

Tecnologias emergentes da Agronomia 4.0: O futuro das práticas agrônômicas

Francio Pereira Santiago

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) – Rio de Janeiro

Annibal Scavarda

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) – Rio de Janeiro

Flávio Vaz Machado

Instituto de Educação Médica (IDOMED) – Rio Janeiro

RESUMO

A Agronomia 4.0 introduz tecnologias como IoT, big data e IA para aumentar a produtividade agrícola de forma sustentável, enfrentando desafios como altos custos e falta de infraestrutura. Essas inovações visam otimizar recursos naturais e promover práticas agrícolas mais eficientes e resilientes.

Palavras-chave: Agronomia 4.0, Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

O setor agrícola tem passado por transformações significativas ao longo das últimas décadas, motivadas principalmente pela necessidade de aumentar a produtividade para suprir a crescente demanda alimentar global. Com o advento da chamada "Indústria 4.0", a agricultura também entrou em uma nova fase, conhecida como Agronomia 4.0, marcada pela incorporação de tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT), big data, Inteligência Artificial (IA) e automação. Essas tecnologias estão revolucionando o setor ao permitir uma gestão mais eficiente de recursos e maior precisão na produção agrícola (FOUNTAS et al., 2020).

Essas inovações estão reformulando o modo como a agricultura é praticada, trazendo maior eficiência no uso de recursos naturais, como água e energia, e permitindo a tomada de decisões baseadas em dados em tempo real. O conceito de Agronomia 4.0 se alinha com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), promovendo práticas que aumentam a produtividade sem comprometer a sustentabilidade ambiental (BHARTI et al., 2018). O uso de IA e big data permite prever padrões climáticos, otimizar o uso de insumos e tomar decisões mais rápidas e precisas.

A necessidade de aumentar a produtividade agrícola de maneira sustentável tornou-se urgente diante de desafios globais como as mudanças climáticas, o esgotamento dos recursos naturais e o crescimento populacional. A Agronomia 4.0 surge como uma resposta a esses desafios, ao combinar avanços tecnológicos para otimizar a gestão dos processos produtivos no campo, aumentar a eficiência no uso dos insumos e minimizar os impactos ambientais (QUY et al., 2022). Tecnologias como a IoT permitem



monitorar em tempo real o solo e o clima, ajustando automaticamente a irrigação e o uso de fertilizantes.

Outro pilar dessa nova era é a agricultura de precisão, que visa gerenciar a variabilidade dentro das áreas de cultivo, ajustando práticas como irrigação, fertilização e controle de pragas de acordo com as necessidades específicas de cada parcela. Essa abordagem, viabilizada por sensores, drones e satélites, faz parte do ecossistema de tecnologias da Agronomia 4.0, que promete transformar o setor por meio de decisões baseadas em dados e automação (LEONG et al., 2023). A IA aplicada ao setor já está otimizando práticas agrícolas ao prever eventos climáticos e doenças nas plantações.

Diante deste cenário, o surgimento de novas tecnologias de monitoramento e automação abre oportunidades para uma agricultura mais eficiente e adaptativa, capaz de enfrentar as incertezas climáticas e as pressões crescentes por maior produtividade com menos recursos. No entanto, o setor ainda enfrenta barreiras consideráveis, como os altos custos de adoção e a falta de infraestrutura adequada para a implementação dessas tecnologias em larga escala (ELBASI et al., 2022). A capacitação necessária para operar e manter essas inovações também é um desafio, mas as perspectivas de longo prazo são promissoras para uma agricultura mais sustentável e produtiva.

2 OBJETIVO

Sabe-se que os produtores agrícolas enfrentam desafios como dificuldades para adoção das tecnologias da Agronomia 4.0, necessidade de infraestrutura tecnológica adequada (especialmente em áreas rurais), capacitação técnica dos trabalhadores rurais e barreiras culturais. Deste modo, o objetivo deste estudo é discutir como as tecnologias emergentes da Agronomia 4.0 estão transformando as práticas agronômicas.

3 METODOLOGIA

Este estudo utilizou adotou uma revisão bibliográfica de estudos sobre a aplicação de tecnologias digitais na agricultura. Foram analisados artigos científicos, relatórios de instituições governamentais e estudos de caso dos últimos cinco anos, utilizando bases de dados como Web of Science e Google Scholar. A seleção dos materiais focou em estudos que abordam diretamente o impacto da tecnologia na produtividade e sustentabilidade agrícola. A estratégia de busca para alcançar os estudos se baseou nos seguintes termos: Agricultural Producers AND Agronomy 4.0 AND Technologies.

O foco recaiu sobre o impacto de tecnologias como IoT, big data, IA, robótica e automação agrícola. A escolha por uma revisão de literatura justifica-se pela necessidade de compreender as rápidas transformações da Agronomia 4.0. A metodologia permitiu relacionar tecnologias emergentes aos desafios da agricultura moderna, analisando casos de uso prático e as barreiras à adoção em larga escala.



