



Agrotecnologias disruptivas

*Darlene Sausen^a, Lucas Palhares Marques^b, Gabriela de Araújo Costa^c,
Maelle Cavalcante de Melo^d e Letícia Bezerra Azevedo^e*

Resumo: O setor rural já passou por profundas modificações e agora estamos acompanhando uma revolução focada na sustentabilidade e na qualidade de vida, provocada pelo surgimento da agricultura digital, também conhecida como Agricultura 4.0 ou Smart Farming. As tecnologias que fazem parte do conjunto da agricultura digital provocam uma ruptura com os padrões, modelos e tecnologias já estabelecidos. Manter-se competitivo exige renovação constante. Por isso, o objetivo deste trabalho foi abordar as ferramentas que podem ser

-
- a Doutora em Agronomia pela UFSM – Universidade Federal de Santa Maria. darlene_sn@yahoo.com.br. <https://orcid.org/0000-0002-3896-0168>.
- b Estudante de graduação em Engenharia Agrônômica pela UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. lucas_palhares.m@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-5185-8141>.
- c Estudante de graduação em Engenharia Agrônômica pela UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. gabicostarn10@gmail.com.
- d Estudante de graduação em Engenharia Agrônômica pela UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. maellemelo1@gmail.com.
- e Estudante de graduação em Zootecnia pela UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. leticiaazevedo957@gmail.com.

utilizadas no setor agrícola para aperfeiçoar a forma de produzir alimentos. A pesquisa e o desenvolvimento científico, aliados a agricultura de precisão, possibilitaram o surgimento de outras inovações que tornaram possível a agricultura digital. Essas tecnologias podem ser aplicadas de forma indireta fora da propriedade, de forma direta dentro da propriedade no processo produtivo e seguem sendo utilizadas no mercado de distribuição dos produtos agrícolas. Mesmo que de forma lenta, devido a pouca infraestrutura de conexão, capacidade técnica e econômica para a adoção das tecnologias inovadoras, o uso dessas tecnologias será cada vez mais frequente. Assim, a adoção das tecnologias disruptivas é um caminho sem volta, visto que, além de agregar valor à produção proporcionam mais sustentabilidade ambiental, social e econômica aos sistemas agroalimentares.

Palavras-chave: Agricultura digital. Agricultura 4.0. Tecnologias inovadoras.

Disruptive agrotechnologies

*Darlene Sausen^a, Lucas Palhares Marques^b, Gabriela de Araújo Costa^c,
Maelle Cavalcante de Melo^d & Letícia Bezerra Azevedo^e*

Abstract: The rural sector has undergone profound changes and now we are following a revolution focused on sustainability and quality of life, caused by the emergence of digital agriculture, also known as Agriculture 4.0 or Smart farming. The technologies that are part of the digital agriculture as a whole cause a rupture with the standards, models and technologies already used. Staying competitive requires constant renovation. Therefore, the objective of this study was to discuss the tools that can be used in agriculture to improve the way of producing food. The scientific research and development combined with precision agriculture made possible the emergence of other innovations that made digital agriculture possible. These technologies can be applied indirectly outside the property, directly inside the property in the production process and continue to be used in the agricultural product distribution

-
- a Ph.D in Agronomy at UFSM – Federal University of Santa Maria. darlene_sn@yahoo.com.br. <https://orcid.org/0000-0002-3896-0168>.
- b Undergraduate student in Agronomic Engineering at UFRN – Federal University of Rio Grande do Norte. lucas_palhares.m@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-5185-8141>.
- c Undergraduate student in Agronomic Engineering at UFRN – Federal University of Rio Grande do Norte. gabicostarn10@gmail.com.
- d Undergraduate student in Agronomic Engineering at UFRN – Federal University of Rio Grande do Norte. maellemelo1@gmail.com.
- e Undergraduate student in Animal Science at UFRN – Federal University of Rio Grande do Norte. leticiaazevedo957@gmail.com.

market. Even if slowly, due to little connection infrastructure, technical and economic capacity for the adoption of innovative technologies, the use of these technologies will be more and more frequent. Therefore, the adoption of disruptive technologies is a path of no return, since, in addition to adding value to production, they provide more environmental, social and economic sustainability to agrifood systems.

Keywords: Agriculture 4.0. Digital farming. Innovative technologies.

