

AGRICULTURA DE PRECISÃO NA OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS***PRECISION AGRICULTURE IN RESOURCE OPTIMIZATION***

Marcio Yoshiharo Shigueoka - marcioyoshiharu@yahoo.com
 Faculdade de Tecnologia de Bebedouro – Bebedouro – São Paulo – Brasil

Fabio Alexandre Cavichioli - fabio.cavichioli@fatectq.edu.br
 Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v21i2.2118
 Data de submissão: 27/09/2024
 Data do aceite: 23/11/2024
 Data da publicação: 20/12/2024

RESUMO

A agricultura de precisão (AP) representa uma abordagem inovadora para a gestão agrícola, integrando tecnologias avançadas como sensores, drones, sistemas de posicionamento global (GPS), softwares de análise de dados e sistemas de informação geográfica (SIG). Este trabalho visa explorar os benefícios, desafios e estratégias para a implementação eficaz da AP, com foco na otimização de recursos e na sustentabilidade ambiental. Através de uma revisão bibliográfica, destacam-se os benefícios da AP, incluindo a redução de custos com insumos, o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade das culturas. Contudo, a adoção da AP enfrenta desafios como custos iniciais elevados, falta de conhecimento técnico e infraestrutura inadequada. Estratégias como a capacitação técnica, cooperação e uso compartilhado de equipamentos são essenciais para superar esses obstáculos. A integração dessas tecnologias resultará em sistemas agrícolas altamente eficientes e sustentáveis, promovendo uma agricultura mais produtiva, eficiente e consciente dos impactos ambientais.

Palavras-chave: Meio Ambiente, Produtividade, Sustentabilidade, Tecnologias.

ABSTRACT

Precision agriculture (PA) represents an innovative approach to farm management, integrating advanced technologies such as sensors, drones, global positioning systems (GPS), data analysis software, and geographic information systems (GIS). This work aims to explore the benefits, challenges, and strategies for the effective implementation of PA, focusing on resource optimization and environmental sustainability. Through a literature review, the benefits of PA are highlighted, including cost reductions in inputs, increased productivity, and improved crop quality. However, the adoption of PA faces challenges such as high initial costs, lack of technical knowledge, and inadequate infrastructure. Strategies such as technical training, cooperation, and shared equipment usage are essential to overcome these obstacles. The integration of these technologies will result in highly efficient and sustainable agricultural systems, promoting a more productive, efficient, and environmentally conscious agriculture.

Keywords: Environment, Productivity, Sustainability, Technologies

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por alimentos e a necessidade de práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis colocam a agricultura sob pressão para otimizar a produção e reduzir os impactos ambientais. Nesse contexto, a agricultura de precisão (AP) surge como uma abordagem inovadora, integrando tecnologias avançadas para monitorar e gerenciar a variabilidade nos sistemas agrícolas. Segundo Molin, Amaral e Colaço (2015), a agricultura de precisão permite a aplicação diferenciada de insumos com base nas características específicas de cada área da lavoura, resultando em maior eficiência no uso de recursos.

A introdução da tecnologia na agricultura tem proporcionado resultados significativos em termos de economia de recursos e aumento da produtividade. Artuzo, Foguesatto e da Silva (2017) afirmam que a agricultura de precisão é uma inovação fundamental para a produção mundial de alimentos, promovendo a otimização do uso de fertilizantes, pesticidas e água. A aplicação precisa desses insumos reduz os custos de produção e minimiza o impacto ambiental, tornando a agricultura mais sustentável.

Apesar dos benefícios evidentes, a adoção da agricultura de precisão ainda enfrenta desafios significativos. Antonini et al. (2018) destacam que na região das Missões, no Rio Grande do Sul, fatores como custos iniciais, falta de conhecimento técnico e infraestrutura inadequada têm dificultado a implementação da AP. Além disso, Antolini (2015) ressalta que a percepção dos produtores sobre os benefícios da agricultura de precisão influencia diretamente a decisão de adotá-la ou não, indicando a importância de estratégias de conscientização e capacitação.

