar insumos (Embrapa, 2018), inspirada na Indústria 4.0 alemã (VDMA VERLAG, 2016). No Brasil, 84% dos produtores já utilizam tecnologias digitais, mas a conectividade rural limita sua adoção plena (Embrapa/Sebrae, 2020).

2.2 Machine Learning em Culturas Tropicais

O machine learning é uma tecnologia capaz de processar dados complexos de culturas tropicais, alcançando alta precisão na detecção de pragas por meio de redes neurais convolucionais (CNN) (Mohanty et al., 2016). Nesse contexto, aplicativos móveis ampliam o acesso ao diagnóstico por imagem, conectando produtores a especialistas (Costa et al., 2021).

2.3 Aplicações por Tecnologia

Entre os algoritmos encontrados destacam-se: XGBoost para previsão de safras (Silva, IDP 2025), LSTM para irrigação em regiões semiáridas (Silva, UFMS 2025), deep learning para pulverização inteligente (FATEC, 2025) e regressão linear em previsão de colheita (UPF, 2025).

2.4 Desafios e Barreiras Regionais

Apesar dos avanços tecnológicos, a expansão da Agricultura 4.0 enfrenta obstáculos estruturais importantes. A baixa conectividade rural permanece como uma das principais barreiras (Embrapa, 2024), somada à falta de capacitação técnica (Silva, UFMS, 2025) e aos custos elevados, que limitam pequenos produtores. Observa-se também desigualdade regional, com maior concentração de estudos no Sul e Centro-Oeste, enquanto levantamentos nacionais confirmam a conectividade como entrave central (Embrapa; Sebrae; INPE, 2020). Apesar disso,

instituições como EPAGRI (2025), Embrapa (2024) e CAPES (2023) destacam o potencial da inteligência artificial para transformar as cadeias produtivas, embora ainda sejam necessárias políticas públicas e inclusão tecnológica.

3. Metodologia

Esta pesquisa consiste em uma revisão sistemática qualitativa conduzida conforme as diretrizes PRISMA 2020 (Page et al., 2021), com foco em aplicações de inteligência artificial e machine learning na agricultura brasileira. Foram selecionados artigos publicados entre 2015 e 2025, em português e inglês, que abordassem aplicações práticas em contextos nacionais ou latino-americanos. As buscas foram realizadas em bases como Google Acadêmico, SciELO e Portal CAPES/Scopus/Web of Science, utilizando combinações das palavras-chave “inteligência artificial”, “machine learning”, “agro 4.0” e “agricultura de precisão”. Após triagem e aplicação dos critérios de elegibilidade, 15 estudos compuseram o corpus final. A análise adotou síntese temática, agrupando os trabalhos conforme as tecnologias utilizadas e seus impactos produtivos e ambientais.

4. Análise de Resultados

A análise dos 15 estudos mostrou expansão das aplicações de inteligência artificial e machine learning na Agricultura 4.0 brasileira (Massruhá, 2020; Embrapa, 2024). As pesquisas se concentraram nas regiões Sul e Centro-Oeste, enquanto no Nordeste destacou-se o uso de modelos preditivos para manejo hídrico em áreas semiáridas (Silva et al., 2025). Entre os algoritmos mais recorrentes estão CNN para detecção de pragas e doenças, XGBoost para previsão de produtividade e LSTM para irrigação inteligente (Mohanty et al., 2016; Costa et al., 2021). Os estudos apontaram ganhos em eficiência produtiva, maior precisão no monitoramento e redução de impactos ambientais, especialmente pelo diagnóstico precoce de doenças e aplicação localizada de insumos (Mohanty et al., 2016). Apesar dos avanços, conectividade rural limitada, custos elevados e falta de capacitação técnica ainda limitam a adoção ampla dessas tecnologias, reforçando a necessidade de políticas públicas e investimentos em infraestrutura digital (Embrapa; Sebrae, 2020).

5. Considerações finais

A revisão evidenciou avanços da inteligência artificial e do machine learning na Agricultura 4.0, com ganhos em produtividade, uso eficiente de recursos e redução de impactos ambientais. Contudo, conectividade rural limitada, custos elevados e falta de capacitação técnica ainda restringem a adoção ampla dessas tecnologias. Conclui-se que políticas públicas e investimentos em infraestrutura digital são fundamentais para ampliar seus impactos no campo brasileiro. Nesse sentido, o estudo apontou a importância da realização de novas pesquisas sobre a temática, especialmente voltadas à validação em condições reais de campo, à inclusão de pequenos produtores e ao desenvolvimento de soluções adaptadas às condições dos sistemas agrícolas tropicais brasileiros.

Referências

- COSTA, L. F. et al. Aplicações de *machine learning* na agricultura tropical. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 25, n. 4, p. 245-256, 2021.
- EMBRAPA. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- EMBRAPA. Agricultura digital no Brasil: panorama e desafios atuais. Brasília, DF: Embrapa, 2024.
- EMBRAPA; SEBRAE. Conectividade rural e transformação digital no agronegócio brasileiro. Brasília, DF: Embrapa; Sebrae, 2020.
- EMBRAPA; SEBRAE; INPE. Agricultura digital no Brasil: levantamento nacional sobre adoção tecnológica no campo. Brasília, DF, 2020.
- EPAGRI. Tecnologias digitais aplicadas à agricultura catarinense. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2025.
- FATEC. Aplicações de deep learning para pulverização inteligente na agricultura. São Paulo: Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo, 2025.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Monitoramento agrícola por sensoriamento remoto e inteligência artificial.
Rio de Janeiro: IBGE, 2020.
- MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira. Agricultura digital no Brasil: tendências e perspectivas. Brasília, DF: Embrapa, 2020.
- MOHANTY, Sharada Prasanna; HUGHES, David P.; SALATHÉ, Marcel. Using deep learning for image-based plant disease detection. Frontiers in Plant Science, Lausanne, v. 7, p. 1419, 2016.
- PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, London, v. 372, n. 71, 2021.
- ROOH, A.; LI, B.; ALI, S. Artificial intelligence integration in agriculture: a review. Computers and Electronics in Agriculture, Amsterdam, v. 112, p. 1-12, 2015.

SILVA, R. et al. Aplicação do algoritmo XGBoost na previsão de produtividade agrícola no Brasil. Brasília: Instituto de Desenvolvimento e Pesquisa (IDP), 2025.

SILVA, R. et al. Redes neurais LSTM aplicadas à irrigação inteligente em regiões semiáridas brasileiras. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2025.

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO. Modelos estatísticos e de machine learning na previsão da data de colheita agrícola. Passo Fundo: UPF, 2025.

VDMA VERLAG. Industry 4.0 in agriculture: concepts and applications. Frankfurt: VDMA Verlag, 2016.