

SENSORES UTILIZADOS EM ROBÔS AGRÍCOLAS

ROGÉRIO RAMOS WEYMAR¹; MICHEL LOPES PAGNOSSIN²; ÂNGELO DOS REIS³; FABRÍCIO ARDAIS MEDEIROS⁴

¹*Universidade Federal de Pelotas – rogerioweymar@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – michelpagnossin@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – areis@ufpel.edu.br*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – medeiros.ardais@gmail.com
(orientador)*

1. INTRODUÇÃO

A automação agrícola vem avançando significativamente nas últimas décadas, impulsionada pela necessidade de aumentar a eficiência produtiva e reduzir impactos ambientais (HACKENHAAR, N. M.; HACKENHAAR, C.; ABREU, Y. V., 2015). Nesse contexto, os robôs agrícolas autônomos têm ganhado destaque, sendo capazes de realizar tarefas como semeadura, pulverização e monitoramento de lavouras com mínima intervenção humana.

A correta escolha e integração dos sensores é determinante para o sucesso de um robô agrícola. Tecnologias como GPS RTK (Real Time Kinematic), Unidades de Medição Inercial (IMU), câmeras RGB, LiDAR (Light Detection and Ranging), sensores ultrassônicos/IR, sensores meteorológicos e de solo desempenham papéis específicos na navegação, detecção de obstáculos e coleta de dados agrônômicos.

Este trabalho tem como objetivo analisar, de forma comparativa, a adoção e função dos principais sensores empregados em robôs agrícolas, a partir de dados coletados de diferentes modelos comerciais e de pesquisa.

2. METODOLOGIA

O presente estudo integra a elaboração de uma tese, na qual parte da metodologia para a seleção de equipamentos é desenvolvida. Essa etapa foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica e análise comparativa. Inicialmente, realizou-se um levantamento em livros especializados, artigos científicos e publicações técnicas sobre robótica agrícola, priorizando materiais indexados em bases de dados como Scopus, Web of Science e ScienceDirect. Também foram consultados manuais técnicos de fabricantes e relatórios de pesquisa de universidades, com foco na descrição de sensores utilizados em robôs agrícolas.

A partir dessas fontes, foram identificados os principais tipos de sensores empregados na navegação autônoma em ambientes agrícolas, incluindo: Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) com técnicas RTK e DGPS, Unidades de Medição Inercial (IMU), câmeras RGB, sensores LiDAR, sensores ultrassônicos/infravermelhos, sensores meteorológicos e sensores de solo.

Com base nas informações coletadas, e figura 1, que relaciona diferentes modelos de robôs agrícolas e seus respectivos conjuntos de sensores, aplicou-se uma análise quantitativa para calcular a frequência relativa de utilização de cada sensor no conjunto de robôs estudados, permitindo identificar padrões e tendências tecnológicas no setor.

Os resultados dessa análise foram apresentados em forma de percentuais e gráficos, visando facilitar a visualização da prevalência de cada tecnologia e apoiar a discussão sobre seu papel na automação agrícola.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A navegação autônoma de robôs em ambientes agrícolas apresenta desafios significativamente mais complexos do que em ambientes industriais controlados. No campo, fatores como irregularidade do terreno, variações bruscas de iluminação, diversidade de condições climáticas e presença de obstáculos imprevisíveis exigem sistemas de percepção e tomada de decisão altamente robustos. Nesse contexto, a integração de múltiplos sensores, operando de forma complementar, torna-se essencial para garantir precisão e segurança (RUBIO; VALERO; LLOPIS-ALBERT, 2019).

Entre as tecnologias mais empregadas, destacam-se os Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS), que incluem GPS (EUA), GLONASS (Rússia), Galileo (União Europeia) e BeiDou (China) (LIU; NGUYEN, 2024). Na agricultura de precisão, seu uso é frequentemente associado a técnicas de posicionamento diferencial, como RTK (*Real-Time Kinematic*) e DGPS (*Differential GPS*). O DGPS atinge precisão típica na faixa submétrica (10 cm a 1 m), enquanto o RTK possibilita acurácia centimétrica (2 a 3 cm) sob condições ideais, característica essencial para operações que demandam alta repetibilidade, como semeadura de precisão, pulverização seletiva e mapeamento detalhado. A integração do GNSS com outros sensores, como Unidades de Medição Inercial (IMU) e sistemas de visão computacional, aumenta a confiabilidade da navegação, mesmo diante de degradação ou perda temporária do sinal. As IMUs registram acelerações e velocidades angulares, desempenhando papel fundamental na continuidade da navegação quando o sinal GNSS é interrompido. A fusão de dados obtidos pelo GNSS e pela IMU, realizada com algoritmos como o Filtro de Kalman Estendido (EKF), corrige erros momentâneos e reduz a deriva natural dos sistemas inerciais (POST; BIANCO; YAN, 2019).