Tecnologias como drones, sensores de solo e planta, sistemas de posicionamento global (GPS) e softwares de análise de dados desempenham um papel central na agricultura de precisão. De Oliveira et al. (2020) ressaltam o potencial dos drones para capturar imagens em alta resolução, fornecendo dados essenciais para o mapeamento da variabilidade do solo e avaliação da saúde das plantas. Essas informações são fundamentais para a tomada de decisões estratégicas que resultam na economia de recursos e na maximização da produtividade.

Além de melhorar a eficiência produtiva, a agricultura de precisão contribui para a sustentabilidade ambiental. Simão e Ferreira (2023) destacam que a redução do uso excessivo de insumos químicos, associada a técnicas de monitoramento em tempo real, pode diminuir a contaminação do solo e da água, além de promover a conservação dos recursos naturais.

Portanto, a agricultura de precisão representa um avanço significativo para a produção agrícola mundial, alinhando inovação tecnológica com práticas agrícolas sustentáveis.

A agricultura de precisão apresenta-se como uma solução inovadora para os desafios da agricultura contemporânea, fornecendo uma abordagem eficiente e sustentável para a produção de alimentos. A necessidade de atender à crescente demanda por alimentos, reduzindo simultaneamente os custos e os impactos ambientais, torna a implementação de tecnologias avançadas uma prioridade. Segundo Artuzo, Soares e Weiss (2017), a agricultura de precisão é capaz de impactar positivamente tanto a economia quanto o meio ambiente, otimizando o uso de recursos como fertilizantes, pesticidas e água. Assim, este trabalho se justifica pela relevância de explorar os benefícios, desafios e fatores críticos para a adoção dessas tecnologias, fornecendo diretrizes que auxiliem agricultores e profissionais do setor a melhorar seus resultados econômicos e ambientais.

Este trabalho tem como objetivo analisar como a adoção da agricultura de precisão pode contribuir para a otimização de recursos e a redução de custos na produção agrícola. A pesquisa pretende identificar os principais benefícios, desafios e fatores críticos para a implementação bem-sucedida dessas tecnologias, com foco na sustentabilidade ambiental e na melhoria da eficiência produtiva.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito e evolução da agricultura de precisão

A agricultura de precisão (AP) é uma abordagem que otimiza a produção agrícola ao integrar tecnologias como GPS, sensores, drones e softwares de análise de dados. Molin, Amaral e Colaço (2015) destacam que a AP coleta e processa dados em campo, permitindo a aplicação precisa de insumos, aumentando a eficiência produtiva e promovendo sustentabilidade ambiental. Surgida nos anos 1980 com o avanço do georreferenciamento, a AP inicialmente focava em taxas variáveis de insumos (Antolini, 2015), mas evoluiu para abranger uma gama de práticas tecnológicas que melhoraram o manejo agrícola. A partir da década de 1990, o uso de sistemas de monitoramento de produtividade e mapas de colheita se tornou comum, permitindo ajustes precisos no manejo agrícola, embora os custos e a falta de conhecimento limitassem sua adoção (Russini, Cherubin e Beras, 2016).

Na década de 2000, com o surgimento de tecnologias mais acessíveis, como sensoriamento remoto por satélites e drones, a AP se expandiu globalmente (Antonini et al.,

2018). Sensores de solo e plantas fornecem dados em tempo real sobre umidade e nutrientes, permitindo decisões mais informadas (Guarizi e Funichello, 2020). Drones e GPS facilitam a coleta de imagens de alta resolução e o monitoramento detalhado do campo (De Oliveira et al., 2020), enquanto softwares de análise de dados e SIG ajudam a interpretar grandes volumes de informações agrícolas (Reghini e Cavichioli, 2020). A AP inclui ainda sistemas de irrigação inteligente e veículos agrícolas automatizados, que otimizam o uso de água e insumos (Simão e Ferreira, 2023). Além de aumentar a produtividade, a AP tem impacto ambiental positivo, reduzindo a contaminação do solo e conservando recursos naturais (Artuzo, Soares e Weiss, 2017), apesar de desafios como custos iniciais elevados e a necessidade de conhecimento técnico.

