



Tendências, desafios e oportunidades da Agricultura Digital no Brasil

Édson Luis Bolfe^a, Lúcio André de Castro Jorge^b e Ieda Del'Arco Sanches^c

Resumo: A agricultura brasileira vem passando por grandes transformações tecnológicas, econômicas, sociais e ambientais. As projeções de aumento da população mundial para 9 bilhões de habitantes em 2050 demandarão uma quantidade crescente de alimentos, fibras e energia, impondo o aumento da produtividade agrícola, a redução de custos e o uso sustentável dos recursos naturais. Este breve artigo apresenta os principais resultados de uma pesquisa realizada com agricultores, empresas e prestadores de serviços em agricultura digital no Brasil sobre as tecnologias digitais em uso, aplicações atuais e futuras,

-
- a Doutor em Geografia. Pesquisador na Embrapa Agricultura Digital e Professor na UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. E-mail: edson.bolfe@embrapa.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7777-2445>.
- b Doutor em Engenharia Elétrica. Pesquisador na Embrapa Instrumentação. E-mail: lucio.jorge@embrapa.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8341-3203>.
- c Doutora em Ciências da Terra. Pesquisadora no INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. E-mail: ieda.sanches@inpe.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1296-0933>.

benefícios percebidos e desafios. O questionário foi elaborado, organizado e disponibilizado ao público por meio da plataforma on-line, em 2020. Os resultados observados indicaram que 84% dos produtores rurais entrevistados utilizam pelo menos uma tecnologia digital em seu sistema de produção conforme seu nível de complexidade tecnológica. Os principais benefícios apontados referem-se à percepção de aumento de produtividade e os principais desafios são os custos de aquisição de máquinas, equipamentos, softwares e a conectividade. Nesse contexto, para que o Brasil seja capaz de garantir e manter sua capacidade produtiva, é fundamental considerar o processo de transformação digital no campo, em especial sobre os pequenos e médios produtores rurais.

Palavras-chave: Agricultura 4.0. Tecnologias digitais. Desenvolvimento rural.

Trends, challenges and opportunities of Digital Agriculture in Brazil

*Édson Luis Bolfe^a, Lúcio André de Castro Jorge^b & Ieda Del'Arco
Sanchez^c*

Abstract: Brazilian agriculture is undergoing major technological, economic, and socio-environmental transformations. The projected increase in world population to 9 billion people by 2050 will require an increase in food, fiber, and energy production, imposing improvements in agricultural productivity, reduction in production costs and sustainable use of natural resources. This short paper presents some results of a survey carried out with Brazilian farmers, companies and service providers about the digital technologies in use, as well as current and future applications, perceived benefits, and challenges. The questionnaire was prepared, organized, and made available to the public through the online platform was available in 2020. The results indicate that 84% of the interviewed farmers use at least one digital technology in their production system that differs according to technological

-
- a PhD in Geography. Researcher at Embrapa Digital Agriculture and Professor at UNICAMP – State University of Campinas. E-mail: edson.bolfe@embrapa.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7777-2445>.
- b PhD in Electrical Engineering. Researcher at Embrapa Instrumentação. E-mail: lucio.jorge@embrapa.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8341-3203>.
- c PhD in Earth Sciences. Researcher at INPE – National Institute for Space Research. E-mail: ieda.sanches@inpe.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1296-0933>.

complexity level. The main perceived benefit refers to the perception of increased productivity and the main challenges are the acquisition costs of machines, equipment, software, and connectivity. In this context, in order for Brazil to guarantee and maintain its productive capacity, it is essential to consider the digital transformation process, especially for small and medium-sized rural producers.

Keywords: Agriculture 4.0. Digital Technology. Rural Development.