Agrotecnologías disruptivas

*Darlene Sausen^a, Lucas Palhares Marques^b, Gabriela de Araújo Costa^c,
Maelle Cavalcante de Melo^d y Letícia Bezerra Azevedo^e*

Resumen: El sector rural ya ha experimentado cambios profundos y ahora estamos siguiendo una revolución centrada en la sostenibilidad y la calidad de vida, causada por la aparición de la agricultura digital, también conocida como Agricultura 4.0 o Agricultura inteligente. Las tecnologías que forman parte del conjunto de la agricultura digital provocan una ruptura con los estándares, modelos y tecnologías ya establecidos. Mantenerse competitivo requiere una renovación constante. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue abordar las herramientas que se pueden utilizar en el sector agrícola para mejorar la forma de producir alimentos. La investigación y el desarrollo científicos combinados con la agricultura de precisión hicieron posible la aparición de otras innovaciones que impulsaron la agricultura digital. Estas tecnologías se pueden aplicar indirectamente fuera de la propiedad, directamente dentro de la propiedad en el

- a Doctora en Agronomía por la UFSM – Universidad Federal de Santa María. darlene_sn@yahoo.com.br. <https://orcid.org/0000-0002-3896-0168>.
- b Estudiante de licenciatura en Ingeniería Agronómica de la UFRN – Universidad Federal de Rio Grande do Norte. lucas_palhares.m@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-5185-8141>.
- c Estudiante de licenciatura en Ingeniería Agronómica de la UFRN – Universidad Federal de Rio Grande do Norte. gabicostarn10@gmail.com.
- d Estudiante de licenciatura en Ingeniería Agronómica de la UFRN – Universidad Federal de Rio Grande do Norte. maellemelo1@gmail.com.
- e Estudiante de licenciatura en Ciencia Animal en UFRN – Universidad Federal de Rio Grande do Norte. leticiaazevedo957@gmail.com.

proceso de producción y continuar utilizándose en el mercado de distribución de productos agrícolas. Entre las tecnologías disruptivas que los productores pueden utilizar en las granjas, podemos destacar el uso de cultivares mejorados, telemetría, drones, biodefensivos y plataformas digitales. Aunque sea lento, debido a la poca infraestructura de conexión, capacidad técnica y económica para la adopción de tecnologías innovadoras, el uso de estas tecnologías será cada vez más frecuente porque ellas proporcionan una mayor producción de alimentos, tanto en cantidad como en calidad. Por lo tanto, la adopción de tecnologías disruptivas es un camino sin retorno, ya que, además de agregar valor a la producción, brindan más sostenibilidad ambiental, social y económica a los sistemas agroalimentarios.

Palabras clave: Agricultura digital. Agricultura 4.0. Tecnologías innovadoras.

1. Introdução

A civilização já passou por diferentes revoluções que configuraram avanços no modo como as pessoas vivem, trabalham e se relacionam. No século XVIII, a revolução industrial trouxe consigo considerados avanços econômicos e tecnológicos. O crescimento desenfreado dos grandes centros e a expansão do êxodo rural foram consequências dessas mudanças.

Na primeira revolução industrial houve a chegada dos maquinários, que modificaram a manufatura (Quadro 1). A segunda revolução trouxe o uso do motor elétrico e a produção de fertilizantes e agrotóxicos (Revolução Verde). A terceira revolução foi marcada com a chegada da tecnologia da informação, unindo a ciência e indústria, otimizando a produção através da comunicação (ZAMBON et al., 2019). Por fim, a quarta revolução, a indústria 4.0 que faz o uso de máquinas com processos digitais para integrar o mundo virtual e o real (*Cyber Physical Space*), aprimorando todos os processos de uma cadeia produtiva pela ciência dos dados (*Data Science*¹).

Com o setor agrícola não foi diferente, já ocorreram profundas modificações desde que o homem começou a cultivar as plantas e a domesticar os animais (ZAMBON et al., 2019; BASECA et al., 2019; PIVOTO et al., 2018). O arado e as carroças deram lugar a máquinas movidas a motores, houve a síntese de agrotóxicos sintéticos e a aplicação de insumos passou a ser realizada em taxa variável (FELDENS, 2018).

A mais recente evolução que estamos acompanhando é focada na sustentabilidade e na qualidade de vida (PIXLEY et al., 2019). Para suprir a crescente demanda por alimentos estamos vivenciando uma incessante busca por técnicas e tecnologias que

1 É o estudo disciplinado dos dados e informações inerentes ao negócio e todas as visões que podem cercar um determinado assunto; pode ser considerada a ciência que estuda as informações, seu processo de captura, transformação, geração e, posteriormente, análise de dados.

proporcionem um aumento da produtividade sem aumentar o uso de recursos naturais.

Nesse contexto, acompanhando as transformações que ocorreram em outros setores surge a Agricultura digital, também conhecida como Agricultura 4.0 ou *Smart Farming*. Esse termo refere-se à utilização de tecnologia de ponta na cadeia produtiva de alimentos, que quando aliada aos processos de apoio a tomada de decisão e manejo, proporcionam um aumento da produtividade e qualidade dos produtos, além de redução de impactos ambientais (SAIZ-RUBIO; ROVIRA-MÁS, 2020; BASECA et al., 2019).