2.2 Tecnologias e ferramentas na agricultura de precisão

A agricultura de precisão (AP) revolucionou o setor agrícola ao integrar tecnologias como sensores, drones, GPS, softwares de análise de dados e sistemas de informação geográfica (SIG), permitindo um monitoramento detalhado das variabilidades no campo e a tomada de decisões mais precisas. Guarizi e Funichello (2020) destacam que os sensores de solo e planta fornecem dados em tempo real sobre nutrientes e umidade, otimizando a aplicação de insumos e reduzindo os impactos ambientais. Antonini et al. (2018) ressaltam que o GPS possibilita a criação de mapas de produtividade e variabilidade do solo, ajudando na aplicação precisa de insumos. Além disso, drones e satélites são utilizados para sensoriamento remoto, fornecendo imagens detalhadas das culturas e auxiliando na identificação de doenças e deficiências nutricionais (De Oliveira et al., 2020; Simão e Ferreira, 2023).

Os softwares de análise de dados e SIG desempenham um papel essencial na coleta e processamento de grandes volumes de informações agrícolas, permitindo a criação de mapas e planos de manejo específicos (Reghini e Cavichioli, 2020; Artuzo, Foguesatto e da Silva, 2017). A automação das operações agrícolas, com o uso de máquinas equipadas com GPS e condução autônoma, melhora a eficiência e reduz o desperdício de insumos (Antolini, 2015). A integração de todas essas tecnologias cria sistemas inteligentes que otimizam a produção e promovem a sustentabilidade agrícola (Pena, 2019).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nos procedimentos metodológicos, foi realizado um levantamento bibliográfico detalhado sobre o tema da Agricultura de Precisão e suas implicações para a otimização do

setor agrícola brasileiro. O objetivo desse levantamento foi compreender como as tecnologias emergentes, como sensores, GPS, drones e sistemas de informação geográfica (SIG), podem ser aplicadas para aumentar a eficiência no uso de recursos e a produtividade nas lavouras. A pesquisa foi conduzida por meio de uma busca sistemática em diversas fontes acadêmicas e científicas, com ênfase em livros, artigos científicos e periódicos especializados na área agrícola e de tecnologias inovadoras.

As consultas foram realizadas em bases de dados de renome como Scielo, Google Acadêmico, Web of Science e ScienceDirect, utilizando palavras-chave como "Agricultura de Precisão", "tecnologias agrícolas", "gestão da produção agrícola", "otimização do uso de recursos agrícolas", entre outras relacionadas à temática. A escolha dessas bases de dados se deu pela sua relevância e confiabilidade na disponibilização de artigos de alta qualidade sobre a aplicação de tecnologias no agronegócio.

A pesquisa incluiu uma revisão sobre o impacto da Agricultura de Precisão na melhoria da produtividade, na redução de custos operacionais e na sustentabilidade ambiental das práticas agrícolas. Também foram analisados estudos que discutem as vantagens e os desafios da implementação dessas tecnologias em diferentes tipos de culturas e em diferentes regiões do Brasil. Entre os autores relevantes para esta pesquisa, destacam-se [nomes dos autores ou estudos relevantes], cujas contribuições foram essenciais para entender as tendências e os impactos da Agricultura de Precisão.