Tendencias, desafíos y oportunidades de la Agricultura Digital en Brasil

*Édson Luis Bolfe^a, Lúcio André de Castro Jorge^b y Ieda Del'Arco
Sanches^c*

Resumen: La agricultura brasileña ha experimentado importantes cambios tecnológicos, económicos, sociales y ambientales. Las proyecciones de un aumento de la población mundial a 9 mil millones de habitantes en 2050 demandarán una cantidad cada vez mayor de alimentos, fibra y energía, lo que impondrá un aumento de la productividad agrícola, la reducción de costos y el uso sostenible de los recursos naturales. Este breve artículo presenta los principales resultados de una encuesta realizada con agricultores, empresas y proveedores de servicios en agricultura digital en Brasil sobre tecnologías digitales en uso, aplicaciones actuales y futuras, beneficios y desafíos percibidos. El cuestionario fue elaborado, organizado y puesto a disposición del público a través de la plataforma en línea en 2020. Los resultados observados indicaron que el 84% de los productores rurales entrevistados utilizan al menos una

a Doctor en Geografía. Investigador de Embrapa Agricultura Digital y Profesor de UNICAMP - Universidad Estatal de Campinas. E-mail: edson.bolfe@embrapa.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7777-2445>.

b Doctor en Ingeniería Eléctrica. Investigador de Embrapa Instrumentação. E-mail: lucio.jorge@embrapa.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8341-3203>.

c Doctora en Ciencias de la Tierra. Investigador del INPE - Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales. E-mail: ieda.sanches@inpe.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1296-0933>.

tecnología digital en su sistema productivo, de acuerdo a su nivel de complejidad tecnológica. Los principales beneficios mencionados se refieren a la percepción de aumento de la productividad y los principales desafíos son los costos de adquisición de máquinas, equipos, software y conectividad. En este contexto, para que Brasil pueda garantizar y mantener su capacidad productiva, es fundamental considerar el proceso de transformación digital en el campo, especialmente para los pequeños y medianos productores rurales.

Palabras clave: Agricultura 4.0. Tecnologías digitales. Desarrollo rural.

1. Introdução

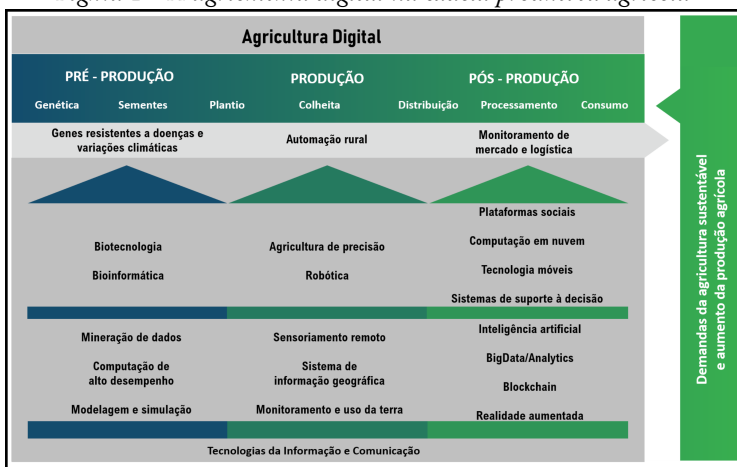
Características edafoclimáticas aliadas a políticas públicas de longo prazo em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e o fomento ao empreendedorismo rural tornou o Brasil um dos líderes mundiais em agricultura tropical. Em condições climáticas favoráveis, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021) projeta que a produção de grãos poderá ultrapassar o atual patamar de 270 milhões de toneladas, atingindo de 330 a 380 milhões de toneladas na safra de 2030/2031. Quanto à produção de carnes (de frango, suína e bovina), essas projeções indicam um crescimento de 37%, passando dos atuais 27 milhões para 37 milhões de toneladas no mesmo período. Há, também, crescente demanda por outros produtos como algodão, celulose, leite, açúcar e frutas. Os mercados interno e internacional crescentes são considerados os fatores responsáveis pela maior demanda desses produtos, o que deverá manter participação do setor agrícola em torno de 21% do PIB nacional (CEPEA, 2019).