4 DESENVOLVIMENTO

A IoT e o big data têm desempenhado um papel crucial na transformação da agricultura, permitindo o monitoramento em tempo real de variáveis ambientais, como solo, clima e até a saúde das plantas. Isso proporciona aos agricultores a capacidade de tomar decisões mais informadas, otimizando o uso de recursos essenciais, como água e fertilizantes. Estudos demonstram que a adoção dessas tecnologias pode aumentar a eficiência das operações agrícolas em até 20% e reduzir o consumo de água em até 30%, o que é especialmente relevante em áreas que enfrentam escassez hídrica (ALI et al., 2023). Além disso, sensores inteligentes podem monitorar as condições do solo e do clima, permitindo ajustes automáticos na irrigação e fertilização, otimizando ainda mais os recursos e garantindo uma produção agrícola mais sustentável (MADUSHANKI et al., 2019).

A automação e a robótica também estão ganhando força no setor agrícola, com o uso crescente de máquinas autônomas para realizar tarefas como colheita, monitoramento de pragas e até o plantio. Essas tecnologias estão promovendo maior eficiência ao reduzir a necessidade de intervenção humana em processos repetitivos e demorados. Um exemplo disso é o uso de robôs autônomos para controle de pragas, que reduz a dependência de pesticidas químicos e, ao mesmo tempo, melhora a saúde das plantas e a qualidade das colheitas (GONZÁLEZ-DE-SANTOS et al., 2017). Essas soluções robóticas estão permitindo que os agricultores aumentem a produtividade sem prejudicar o meio ambiente, contribuindo para uma agricultura mais limpa e eficiente.

A IA tem sido outra ferramenta essencial na agricultura moderna, auxiliando na tomada de decisões estratégicas ao prever eventos climáticos e otimizar o uso de insumos. Modelos preditivos baseados em IA podem antecipar secas, chuvas intensas e outras condições climáticas adversas, permitindo que os agricultores ajustem suas práticas de plantio e colheita para minimizar perdas. No entanto, a implementação dessa tecnologia, especialmente em áreas rurais, ainda enfrenta desafios significativos, como os altos custos iniciais e a falta de infraestrutura adequada, especialmente em regiões mais remotas (MARAVEAS, 2022). Mesmo assim, as oportunidades oferecidas pela IA incluindo a criação de novos modelos de negócios e a agricultura de precisão colaborativa, são vastas e promissoras.

Além dos benefícios operacionais, a Agronomia 4.0 também oferece vantagens significativas em termos de sustentabilidade. Tecnologias avançadas, como a IoT e a automação, contribuem diretamente para a otimização de recursos naturais, reduzindo o consumo de água, fertilizantes e pesticidas. Ao monitorar continuamente as condições das plantas e do solo, essas tecnologias permitem que os agricultores apliquem insumos agrícolas apenas quando necessário, o que reduz o impacto ambiental e aumenta a eficiência geral do sistema agrícola (RAJALAKSHMI; MAHALAKSHMI, 2016). Além disso, a automação também ajuda a diminuir as emissões de carbono, e práticas de sequestro de carbono podem ser monitoradas por IA para garantir que a agricultura se torne cada vez mais neutra em carbono (GREESHMA et al., 2023).



Por fim, os benefícios sociais e econômicos da adoção da Agronomia 4.0 também são amplamente destacados. A inclusão digital e a capacitação de trabalhadores rurais para operar essas novas tecnologias criam oportunidades de emprego e aumentam a resiliência das comunidades agrícolas. Com o uso de IA, os agricultores podem antecipar eventos climáticos extremos, como secas e tempestades, fortalecendo a resiliência climática e minimizando perdas nas colheitas. Essa transformação tecnológica também permite uma maior inclusão de pequenos agricultores, que podem acessar tecnologias avançadas e obter maiores rendimentos em suas operações, contribuindo para a segurança alimentar global (CAMBRA-BASECA et al., 2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade na área hospitalar não é apenas uma tendência passageira, mas uma necessidade premente em face das atuais mudanças climáticas e da pressão sobre os recursos naturais. Adotar práticas sustentáveis nos hospitais vai além de uma simples responsabilidade ambiental; trata-se de uma estratégia integrada que pode trazer benefícios significativos em diversas frentes. A sustentabilidade hospitalar pode levar à redução de custos operacionais, à melhoria da qualidade dos serviços de saúde, à promoção de um ambiente de trabalho mais saudável e ao fortalecimento da imagem institucional dos hospitais.

Além disso, ao se tornarem líderes em sustentabilidade, os hospitais podem influenciar positivamente outros setores e comunidades, promovendo um impacto positivo em toda a sociedade. Embora os desafios sejam significativos, as oportunidades para inovação e melhoria contínua são vastas. À medida que as políticas públicas e as tecnologias verdes evoluem, os hospitais têm à sua disposição uma variedade de ferramentas e recursos para se tornarem mais sustentáveis, eficientes e resilientes.