O Brasil figura hoje entre os principais produtores de alimentos do mundo, sendo a inovação e a tecnologia os fatores que mais contribuíram para isso (NASPOLINI, 2020). Nesse modelo de produção agrícola que está hoje à disposição do produtor rural, são usadas máquinas, veículos autônomos, robôs e animais com sensores que coletam informações e encaminham de forma digital para um banco de dados (SAIZ-RUBIO; ROVIRA-MÁS, 2020; VIRK et al., 2020). Essas informações são analisadas e permitem que as decisões sejam tomadas com mais inteligência.

As tecnologias que fazem parte do conjunto da Agricultura 4.0 provocam uma ruptura com os padrões, modelos e tecnologias já estabelecidos (SIQUEIRA, 2020). Fazendo uso não só da nanotecnologia, biotecnologia, geotecnologias, robótica, ciência dos dados, mas se complementando com outras tecnologias e inovações no setor de telecomunicações, segurança cibernética, armazenamento de energia e automação já consolidadas (FOUNTAS et al., 2020; EMBRAPA, 2018).

Portanto, com a chegada das tecnologias digitais no campo será possível promover o avanço do conhecimento, a disseminação de informação, a conservação dos recursos naturais, o monitoramento do uso da terra, controle dos índices

zootécnicos e a segurança alimentar. Essa nova fase da agricultura está revolucionando o mundo e levando a população a uma realidade cada vez mais sustentável. Deste modo, abordar as ferramentas que podem ser utilizadas no setor agrícola para aperfeiçoar a forma de produzir, armazenar e distribuir alimentos, torna-se necessário.

2. Metodologia

O presente estudo se caracteriza por uma análise qualitativa das tecnologias disruptivas do agronegócio. Para tanto, foram realizadas buscas em bases científicas e websites de notícias que possibilitaram o entendimento do estado da arte.

A revisão bibliográfica apresentada a seguir trata das tecnologias que deram suporte as agrotecnologias² disruptivas da atualidade, exemplos práticos do uso dessas tecnologias no setor canavieiro e os desafios que ainda precisam ser enfrentados para consolidação dessas inovações no Brasil.

3. O que proporcionou o desenvolvimento das tecnologias disruptivas atuais

A pesquisa científica no meio agropecuário com o uso da tecnologia tem contribuído significativamente nos últimos anos para a progressiva produção de alimentos, rações, fibras, medicamentos, biocombustíveis, madeiras, controles ecológicos e materiais estruturais (SAIZ-RUBIO; ROVIRA-MÁS, 2020; PIXLEY et al., 2019). É notório o aumento na eficiência da produção agrícola que o país alcançou nos últimos anos, devido as melhorias tecnológicas nos processos produtivos. Essas melhorias são resultados de investimentos públicos em pesquisa

2 São inovações tecnológicas, produtos, ou serviços para o agronegócio ou ligadas a ele, com características “disruptivas”, que provocam uma ruptura com os padrões, modelos ou tecnologias já estabelecidos no mercado.

agrícola, através da capacitação de pesquisadores no exterior e a construção de modernos centros de pesquisa dotados de laboratórios bem equipados (DALL'AGNOL, 2018).

A atuação de universidades, *startups* e instituições públicas e privadas em pesquisa, desenvolvimento e inovação no agronegócio têm desenvolvido soluções de tecnologia da informação e comunicação, especialmente nas áreas de agroinformática, bioinformática e geoestatística. O que permite a introdução das tecnologias digitais no campo para atender o produtor rural, apoiar políticas públicas e divulgar a ciência e o conhecimento (EMBRAPA, 2020). Foram esses investimentos que deram origem ao desenvolvimento tecnológico que mudou o jeito de fazer agricultura no Brasil.

Foi mediante a agricultura de precisão, mais eficiente e ecológica, que a agricultura 4.0 criou forma, como argumento para um novo ramo tecnológico (BASECA et al., 2019). Essa revolução visa facilitar o cotidiano de quem trabalha com sistemas agroalimentares por meio de soluções funcionais para as atividades do dia a dia. Mas foi somente com a ampliação do acesso à internet em áreas rurais e urbanas que as inovações tecnológicas tiveram sua aplicação expandida, possibilitando a interação entre o mundo real e o virtual. A transformação digital trouxe consigo uma nova maneira de olhar o agronegócio, mais flexível, que começa a ser amplamente adquirida para melhorar a produtividade, reduzir o desperdício, agregando mais valor ao produto final.