Contudo, o aumento da população mundial, a contínua urbanização, a maior expectativa de vida, o cenário de emergência climática, as alterações no padrão alimentar e econômico e os recentes reflexos associados à pandemia da Covid-19 são fatores que, quando combinados, impulsionam a demanda por segurança alimentar e energética, de forma mais sustentável, isto é, produção com redução de impactos socioambientais nas mais variadas escalas de observação. Nesse sentido, a busca por serviços e tecnologias digitais têm moldado agendas de desenvolvimento em várias escalas. Internacionalmente, mostra-se presente na Agenda 2030 que envolve os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015). A transformação digital envolve setores como a agricultura, pecuária, irrigação, manejo integrado de pragas, rastreabilidade, certificação, gestão de fazendas, controle de

maquinário, e deverão contribuir nas agendas ESG, sigla em inglês para *Environmental, Social and Governance* (UNGC, 2021).

A transformação digital no meio rural se baseia na geração e no processamento de grandes volumes de dados digitais com potencial de inovação nos diferentes elos das cadeias produtivas – pré-produção, produção e pós-produção (Figura 1). Tecnologias como *Big Data* (WOLFERT et al., 2017), *Machine e Deep Learning* (LIAKOS et al., 2018), IoT – *Internet of Things* (VERDOUW et al., 2019), Sensoriamento Remoto (MULA, 2013), Sensores de Campo (KAYAD et al., 2020), Plataformas Sociais (MICHELS et al., 2020), Conectividade (ZERVOPOULOS et al., 2020), *Blockchain* (CHEN et al., 2020), Inteligência Artificial (ABRAHAM et al., 2020) e Computação de Alto Desempenho (DELL, 2020) têm avançado rapidamente e suas aplicações podem contribuir significativamente para o Brasil fortalecer sua posição como um dos líderes mundiais em produção e exportação de alimentos.

Figura 1 – A agricultura digital na cadeia produtiva agrícola



Fonte: Massruha et al. (2020).

Bolfe et al. (2020) destacam que a agricultura digital pode ser entendida como um conjunto de tecnologias de comunicação, informação e de análises espaciais que permite ao produtor rural planejar, monitorar e gerenciar as atividades operacionais e estratégicas do sistema de produção, permitindo amparar decisões antes e depois da “porteira”.

A transformação digital tem assumido o protagonismo no meio rural, tornando-se um importante fio condutor de demandas de mercados consumidores atentos à sustentabilidade da produção no campo. No entanto, ainda existem lacunas de dados para amparar decisões estratégicas no desenvolvimento de novas pesquisas, inovações e mercados, especialmente focados nos pequenos e médios produtores rurais. Dessa forma, o presente artigo objetiva apresentar e discutir alguns dos principais resultados de uma pesquisa on-line realizada em 2020 com produtores rurais, empresas e prestadores de serviços em agricultura digital no Brasil.

2. Metodologia

O presente artigo é baseado em uma pesquisa coordenada pela Embrapa, em parceria com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e realizada entre 17 de abril e 2 de junho de 2020, com 504 agricultores, de forma individual ou via associações, cooperativas ou sindicatos rurais de agricultores, e 249 empresas e prestadores de serviços. A consulta teve abrangência nacional e baseou-se nos aspectos metodológicos aplicados em: i) na avaliação dos fatores de adoção de imagens de sensoriamento remoto no manejo de precisão dos produtores de algodão nos Estados Unidos (LARSON et al., 2008), ii) na avaliação da adoção e das perspectivas futuras da agricultura de precisão na Alemanha (REICHARDT; JÜRGENS, 2009), e iii) em quem avaliou a adoção de tecnologias de agricultura de

precisão no setor canavieiro no Brasil (BORGHI et al., 2016).

As questões foram elaboradas a partir de referências bibliográficas onde estabeleceu-se um questionário com vinte e duas questões específicas sobre aspectos como o perfil da propriedade, características da produção, tecnologias digitais utilizadas, aplicações no sistema produtivo, potenciais benefícios e desafios para a implementação da agricultura digital em suas propriedades, empresas ou serviços prestados. O questionário foi elaborado, organizado e disponibilizado ao público através da plataforma on-line *LimeSurvey* sob o número de inscrição 25889/2020. Os dados primários obtidos para cada pergunta (escolha única, múltipla escolha e questões matriciais) e suas respectivas respostas foram consolidados em relatório quantitativo. Posteriormente, foram geradas as estatísticas com base em dados de frequência absoluta e gráficos representativos da frequência relativa representada pelos percentuais de cada uma das variáveis associadas às questões da pesquisa.