As câmeras RGB associadas a algoritmos de visão computacional são amplamente utilizadas para interpretar o ambiente, permitindo detecção de linhas de plantio, identificação de obstáculos e análise visual de culturas em tempo real. Em sistemas mais avançados, são combinadas com sensores LiDAR (*Light Detection and Ranging*), capazes de gerar mapas tridimensionais de alta resolução, com desempenho consistente mesmo sob condições adversas de iluminação. O LiDAR é especialmente útil para modelagem do relevo e planejamento seguro de rotas. Sensores ultrassônicos e infravermelhos (IR), embora menos sofisticados, desempenham funções importantes de detecção de obstáculos próximos e medição de distâncias, sobretudo em manobras de baixa velocidade (POST; BIANCO; YAN, 2019). Já os sensores meteorológicos e sensores de solo são menos comuns, mas estratégicos em aplicações que exigem monitoramento ambiental ou agrônômico integrado, medindo variáveis como temperatura, umidade, condutividade elétrica e teor de água no solo. A Figura 1 apresenta a relação entre diferentes modelos de robôs agrícolas e os sensores utilizados, evidenciando as tecnologias mais recorrentes.

Robot Name	GPS	IMU	Cameras	Ultrasonic or IR Sensors	Lidar	Weather Sensors	Soil Sensors
AgBot	✓	✓	✓	×	✓	×	✓
Thorvald	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓
BoniRob	✓	×	✓	✓	✓	×	✓
Blue River See & Spray	✓	✓	✓	✓	×	×	×
FarmWise	✓	✓	✓	×	×	×	✓
Naio Technologies (OZ Robot)	✓	✓	✓	✓	×	×	✓
Yanmar (Harvest Automation Robot)	✓	✓	✓	×	✓	×	×
SwarmFarm Robotics	✓	✓	✓	✓	✓	×	×
Kubota Agrirobo	✓	×	✓	✓	✓	×	×
Clearpath Robotics (Husky)	✓	✓	✓	✓	×	×	×
CNH Industrial Autonomous Tractor	✓	✓	✓	×	×	×	×

Figura 1 –Sensores Instalados em Robôs

Fonte: SHAMSHIRI, R. R.; HAMEED, A. I. *Mobile Robots for Digital Farming*.

Oxon: CRC Press, 2025, p. 6.

A análise quantitativa desses dados (Figura 2) mostra que GNSS e câmeras RGB estão presentes em 100% dos robôs avaliados, confirmando seu papel indispensável para posicionamento e percepção ambiental. A IMU ocupa a terceira posição, presente em 82% dos modelos, evidenciando sua relevância para manter a navegação estável. O LiDAR aparece em 64% dos casos, reforçando sua importância crescente para mapeamento e detecção tridimensional de obstáculos. Sensores ultrassônicos/IR estão em 36% dos projetos, enquanto sensores meteorológicos e de solo são encontrados em apenas 9% dos modelos, refletindo o foco predominante na navegação em detrimento do monitoramento ambiental direto.

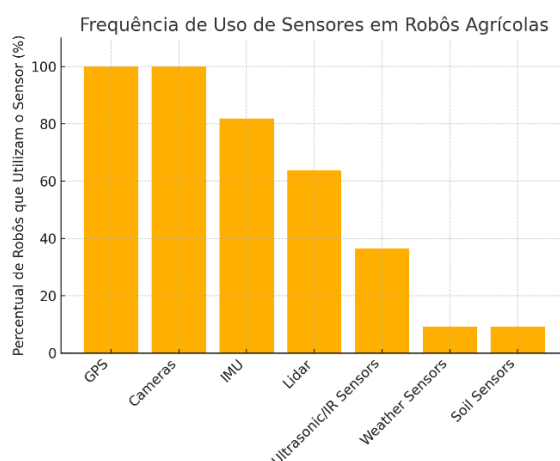


Figura 2 Frequencia de uso dos sensores

Fonte: autor 2025

Assim, observa-se que, embora existam sensores menos difundidos, a tendência é que a evolução tecnológica e a redução de custos ampliem a integração de sistemas complementares, permitindo que robôs agrícolas alcancem níveis cada vez maiores de autonomia e eficiência operacional.

4. CONCLUSÕES

A análise evidenciou que a navegação autônoma em ambientes agrícolas exige uma integração equilibrada de diferentes sensores, sendo GPS RTK, câmeras RGB e IMU os elementos mais difundidos e indispensáveis. Tecnologias como LiDAR e sensores de proximidade desempenham papéis complementares importantes, enquanto sensores meteorológicos e de solo, embora menos comuns, agregam valor em aplicações específicas.

O avanço na fusão de dados e a redução de custos desses componentes tendem a ampliar sua adoção e contribuir para o desenvolvimento de robôs agrícolas cada vez mais eficientes e autônomos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HACKENHAAR, N. M.; HACKENHAAR, C.; ABREU, Y. V. Robótica na agricultura. *Interações* (Campo Grande), v. 16, n. 1, p. 119–129, jan. 2015.
- LIU, C.; NGUYEN, B. K. Low-Cost Real-Time Localisation for Agricultural Robots in Unstructured Farm Environments. *Machines*, v. 12, n. 9, p. 612, 2024.
- POST, M.A., BIANCO, A., YAN, X.T. (2020). *Autonomous Navigation with Open Software Platform for Field Robots*. In: GUSIKHIN, O., MADANI, K. (eds) *Informatics in Control, Automation and Robotics*. ICINCO, 2017, p. 425-450. DOI: 10.1007/978-3-030-11292-9_22
- RUBIO, F.; VALERO, F.; LLOPIS-ALBERT, C. *A review of mobile robots: Concepts, methods, theoretical framework, and applications*. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, v. 16, n. 2, mar. 2019. DOI: 10.1177/1729881419839596.
- SHAMSHIRI, R. R.; HAMEED, A. I. *Mobile Robots for Digital Farming*. Oxon: CRC Press, 2025, p. 6.