Em 2014, 42% dos domicílios brasileiros não tinham computador nem internet, em 2018 esse número caiu para 30% (CETIC, 2019). Entre 2017 e 2018 o percentual de pessoas conectadas na zona rural aumentou 8%, passando de 41 para 49% (IBGE, 2020). De acordo com Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP) 67% das propriedades agrícolas do país já fazem uso de alguma inovação tecnológica nos seus processos

produtivos (CAMPOS, 2020). Esses dados mostram que o uso da internet vem aumentando consideravelmente a cada ano. É esperado que num futuro muito próximo as atividades rurais sejam majoritariamente realizadas com base em conteúdos digitais.

Isso acontecerá porque o emprego desses instrumentos de tecnologia da informação na propriedade rural tem a função de coletar e analisar dados sobre o clima, o solo, as plantas, os animais e os equipamentos. De posse dessas informações, o sistema consegue entender as variabilidades que ocorrem dentro da fazenda e, assim, propor as melhores soluções, como pulverização, adubação em taxas variáveis e planejamento mais preciso na aplicação de defensivos. A resposta ao seu uso é expressa nos excelentes resultados obtidos no campo, que consequentemente, se traduzem em contínuos recordes de produção e aumento de produtividade.

O Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação (BRASIL, 2018), alavancou ainda mais o desenvolvimento das tecnologias disruptivas. Ao estabelecer novas medidas de incentivo a inovação e a pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, promoveu ecossistemas de inovação e mecanismos de geração de empreendimentos (EMBRAPA, 2018). Isso possibilita a capacitação tecnológica, que é a base para se alcançar a autonomia tecnológica e o desenvolvimento do sistema produtivo nacional.

Como poderemos ver a seguir, são diversas as inovações tecnológicas que precedem a aplicação da agricultura digital no campo, que muitas vezes, via de regra, o cidadão comum pouco sabe ou reconhece, visto que elas podem ser aplicadas na pré-produção, na produção ou até mesmo, na pós-produção. Um exemplo, é a maior eficiência e confiabilidade dos sistemas para dispositivos móveis e embarcados, como as redes de sensores sem fio (*Wireless Sensor Network* – RSSF). Um sensor, ao ser

colocado no solo, permitem observar, por exemplo, a umidade do solo em tempo real. Hoje esses sensores apresentam menor consumo energético, maior latência, tamanho reduzido e menor custo de fabricação e operação, tornando essa tecnologia mais acessível e ajudando o agricultor no manejo da cultura.

A maior conectividade entre dispositivos móveis (Wi-Fi, conexão de smartphone via *Bluetooth*, inicialização *bootstrap*) também merece destaque, pois, facilita o acesso a dados para gerenciamento da produção diretamente pelos dispositivos móveis (tablets e smartphones), além de possibilitar a utilização de aplicativos de celular para automatizar processos produtivos no campo. Além disso, a instalação de antenas e transmissores de sinal em pontos estratégicos dentro de uma propriedade rural, fornecem internet de qualidade para toda a propriedade, permitindo a conexão entre as diversas tecnologias.

Da mesma forma, o desenvolvimento da internet das coisas (*Internet of Things* – IoT), que abrange as tecnologias capazes de conectar todos os tipos de dispositivos digitais a bases de dados, redes e à internet (sistemas integrados baseados em nuvem), para que “conversem” entre si ou possam ser acessados à distância (BASECA et al., 2019). A IoT é uma nova frente de negócios para o setor agrícola, e que deve movimentar com soluções para o agronegócio entre US\$ 5 bilhões e US\$ 21 bilhões até 2025, possibilitando um aumento de até 25% na produção das fazendas e a redução de até 20% no uso de insumos (AGROTECH, 2019).

Outra área que possibilitou avanços significativos no desenvolvimento de tecnologias digitais é a computação. Com sistemas computacionais de alto dinamismo, foi possível o estudo das informações, seu processo de captura, transformação, geração e, posteriormente, análise de dados fundamentais para a agricultura, sejam eles usados de forma direta ou indireta (WOLFERTA et al., 2017).

Nesse segmento podemos destacar além da própria análise

de dados (*Data Analytics*), avanços na análise e obtenção de informações a partir de conjuntos de dados grandes demais para serem analisados por sistemas tradicionais (*Big Data*); na prospecção de dados ou mineração de dados (*Mining*) que explora grandes quantidades de dados à procura de padrões consistentes que são muito utilizados para auxiliar as tomadas de decisões sobre estratégia e vantagens competitivas; e na computação em nuvem (*Cloud Computing*) tanto no que se refere a plataforma, que representa um espaço em que são rodados aplicativos e serviços específicos, independente de conexão, quanto como um *host*, que é o serviço de hospedagem na internet em que ficam armazenadas as informações.