3. Resultados e discussões

A consulta teve abrangência nacional, obtendo respostas de agricultores, empresas e prestadores de serviços em agricultura digital de 556 diferentes municípios de todos os Estados e do Distrito Federal. Rio Grande do Sul (15,8%), Minas Gerais (14,5%), São Paulo (13,3%), Bahia (10%) e o Paraná (8,6%) foram os estados onde obteve-se o maior número de respostas. Esses Estados fazem parte de regiões agrícolas consolidadas e, com Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul, fazem parte dos oito Estados com maior valor bruto de produção agrícola do Brasil (IBGE, 2019).

Dentre os produtores rurais, 69% declararam que possuem mais de 10 anos de profissão; 72% cultivam áreas de até 50 hectares (ha); 74% trabalham com agricultura; 54% com pecuária; 6% com silvicultura e 14 com outras atividades como

apicultura, floricultura, aquicultura e piscicultura. Metade deste grupo utiliza insumos e controles químicos; 43% rotação de culturas ou pastagens; 37% insumos orgânicos e controles biológicos; e 24% sistemas consorciados ou integrados. Foi relatado o cultivo de 53 tipos de lavouras permanentes e temporárias pelos agricultores, sendo as principais o milho, feijão, soja, café, cana-de-açúcar, mandioca, trigo, arroz, hortaliças e frutas, destacando-se banana, laranja, uva, mamão e manga. Entre os pecuaristas, 33% atuam com pecuária de corte, seguida de leite com 29%, 16% com aves, 14% com ovinos e 10% com suínos. Considerando somente a silvicultura, 9,5% dos agricultores indicaram que plantam eucaliptos; 5,5% espécies nativas; e 1,2% pinus.

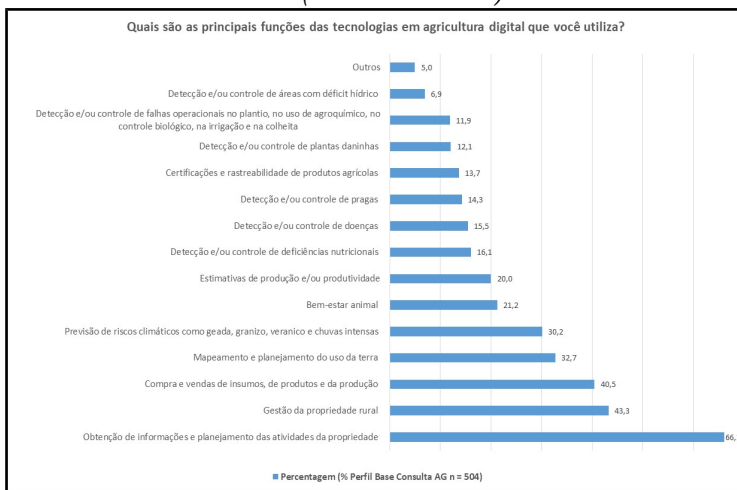
De forma geral, 84% dos produtores rurais indicaram a utilização de, pelo menos, uma tecnologia digital em seu processo produtivo, com destaque para: i) conectividade (70%); ii) programas de computador ou plataformas digitais (57%); iii) aplicativos de celular (22%), iv) Sistemas de Posicionamento Global por Satélite – GPS (20%); v) dados ou imagens gerados por sensores remotos, como satélite, drone e Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) (17%); vi) dados ou imagens sobre planta, animal, solo, água e clima gerados por sensores de campo (16%); vii) mapas de produtividade baseados em índices de vegetação (8%); viii) sistemas automatizados ou robotizados (6%); e ix) máquinas ou equipamentos com eletrônica embarcada (5%).