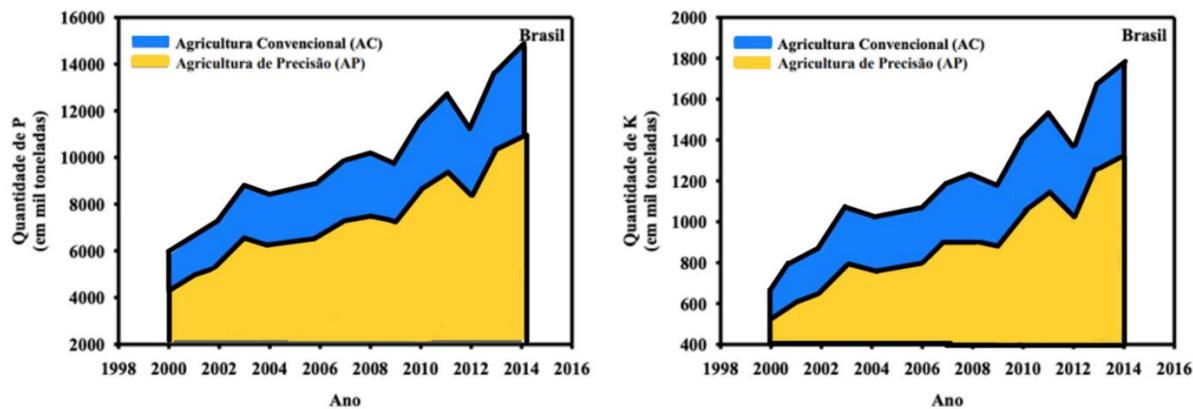
Através dessa análise bibliográfica, foi possível construir um panorama abrangente sobre o estado atual da Agricultura de Precisão no Brasil, identificar lacunas no conhecimento existente e fornecer uma base teórica sólida para a realização de estudos futuros, além de orientar a aplicação prática dessas tecnologias no setor agrícola.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A agricultura de precisão (AP) introduziu um novo paradigma na gestão agrícola ao integrar tecnologias como sensores, drones, GPS, softwares de análise de dados e sistemas de informação geográfica (SIG), permitindo maior eficiência produtiva e redução de impactos ambientais. Molin, Amaral e Colaço (2015) afirmam que a AP possibilita a aplicação diferenciada de insumos, o que resulta em maior produtividade, redução de custos e sustentabilidade. Antonini et al. (2018) destacam que a aplicação de insumos baseada em mapas de variabilidade do solo diminui significativamente os custos, enquanto Artuzo, Foguesatto e

da Silva (2017) observam que a aplicação direcionada de defensivos agrícolas ajuda no controle eficaz de pragas, reduzindo o uso de pesticidas e minimizando a contaminação ambiental.

Gráfico 1 - Simulação do consumo de Fósforo (P) e Potássio (K), entre a agricultura convencional (AC) e agricultura de precisão (AP)



Fonte: Artuzo, 2017.

Os gráficos apresentados comparam a evolução da utilização de nutrientes, especificamente fósforo (P) e potássio (K), na agricultura convencional (AC) e na agricultura de precisão (AP) no Brasil, entre 1998 e 2016. Ambos os gráficos mostram um aumento consistente na aplicação desses nutrientes ao longo dos anos em ambas as abordagens agrícolas, com a agricultura convencional mantendo volumes superiores em comparação à agricultura de precisão. No entanto, é possível observar que, apesar da menor quantidade de insumos utilizada, a agricultura de precisão apresenta um crescimento significativo, o que sugere maior eficiência no uso de nutrientes, alinhado com a proposta de otimização dos recursos dessa prática. A análise destaca a importância do desenvolvimento de técnicas agrícolas mais sustentáveis, visto que a AP busca maximizar o rendimento com menor impacto ambiental.

A irrigação inteligente também contribui para a redução de custos e eficiência hídrica, melhorando a saúde das plantas e aumentando a produtividade (Simão e Ferreira, 2023). De Oliveira et al. (2020) enfatizam que o monitoramento contínuo do solo e das plantas permite intervenções rápidas para corrigir deficiências, resultando em plantas mais saudáveis e produtivas. Além disso, a identificação precoce de doenças e pragas possibilita intervenções preventivas que aumentam a qualidade das colheitas (Antonini et al., 2018). A AP também promove a sustentabilidade ambiental ao reduzir o uso de insumos químicos e preservar os recursos naturais (Artuzo, Soares e Weiss, 2017).