A inteligência artificial é mais uma inovação que através da inteligência computacional, da aprendizagem de máquina (*Machine Learning*), da comunicação máquina a máquina (*Machine-to-Machine* – M2M) e da robótica têm contribuído muito no estudo de como os computadores podem fazer tarefas que hoje são melhores desempenhadas pelos trabalhadores no campo (Figura 1).

A interação homem computador tem sido cada vez mais aprimorada com a visão computacional (*Machine Vision*), a visualização da informação (*Information Visualization*) e a realidade aumentada (*Augmented Reality*) (Figura 1). Com isso é possível extrair dados, descobrir novas informações “escondidas” nos dados abstratos e interagir com o maquinário mesmo à distância e de modo preciso (NASCIMENTO; FERREIRA, 2011).

Talvez as geotecnologias sejam as inovações precursoras das tecnologias disruptivas mais conhecidas no campo (Figura 2). O Sistema de Informações Geográficas (SIG) resulta da combinação entre três tipos de geotecnologias distintas, o sensoriamento remoto, o sistema de posicionamento global (GPS) e o geoprocessamento que tem contribuído demasiadamente nos

estudos ambientais e para uma agricultura mais eficiente e eficaz (DIAS et al., 2019).

Figura 1 – Inovações tecnológicas promotoras de automatização da agricultura

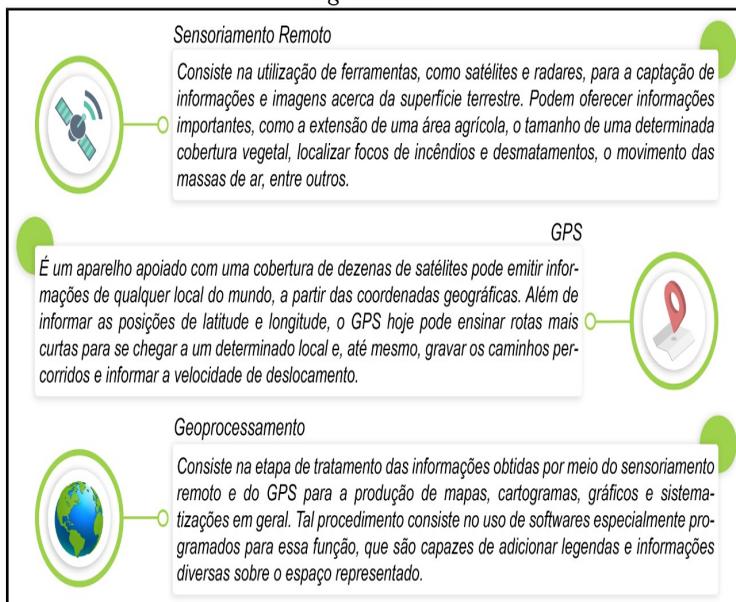


Fonte: Autores.

Não tão popular, diversas ferramentas da biotecnologia são utilizadas em melhorias na agricultura. Com essas ferramentas é possível identificar e selecionar genes que codificam características a serem usadas, como marcadores moleculares na seleção assistida, ou ainda, expressar um determinado gene em

outro organismo por transgenia e, assim, obter novas características desejáveis tanto em plantas como em animais (FRESIA, 2015).

Figura 2 – Geotecnologias promotoras das tecnologias disruptivas na agricultura



Fonte: Autores.

Nesse contexto, a biologia sintética deverá intensificar o contínuo melhoramento de características de interesse demandadas pelo setor agropecuário através de culturas recombinantes (BATISTA; DIXON, 2019; EMBRAPA, 2018). Essa nova tecnologia promove a resistência a estresses bióticos e abióticos; incremento na produtividade; gera plantas como matérias-primas de biomassa para biocombustíveis; produção de alto valor agregado (em termos nutricional e funcional); e cria biofábricas para a produção de insumos para setor industrial e farmacêutico (HENNING; NEPOMUCENO, 2020; 2019;

PIXLEY et al., 2019).

Também não muito conhecida, a nanotecnologia pode ser considerada como um conjunto de atividades ou mecanismos que ocorrem em uma escala extremamente pequena (um nanômetro é a bilionésima parte de um metro), mas com grandes implicações no setor agrícola.

A partir da fabricação de biossensores, transdutores altamente sensíveis, circuitos integrados e na confecção de dispositivos que incorporam a combinação de porções orgânicas e inorgânicas, a nanotecnologia pode melhorar a agricultura de precisão, a rastreabilidade dos produtos, a certificação, a pós-colheita, a produção de biocombustíveis, insumos (fertilizantes, pesticidas) e de medicamentos para uso veterinário (HAYAT et al., 2020; SOUZA, 2020; ASSIS; MATTOSO, 2008).