Ao avaliar as aplicações das tecnologias digitais no setor canavieiro paulista, SILVA et al. (2011) observaram como principais usos as imagens de satélites (76%), sistemas de piloto automático (39%) e aplicações de insumos em taxa variável (29%). Em análise semelhante com produtores de soja, milho, café e algodão nos estados brasileiros do Rio Grande do Sul, Paraná, Maranhão, Goiás e Tocantins, Borghi et al. (2016) observaram que 67% deles utilizaram alguma tecnologia digital,

sendo 56% com mapeamento via GPS e 22% usando sensores remotos, sensores de campo e telemetria.

Ao analisar as funções das tecnologias digitais utilizadas pelos produtores rurais e fornecidas pelas empresas e prestadores de serviços (Figura 2 e 3), observou-se que a obtenção de informações e o planejamento das atividades de produção é a principal função para ambos os perfis. Em seguida, foram indicadas pelos produtores rurais a gestão da propriedade rural e a compra/venda de insumos/produção; e, pelas empresas e prestadores de serviços, o mapeamento do uso da terra e gestão da propriedade.

Figura 2 – Principais funções das tecnologias digitais na propriedade rural (Produtores Rurais)



Fonte: Bolfé et al. (2020).

Em relação ao acesso às tecnologias utilizadas, os produtores rurais indicaram que ocorre por meio da aquisição e uso próprio de máquinas, equipamentos e aplicativos (69%); por meio de consultoria ou serviços oferecidos por associações, cooperativas, sindicatos, ONGs (31%); por meio de consultoria

ou serviços oferecidos por prefeituras, governo estadual ou federal (21%); e via contratação de prestação de serviços ou consultorias especializadas em agricultura digital (19%).

Figura 3 – Principais aplicações das tecnologias digitais pelos clientes (Empresas e Prestadores de Serviços)



Fonte: Bolfe et al. (2020).

Contudo, os produtores rurais relatam que ainda possuem dificuldades importantes para implantar ou melhorar seu processo produtivo com a agricultura digital devido principalmente pelo valor do investimento para a aquisição de máquinas, equipamentos ou aplicativos; problemas ou falta de conexão em áreas rurais; valor para contratação de prestadores de serviços especializados; e a falta de conhecimento sobre quais as tecnologias mais apropriadas para o uso na sua propriedade (Figura 4). Os elevados percentuais apontando dificuldades na aquisição e no acesso a créditos podem estar relacionados, principalmente, ao fato das tecnologias disponíveis atualmente serem, na sua maioria, importadas. Buainain et al. (2021) também observa que um dos principais desafios é a necessidade de gerar

tecnologias nacionais apropriadas e a preços acessíveis para atender às necessidades específicas para cada sistema de produção dos pequenos e médios produtores brasileiros.

Figura 4 – Principais dificuldades para acesso e uso das tecnologias digitais (Empresas e Prestadores de Serviços)



Fonte: Bolfe et al. (2020).

Pivoto et al. (2019) destacam que a agricultura digital é um conceito relativamente novo e que se refere ao uso de tecnologia da informação e comunicação na gestão das propriedades rurais, com foco simultâneo na produtividade, lucratividade e conservação dos recursos naturais. Ao analisarem as aplicações e os fatores determinantes que influenciam as decisões dos produtores de grãos quanto à adoção de tecnologias no sul do Brasil, observaram que não havia um padrão rígido no perfil dos agricultores, especialmente em termos de características socioeconômicas, para explicar a adoção de tecnologias digitais como um pacote tecnológico. Esses autores destacam ainda que a adoção de algumas tecnologias requer mais anos de capacitação e conhecimento sobre a tecnologia funciona, e outras exigem

que a propriedade tenha maior escala produtiva.