Portanto, a integração de práticas sustentáveis na gestão hospitalar não deve ser vista apenas como uma obrigação, mas como uma oportunidade para transformar o setor de saúde, garantindo que ele possa atender às necessidades das gerações presentes e futuras de maneira eficaz, ética e sustentável.

A Agronomia 4.0 representa uma revolução tecnológica no setor agrícola, oferecendo soluções inovadoras que promovem tanto a sustentabilidade ambiental quanto o aumento da produtividade. Tecnologias como IoT, big data, inteligência artificial, robótica e automação estão moldando um novo paradigma agrícola, no qual o uso eficiente dos recursos naturais, a redução de impactos ambientais e a maximização da produtividade tornam-se metas interdependentes e alcançáveis. No entanto, apesar de suas vantagens evidentes, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos que precisam ser resolvidos para que seus benefícios sejam amplamente distribuídos.

Entre os desafios mais críticos estão o alto custo de implementação, a falta de infraestrutura tecnológica em áreas rurais, e a escassez de capacitação técnica para operar as novas ferramentas. Além disso, a resistência cultural e a fragmentação de dados dificultam a adoção de práticas de agricultura digital



em larga escala. Esses obstáculos são mais agudos para pequenos e médios agricultores, que frequentemente enfrentam barreiras financeiras e estruturais maiores do que grandes produtores.

Por outro lado, o papel das políticas públicas é essencial para impulsionar a adoção da Agronomia 4.0, fornecendo incentivos financeiros e promovendo a infraestrutura necessária para o avanço tecnológico no campo. Programas como o Plano Safra no Brasil e a Política Agrícola Comum da União Europeia demonstram a importância de iniciativas governamentais para facilitar o acesso a tecnologias digitais e estimular a modernização agrícola de forma inclusiva.

Dessa forma, a Agronomia 4.0 tem o potencial de transformar profundamente o setor agrícola, tornando-o mais resiliente às mudanças climáticas, mais eficiente no uso de recursos e mais competitivo. Contudo, para que essa revolução tecnológica seja verdadeiramente inclusiva e sustentável, é necessário um esforço conjunto entre governos, instituições educacionais, empresas de tecnologia e agricultores. A superação dos desafios identificados depende de investimentos em infraestrutura, políticas públicas mais direcionadas, e, sobretudo, de uma mudança cultural no modo como a agricultura é praticada e gerida.

Por fim, ao integrar tecnologia de ponta com práticas sustentáveis, a Agronomia 4.0 não apenas transforma o presente da agricultura, mas também garante a sua viabilidade futura, contribuindo para a segurança alimentar global e para a preservação do meio ambiente.



REFERÊNCIAS

- ALI, Awais et al. Application of smart techniques, internet of things and data mining for resource use efficient and sustainable crop production. *Agriculture*, v. 13, n. 2, p. 397, 2023.
- BHARTI, V. K. et al. Impact of artificial intelligence for agricultural sustainability. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 17, n. 4, p. 393-399, 2018.
- CAMBRA BASECA, Carlos et al. A smart decision system for digital farming. *Agronomy*, v. 9, n. 5, p. 216, 2019.
- ELBASI, Ersin et al. Artificial intelligence technology in the agricultural sector: A systematic literature review. *IEEE access*, v. 11, p. 171-202, 2022.
- FOUNTAS, Spyros et al. The future of digital agriculture: technologies and opportunities. *IT professional*, v. 22, n. 1, p. 24-28, 2020.
- GONZALEZ-DE-SANTOS, Pablo et al. Fleets of robots for environmentally-safe pest control in agriculture. *Precision Agriculture*, v. 18, p. 574-614, 2017./fleets-robots-pest-control-agriculture-gonzálezdesantos/dc4b42742d2451f6b228074cc2887b37/?utm_source=chatgpt)
- GREESHMA, M. et al. Revolutionizing Farming with IoT: Smart Irrigation System for Sustainable Agriculture. In: 2023 4th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC). IEEE, 2023. p. 420-425.
- LEONG, Ying Mei et al. Transforming agriculture: navigating the challenges and embracing the opportunities of artificial intelligence of things. In: 2023 IEEE International Conference on Agrosystem Engineering, Technology & Applications (AGRETA). IEEE, 2023. p. 142-147.
- MADUSHANKI, AA Raneesha et al. Adoption of the Internet of Things (IoT) in agriculture and smart farming towards urban greening: A review. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, v. 10, n. 4, p. 11-28, 2019.
- MARAVEAS, Chrysanthos. Incorporating artificial intelligence technology in smart greenhouses: Current State of the Art. *Applied Sciences*, v. 13, n. 1, p. 14, 2022.
- QUY, Vu Khanh et al. IoT-enabled smart agriculture: architecture, applications, and challenges. *Applied Sciences*, v. 12, n. 7, p. 3396, 2022.
- RAJALAKSHMI, P.; MAHALAKSHMI, S. Devi. IOT based crop-field monitoring and irrigation automation. In: 2016 10th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO). IEEE, 2016. p. 1-6.