Ainda, entre as tecnologias inovadoras que possibilitam a utilização de tecnologia de ponta na produção de alimentos podemos citar os sistemas de armazenamento de energia que permitam a utilização dos recursos naturais de forma consciente e mais controlada e a segurança cibernética que cria sistemas para evitar invasão, fraudes e roubo de dados, como o protocolo da confiança (*Blockchain*) que funciona como uma rede de validação de dados de alta confiança. Essas atividades protetivas já são uma realidade também para a maioria das empresas agrícolas que realizam negociações de produtos com moedas digitais, fazem uso de sensores inteligentes ligados a aplicativos, *Cloud Computing* entre outros (GUPTA et al., 2020).

A produção agrícola ainda enfrenta adversidades que se iniciam antes da fazenda, passam pelo processo produtivo dentro da propriedade e tem prosseguimento no mercado de distribuição. São muitos os entraves nesse processo, como a dependência de condições climáticas, limitações edáficas, dificuldades no manejo agrônômico e as perdas observadas em todas as etapas, tanto da cadeia de produção como na distribuição dos alimentos. A

resposta a esses desafios pode vir da transformação digital do agronegócio (Quadro 1).

Quadro 1 – Tecnologias digitais empregadas na cadeia de produção dos alimentos

Antes da propriedade rural	Dentro da propriedade rural	Depois da propriedade rural
Big date	Chip	Rastreabilidade
Gestão de algoritmos	Sensores	Mineração de dados
Impressão 3D	Drones	Biologia sintética
Nanotecnologias	Transgenia	Realidade simulada
Robótica	Automatização	Mercado digital

Fonte: Autores.

3. Agrotecnologias disruptivas no cultivo da cana-de-açúcar

Enquanto a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) resistente a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) não se torna uma realidade comercial (a cana-de-açúcar transgênica resistente a broca-da-cana será uma agrotecnologia disruptiva), os produtores de cana-de-açúcar continuam sua busca pela melhor forma de fazer o manejo integrado desta praga. Atualmente o manejo da broca é realizado de forma integrada com o uso de inseticidas e controle biológico, o que se efetiva como uma tecnologia disruptiva visto que, até pouco tempo, o uso do controle biológico era inviável comercialmente e em larga escala pela falta de tecnologia para armazenar e multiplicar esses organismos vivos.

A associação das vespas *Cotesia flavipes* e *Trichogramma galloi* têm garantido excelente controle, uma vez que, estas atuam em diferentes fases de desenvolvimento da praga (ovo e lagarta).

Na maioria das propriedades, a disseminação de agendes biológicos, principalmente da *C. flavipes*, ainda é feita manualmente e, dependendo do tamanho da área, são gastos muitas horas distribuindo os insetos predadores (Quadro 2).

Quadro 2 – Custo de aplicação do controle biológico em cana-de-açúcar

Tipo de aplicação	Mão de obra	Custo médio da aplicação (R\$/ha)
Manual	Pelo menos 6 pessoas	36,00
Drone	1 pessoa	De 8,00 a 10,00
Aérea	1 pessoa	De 12,00 a 18,00

Fonte: Adaptado de Cherubin (2019).

No entanto, com a popularização do uso de *drones* no Brasil, essa tecnologia ficou mais acessível e pode contribuir para uma agricultura mais segura. No caso da cana-de-açúcar, com o uso de um *drone* em poucos minutos podem ser dispersados os agentes biológicos para controlar a broca-da-cana. Em condições ideais de clima é possível aplicar o produto em uma área de 60 ha em apenas 40 min (CHERUBIN, 2019). Esse tipo de tarefa de aplicação realizada via *drone* está revolucionando o uso de predadores, parasitas e parasitoides na agricultura de larga escala, porque a dificuldade operacional para a liberação dos insetos no campo era um fator limitante para a adoção da tecnologia de controle biológico.

O controle químico da broca também apresenta tecnologias disruptivas. Recentemente novas moléculas foram lançadas, dentre as quais uma recebeu o prêmio de química verde, por sua ação específica em insetos-alvo, seletividade aos organismos benéficos em condições de campo e atributos inócuos ao meio ambiente o que aumenta a eficiência e a sustentabilidade do manejo (CHERUBIN, 2020).

Para o momento da colheita a cada ano surgem novas

tecnologias para melhorar e aprimorar o trabalho no campo. Como exemplo podemos citar as máquinas com Estrutura de Tráfego Controlado (ETC), desenvolvidas para executar todas as operações mecanizadas do ciclo agrônomo da cana-de-açúcar, com maior distanciamento entre as rodas, dando maior estabilidade, o que permite o tráfego em áreas mais íngremes; e as colhedoras com Controle Integrado da Altura do Corte de Base (CICB), um sistema inteligente que controla eletronicamente a pressão de apoio dos divisores de linha flutuantes, em função das irregularidades do solo.