Dentre as vantagens percebidas a partir do uso das tecnologias digitais na pesquisa realizada, tanto no perfil dos produtores rurais como no perfil das empresas, houve destaque para o aumento da produtividade, maior eficiência da mão de obra, maior qualidade da produção e redução do impacto ambiental. Outra vantagem percebida é a otimização no uso de insumos, como sementes, fertilizantes, defensivos, agentes de controle biológico e água, que foi associada principalmente ao uso de sensores de campo. Já o melhor planejamento das atividades diárias, a redução de custos e aumento do lucro, a compra de insumos e comercialização dos produtos, inclusive vendas diretas aos consumidores, foram benefícios vinculados especialmente ao uso de aplicativos e serviços web.

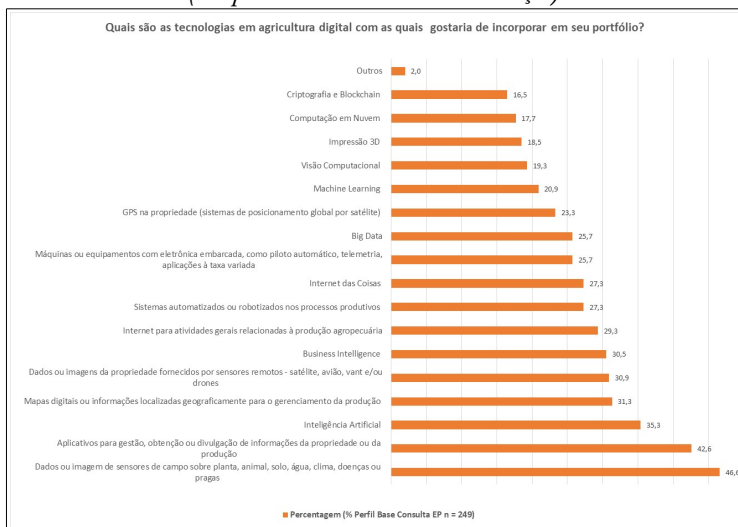
Na abordagem sobre as tecnologias digitais que as empresas e prestadores de serviços gostariam de incorporar ou fortalecer sua atuação no futuro, destacam-se as aplicações de dados ou imagem de sensores de campo, a obtenção ou divulgação de informações da propriedade ou da produção e a inteligência artificial (Figura 5).

O *Mckinsey Global Institute* (2015) estima que o potencial de impacto na economia global de inovações em tecnologias digitais pode ser de até US \$11,1 trilhões por ano até 2025, incluindo o setor agrícola e ambiental. Para o Brasil, o ganho econômico previsto é de US \$5,5 a US \$21,1 bilhões, dependendo do grau de adoção dessas tecnologias no meio rural. A UNGC (2017) destaca que 80% das empresas que atuam no setor espera ter vantagens competitivas a partir da implementação de novas máquinas, equipamentos e serviços nos próximos anos.

Salienta-se ainda que 95% do total dos respondentes indicou ter interesse em receber mais informações sobre agricultura digital e suas aplicações. Nesse sentido, é importante avaliar formas de auxílio à adoção dessas tecnologias digitais, pois são

processos novos, que requerem apoio e um acompanhamento de técnicos, consultores ou tutores capazes de facilitar a adaptação e familiarização ao uso de sistemas e aplicativos.

*Figura 5 – Funções das tecnologias digitais na propriedade rural
(Empresas e Prestadores de Serviços)*



Fonte: Bolfe et al. (2020).

Buainain et al. (2021) analisaram políticas públicas e iniciativas privadas para promover o uso das tecnologias digitais no âmbito de micro, pequenas e médias unidades produtivas, e observaram que há áreas técnicas em rápido processo de expansão, indicando que é fundamental ter agendas digitais setoriais para maior desenvolvimento do meio rural. Destacam ainda a existência de um ecossistema de inovação vibrante no meio rural brasileiro, com presença de *startups*, *agritechs*, *agrohubs*, empresas de máquinas e equipamentos e forte participação de instituições de pesquisa e educação.