Os sensores de solo desempenham um papel essencial na sustentabilidade ambiental, fornecendo dados detalhados sobre nutrientes e umidade, permitindo uma aplicação precisa de insumos, o que evita o desperdício e reduz a lixiviação, promovendo a conservação de recursos naturais (Reghini e Cavichioli, 2020). Sistemas de irrigação inteligente também são fundamentais para melhorar a eficiência hídrica, minimizando o uso excessivo de água e evitando a erosão do solo, contribuindo para a sustentabilidade agrícola (Simão e Ferreira, 2023). Além disso, a aplicação precisa de defensivos agrícolas e fertilizantes reduz os impactos ambientais, prevenindo a contaminação do solo e corpos d'água, e promovendo a qualidade do solo (Antonini et al., 2018; De Oliveira et al., 2020).

Figura 1 – Ciclo de aprendizado da agricultura de precisão



Fonte: Antolini, 2015

O gráfico ilustra um ciclo de gestão enfatizando a centralidade da gestão como o "FATOR CHAVE" para o sucesso das operações. Este modelo cíclico destaca a importância de várias etapas interconectadas que garantem a eficácia na administração de processos. Inicia-se com a "Interpretação de dados", essencial para entender as circunstâncias atuais e planejar ações futuras. A etapa de "Estratégia de manejo" segue, onde as decisões são tomadas com base nos dados interpretados. "Reavaliação e ajustes" são necessários para afinar as estratégias com base nos resultados obtidos, seguidos pela "Revisão de dados atuais e obtenção de novos", garantindo que as decisões futuras se baseiem em informações atualizadas e precisas. "Coleta de dados de produtividade" foca na mensuração do impacto das ações implementadas, e

"Análise dos resultados" fecha o ciclo, avaliando o sucesso das estratégias e identificando áreas para melhoria. Este modelo ressalta como a gestão eficaz é fundamental para manter o ciclo virtuoso de melhoria contínua, ajuste e reajuste em resposta às dinâmicas operacionais e de mercado.

Apesar dos benefícios, a adoção da agricultura de precisão enfrenta desafios como altos custos iniciais, falta de conhecimento técnico e infraestrutura inadequada, especialmente entre pequenos e médios agricultores (Antonini et al., 2018). Esses custos, somados à necessidade de manutenção e atualização dos equipamentos, dificultam a implementação ampla da AP, limitando seu alcance e impacto positivo. Para superar essas questões culturais e organizacionais, Artuzo, Foguesatto e da Silva (2017) recomendam o desenvolvimento de programas de conscientização e educação para mostrar os benefícios da agricultura de precisão aos agricultores. Eles também sugerem a criação de cooperativas e associações que permitam o compartilhamento de equipamentos e a implementação conjunta de estratégias de AP.

Além do investimento em equipamentos, os agricultores enfrentam custos adicionais com treinamento e consultoria técnica para interpretar os dados e implementar estratégias de manejo adequadas, o que aumenta os desafios de adoção da agricultura de precisão (Artuzo, Foguesatto e da Silva, 2017). A falta de conhecimento técnico é um obstáculo significativo, pois a interpretação dos dados requer treinamento especializado (Simão e Ferreira, 2023), e muitos agricultores acabam utilizando apenas uma parte das funcionalidades disponíveis, reduzindo a eficácia das tecnologias (Antonini et al., 2018). Para superar esses desafios, Guarizi e Funichello (2020) sugerem a criação de programas de capacitação e o fortalecimento das redes de extensão rural.

A infraestrutura inadequada, como a falta de conectividade e energia elétrica, também impede a adoção eficiente da AP, dificultando o monitoramento em tempo real e a manutenção dos equipamentos em regiões remotas (De Oliveira et al., 2020; Artuzo, Foguesatto e da Silva, 2017). Molin, Amaral e Colaço (2015) recomendam o fortalecimento das telecomunicações rurais e o desenvolvimento de soluções alternativas, como energia solar. Além disso, questões culturais e organizacionais, como a mentalidade conservadora e a fragmentação das propriedades, também dificultam a adoção em larga escala (Antolini, 2015; Antonini et al., 2018).