Essas são apenas algumas das agrotecnologias utilizadas no cultivo da cana-de-açúcar que chegaram para auxiliar nas atividades rotineiras, facilitando o dia a dia do trabalhador do campo, dando maior segurança e rapidez na execução das tarefas. Essas inovações ultrapassaram o que já estava estabelecido no mercado no segmento da cana-de-açúcar e certamente serão precursoras de novas tecnologias que hão de surgir para melhorar o setor agrícola e torná-lo cada vez mais produtivo e sustentável.

No entanto, é importante ressaltar que, como qualquer tecnologia, a transgenia, os *drones*, a nanotecnologia, a telemetria sozinhas não trazem todo o potencial de ganho, mas a combinação com as demais ferramentas (*Data Analytics*, *Cloud Computing*, *Machine Learning*, SIG, etc.) permitem efetivamente oferecer soluções diferenciadas para possibilitar otimizar as decisões e chegar a patamares de produtividade mais altos.

4. Desafios que ainda são encontrados

A infraestrutura brasileira atual já representa um obstáculo para a utilização de tecnologias embarcadas em máquinas que estão disponíveis há anos no mercado (ZACHER, 2020); diminuindo o progresso econômico que poderia ser alavancado ainda mais pelo agronegócio. Portanto, para o pleno aproveitamento dessas e outras tecnologias é necessário melhorar

a infraestrutura no Brasil, sobretudo em telecomunicações extensivas ao campo.

A Internet ainda é uma das grandes barreiras que limita o crescimento do uso das inovações no meio rural, tanto em relação a infraestrutura de conexão e velocidade de navegação, quanto a falta do próprio conhecimento para utilizá-la (IBGE, 2020). Parceria entre setores público e privado, investimentos e políticas públicas são algumas das principais alternativas para melhorar a conectividade no campo.

A cada ano as pessoas estão tendo mais acesso ao computador e a internet. Em 2014 42% dos domicílios não tinham computador nem internet, em 2018 esse número caiu para 30% (CETIC, 2019). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua mostrou que na área rural entre os domicílios que não usam a internet, o serviço de acesso à Internet na região do domicílio foi responsável pelo não acesso de 20,8%, outros 20,7% relataram não saber usar a internet, enquanto os demais 58,5% não usam por não terem interesse, considerar o acesso à Internet e/ou os equipamentos para acesso caro, entre outros motivos não relatados (IBGE, 2020). Esses dados deixam evidente que será preciso promover inclusão digital no campo para que ocorram inovações positivas no setor.

Já existe por parte de quem trabalha no âmbito rural uma busca por qualificação. Por exemplo, hoje um trabalhador que espera ser contratado como operador de semeadora ou colheitadeira de soja, precisa ter o mínimo de conhecimento sobre informática pois controlará os equipamentos necessários para a atividade operando um software. Sem os devidos conhecimentos não será possível a transmissão e adoção destas tecnologias pelos produtores brasileiros. No entanto, a busca frequente por treinamentos e entendimento técnico ainda é muito pequena. Promover a capacitação técnica para explorar essas tecnologias também demanda atenção por parte do governo (PIVOTO et al.,

A implantação das tecnologias inovadoras no campo ainda se depara com outra dificuldade, a falta de condições financeiras de alguns produtores para adquiri-las. Nem todas as tecnologias disruptivas que agregam valor à cadeia produtiva, têm um preço acessível a todos os níveis de produtores, do pequeno ao grande. Segundo a chefe-geral da Embrapa Informática Agropecuária, Sílvia Massruhá, uma forma viável para que o pequeno e médio produtor se beneficiem da agricultura digital é por meio de capacitação e adoção destas tecnologias via cooperativas e associações de produtores (REVISTA RURAL, 2020).

Outro fator que pode retardar o uso efetivo das agrotecnologias é a cultura mais resistente do homem do campo. Grande parte dos produtores rurais não são nativos dessa geração tecnológica e por isso demonstram resistência para adoção destas inovações, apontando justificativas, por vezes, sem embasamento ou sequer qualquer tentativa de uso em suas atividades diárias, o que acontece também com outros profissionais da mesma geração (LIMA; VICENTE, 2019).

Nesse sentido, os extensionistas são determinantes para auxiliar os produtores a entender quais as ferramentas são as mais importantes para resolver os principais problemas ou gargalos no seu sistema produtivo. O produtor que não ceder a modernização com investimento em tecnologia perderá vendas, presença de mercado e índices produtivos. Todas as agrotecnologias disruptivas anunciam novos caminhos, mesmo que demore, inicialmente, para serem adotadas são indispensáveis para o produtor manter-se competitivo.