4. Considerações finais

Os resultados observados na pesquisa indicam que 84% dos agricultores brasileiros entrevistados utilizam pelo menos uma tecnologia digital em seu sistema de produção, e esse percentual diminui à medida que o nível de complexidade tecnológica da aplicação aumenta. Conectividade, aplicativos móveis, plataformas digitais, software, sistemas globais de posicionamento por satélite, sensoriamento remoto e sensores de campo são as principais tecnologias utilizadas. No entanto, foram apontadas dificuldades importantes para ampliar seu uso, destacando-se o custo de compra de máquinas, equipamentos e aplicativos, a falta de conectividade nas áreas rurais e de capacitações em agricultura digital.

Os resultados indicam que os agricultores e mesmo os prestadores de serviços desejam aumentar e investir nas novas tecnologias digitais, e que cada vez mais se tornarão presentes à medida que aumentar o incentivo do governo aos investimentos em internet no campo, bem como formas de financiamento para aquisição de tecnologias e disponibilização de treinamentos e capacitações. O governo tem um papel importante neste cenário, pois através de ações estruturantes será possível aumentar o patamar de uso das tecnologias digitais nas aplicações que podem retornar em maiores ganhos para a produção e todo o ecossistema.

O fortalecimento das ações públicas e privadas para ampliar o entendimento quanto ao uso e reais benefícios ou não dessas tecnologias no dia a dia do produtor rural, em seus diferentes níveis tecnológicos, é imprescindível para a solução de uma equação complexa, com variáveis econômicas, sociais e ambientais, em que é necessário produzir mais alimentos, com qualidade e origem, e menor uso de insumos e recursos naturais.

Referências

- ABRAHAM, E. R.; MENDES DOS REIS, J. G.; VENDRAMETTO, O.; OLIVEIRA COSTA NETO, P. L. D.; CARLO TOLOI, R.; SOUZA, A. E. D.; OLIVEIRA MORAIS, M. Time Series Prediction with Artificial Neural Networks: An Analysis Using Brazilian Soybean Production. **Agriculture**, v. 10, n. 475. p. 1-18, 2020.
- BOLFE, É. L.; JORGE, L. A. D. C.; SANCHES, I. D.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; DA COSTA, C. C.; VICTORIA, D. D. C.; INAMASU, R. Y.; GREGO, C. R.; FERREIRA, V. R.; RAMIREZ, A. R. Precision and Digital Agriculture: Adoption of Technologies and Perception of Brazilian Farmers. **Agriculture**, v. 10, n. 653. p. 1-16, 2020.
- BOLFE, É. L.; JORGE, L. A. D. C.; SANCHES, I. D.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; DA COSTA, C. C.; VICTORIA, D. D. C.; INAMASU, R. Y.; GREGO, C. R.; FERREIRA, V. R.; RAMIREZ, A. R. Agricultura Digital no Brasil: tendências, desafios e oportunidades. 2020. 45p. (Relatório Técnico). Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/produtos-agropensa>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- BORGHI, E.; AVANZI, J. R. C.; BORTOLON, L.; LUCHIARI, J. R. A.; BORTOLON, E. S. O. Adoption and use of precision agriculture in Brazil: Perception of growers and service dealership. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 89. p. 89-104, 2016.
- BUAINAIN, A. M.; CAVALCANTE, P.; CONSOLINE, L. **Estado atual da agricultura digital no Brasil: Inclusão dos agricultores familiares e pequenos produtores rurais**. Documentos

de Projetos (LC/TS.2021/61), Santiago, Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2021.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada.

PIB do Agronegócio Brasil. CEPEA, 2019. Disponível em:

<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 22 dez. 2021.

CHEN, Y.; LI, Y.; LI, C. Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application. **Journal of Cleaner Production**, v. 268, n. 122071, p. 1-15, 2020.

DELL. **Quantum Computing.** 2020. Disponível em:

<https://www.delltechnologies.com/fr-fr/blog/tags/quantum-computing/>. Acesso em: 22 dez. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Valor Bruto da Produção Agrícola – 2019.** Disponível em:

<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/referencias>. Acesso em: 22 dez. 2021.

KAMILARIS, A.; Prenafeta-Boldú, F. X. Deep learning in agriculture: A survey. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 147, n. 70. p. 70-90, 2018.