A integração de dados provenientes de diferentes fontes, como sensores, drones, equipamentos agrícolas e sistemas de informação geográfica (SIG), é outro desafio para a agricultura de precisão. Simão e Ferreira (2023) afirmam que a falta de padrões comuns para a

coleta e o processamento de dados dificulta a interoperabilidade entre os diferentes sistemas, resultando em perda de informações e análise inadequada.

Além disso, a quantidade massiva de dados gerada pelos sensores e drones pode sobrecarregar os agricultores e dificultar a identificação de insights úteis para o manejo agrícola. De Oliveira et al. (2020) destacam que muitos agricultores não possuem a infraestrutura de tecnologia da informação necessária para armazenar e processar esses dados, levando à subutilização das informações coletadas.

Para melhorar a integração de dados e a interoperabilidade, Molin, Amaral e Colaço (2015) sugerem o desenvolvimento de padrões abertos para os sistemas de agricultura de precisão, permitindo que os diferentes equipamentos e softwares possam se comunicar entre si. Eles também recomendam o uso de plataformas de análise em nuvem para processar os dados de forma eficiente e fornecer recomendações práticas aos agricultores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura de precisão (AP) se destaca como uma solução inovadora e eficiente para os desafios do setor agrícola, ao integrar tecnologias avançadas como sensores, drones, GPS e sistemas de informação geográfica. Essas ferramentas permitem uma gestão mais precisa dos recursos naturais, otimizando insumos como fertilizantes, água e defensivos, o que resulta em maior produtividade e sustentabilidade ambiental. A aplicação direcionada desses insumos não só reduz custos, como também minimiza os impactos ambientais, tornando a produção agrícola mais eficiente e menos danosa ao solo e à água.

No entanto, a adoção da AP enfrenta desafios significativos, como os altos custos iniciais, a necessidade de infraestrutura adequada e a falta de conhecimento técnico especializado. Esses obstáculos são particularmente difíceis para pequenos e médios agricultores. Para que a AP seja amplamente implementada, é fundamental o apoio governamental, programas de financiamento e a capacitação técnica. O futuro da AP é promissor, com o avanço de tecnologias como inteligência artificial e automação, que tornarão a agricultura mais produtiva e sustentável, com a colaboração entre agricultores, empresas e instituições de pesquisa desempenhando um papel essencial nesse processo.

REFERÊNCIAS

ANTOLINI, Leonardo Silva. **Condicionantes de adoção de agricultura de precisão por produtores de grãos.** 2015. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ANTONINI, Rafael Cipollat et al. Adoção e uso da agricultura de precisão na região das missões do Rio Grande do Sul. **HOLOS**, v. 4, p. 106-121, 2018.

ARTUZO, Felipe Dalzotto; FOGUESATTO, Cristian Rogério; DA SILVA, Leonardo Xavier. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 13, n. 29, 2017.

ARTUZO, Felipe Dalzotto; SOARES, Caroline; WEISS, Claudete Rejane. Inovação de processo: O impacto ambiental e econômico da adoção da agricultura de precisão. **Espacios**, v. 38, n. 2, p. 1-6, 2017.

DE OLIVEIRA, Altacis Junior et al. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.

MOLIN, José Paulo; DO AMARAL, Lucas Rios; COLAÇO, André. **Agricultura de precisão.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PENA, Ismael da Silva. **Arquitetura de controle para gestão de recursos na agricultura de precisão.** 2019.

RUSSINI, Alexandre; CHERUBIN, Maurício Roberto; BERAS, Guilherme Jost. Análise econômica do uso da agricultura de precisão. In: **Agricultura de precisão do Rio Grande do Sul.** Santa Maria, RS: CESPOL, p. 121-136, 2016.

SIMÃO, Franciele Leal; FERREIRA, Matheus Martins. **Agricultura de precisão: avanços tecnológicos e suas aplicações na produção agrícola.** 2023.