KAYAD, A.; PARAFOROS, D. S.; MARINELLO, F.; FOUNTAS, S. Latest Advances in Sensor Applications in Agriculture. **Agriculture**, v. 10, n. 362. p. 1-8, 2020.

LARSON, J. A.; ROBERTS, R. K.; ENGLISH, B. C.; LARKIN, S. L.; MARRA, M. C.; MARTIN, S. W.; PAXTON, K. W.; REEVES, J. M. Factors affecting farmer adoption of remotely

sensed imagery for precision management in cotton production.

Precision Agriculture, v. 9, n. 1, p.195-208, 2008.

LIAKOS, K. G.; BUSATO, P.; MOSHOU, D.; PEARSON, S.; BOCHTIS, D. Machine Learning in Agriculture: A Review.

Sensors, v. 18, n. 2674, p. 1-29, 2018.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Projeções do agronegócio: Brasil 2020/21 a 2030/31 projeções de longo prazo. Brasília, DF: MAPA/ACE, 2021. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura>. Acesso: 22 dez. 2021.

MASSRUHA, S.; LEITE, M.; OLIVEIRA, S.; MEIRA, C.;

LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, E.(Org.). **Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas.**

Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2020. v. 1. 406p.

Disponível em:

<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218131/1/LV-Agricultura-digital-2020.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **The Internet of Things:**

Mapping the value beyond the hype. MGI, 2015. Disponível em:

<https://www.mckinsey.com.br>. Acesso em: 22 dez. 2021.

MICHELS, M.; BONKE, V.; MUSSHOF, O. Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection. **Precision**

Agriculture, v. 21, n. 1, p. 1209–1226, 2020.

MULLA, D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps.

Biosystems Engineering, v. 114, n.1, p. 358-371, 2013.

Desenvolvimento Sustentável – ODS 2030. ONU, 2015.

Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 22 dez. 2021.

PIVOTO, D.; BARHAM, B.; DABDAB, P.; ZHANG, D.; TALAMINI, E. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. **Int. Food Agribus. Manag. Rev.** , v. 22, n. 4, p. 571–588, 2019.

REICHARDT, M.; JÜRGENS, C. Adoption and future perspective of precision farming in Germany: Results of several surveys among different agricultural target groups. **Precision Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 73-94, 2009.

SILVA, C. B.; DE MORAES, M. A. F. D.; MOLIN, J. P. Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. **Precision Agriculture**, v. 12, n. 1, p. 67-81, 2011.

UNGC. UNITED NATIONS GLOBAL COMPACT. **ESG - Environmental, Social, and Governance**. 2021. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/pg/esg>. Acesso em: 22 dez. 2021.

UNGC. **Digital Agriculture**. 2017. Disponível em: <http://breakthrough.unglobalcompact.org/disruptive-technologies/digital-agriculture/>. Acesso em: 22 dez. 2021.

UNGC. UNITED NATIONS GLOBAL COMPACT. **Digital Agriculture**. 2017. <http://breakthrough.unglobalcompact.org/disruptive-technologies/digital-agriculture>. Acesso em: 22 dez. 2021.

CONZON, D.; MONTANARO, T. Architecture framework of IoT-based food and farm systems: A multiple case study.

Computers and Electronics in Agriculture, v. 165, n. 104939, p. 1-26, 2019.

WOLFERT, S.; GE, L.; COR VERDOUW, C.; BOGAARDT, M. Big Data in Smart Farming – A review. **Agricultural Systems**, v. 153, n. 1, p. 69-80, 2017.

ZERVOPOULOS, A.; TSIPIS, A.; ALVANOU, A.G.; BEZAS, K.; PAPAMICHAIL, A.; VERGIS, S.; STYLIDOU, A.; TSOUMANIS, G.; KOMIANOS, V.; KOUFOUDAKIS, G.; OIKONOMOU, K. Wireless Sensor Network Synchronization for Precision Agriculture Applications. **Agriculture**, v. 10, n. 89, 2020.