5. Considerações finais

A incorporação da agricultura digital na produção agrícola brasileira é um processo contínuo e irreversível. Mesmo que de forma lenta, devido a pouca infraestrutura de conexão,

capacidade técnica e econômica para a adoção. A praticidade e o aumento da produtividade promovidos pelas inovações são impulsionadores para seu progresso.

Os produtores têm uma diversidade de tecnologias digitais disponíveis para auxiliar nas tomadas de decisão, facilitar a gestão dos negócios, automatizar os processos, otimizar a produção e concretizar as vendas. Muitas destas inovações são disponibilizadas de forma gratuita ou apresentam um baixo custo quando comparado com o retorno econômico que podem proporcionar.

Manter-se competitivo exige renovação constante. Buscar conhecimento e usar as tecnologias digitais provocam uma ruptura com os padrões, modelos e tecnologias já estabelecidos no mercado agrícola, que além de agregar valor à produção proporcionam mais sustentabilidade ambiental, social e econômica aos sistemas agroalimentares brasileiros.

Referências

AGRICULTURA FAMILIAR: **Organização da produção.**

Chapecó: FETRAF-Sul/Cut, 2007. (Terra Solidária: 4). 193 p.

AGROTECH. Internet das Coisas avança na produção rural.

Canal Agro, São Paulo, 2019. Disponível em:

<https://especiais.estadao.com.br/canal-agro/agrotech/internet-das-coisas-avanca-no-campo>. Acesso em: 05 maio 2020.

ASSIS, O. B. G.; MATTOSO, L. H. C. A nanotecnologia na agricultura e o papel da Embrapa. **Revista Cultivar**, Pelotas, 2008.

Disponível em:

<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/artigo-a-nanotecnologia-na-agricultura-e-o-papel-da-embrapa>. Acesso em: 01 maio 2020.

BASECA, B. B.; SENDRA, S. S.; LLORET, J.; TOMAS, J. A smart decision system for digital farming. **Agronomy**, Basel, v. 9, n. 216, p. 1-19, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/5/216/htm>. Acesso em: 02 maio 2020.

BATISTA, M. B; DIXON, R. Manipulating nitrogen regulation in diazotrophic bacteria for agronomic benefit. **Biochemical Society Transactions**, London, v. 47, p.603–614, 2019. Disponível em: <https://portlandpress.com/biochemsoctrans/article/47/2/603/219660/Manipulating-nitrogen-regulation-in-diazotrophic>. Acesso em: 02 maio 2020.

BRASIL. **Decreto no 9.283, de 7 de fevereiro de 2018**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm. Acesso em: 05 maio 2020.

CAMPOS, R. Soluções tecnológicas deixaram de ser tendência para se tornar realidade no agronegócio. **Revista Cultivar**, Pelotas, 2020. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/solucoes-tecnologicas-deixaram-de-ser-tendencia-para-se-tornar-realidade-no-agronegocio>. Acesso em: 01 maio 2020.

CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO (CETIC0. **TIC – Domicílios 2018**. 2019. Disponível em: https://www.cetic.br/media/analises/tic_domicilios_2018_coletiva_de_imprensa.pdf. Acesso em: 01 maio 2020.

CHERUBIN, N. Tecnologia Agrícola: Controle biológico com uso

de drones. **Revista NPA News**, Brasil, 2019. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/tecnologia-agricola-controle-biologico-com-uso-de-drones>. Acesso em: 01 set. 2020.

CHERUBIN, N. Broca da cana: inseticida com moléculas inéditas é nova ferramenta para o manejo da praga. **Revista NPA News**, Brasil, 2020. Disponível em: <https://revistarpanews.com.br/broca-da-cana-inseticida-com-moleculas-ineditas-e-nova-ferramenta-para-o-manejo-da-praga>. Acesso em: 01 set. 2020.

DALL'AGNOL, A. Entenda a importância da pesquisa agrícola para a sociedade brasileira. **Canal Rural**, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2018/08/07/pesquisa-agricola-e-a-sociedade-brasileira/>. Acesso em: 02 maio 2020.

DIAS, N.O.; MARTINS, F. C. M.; BARROS, K. O. Geotechnology applied to environmental diagnosis: Pinheiro Grosso Biological Reserve, Barbacena, MG – Brazil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 32, p. 116-129, 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/45716/28235>. Acesso em: 03 maio 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Balço social 2019**. 23. ed. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://bs.sede.embrapa.br/2019/arquivo.html>. Acesso em: 02 maio 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis>

[%C3%A3o+2030+-
+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-
af8e89d62829](https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/246/pdf_246.pdf). Acesso em: 02 maio 2020.

FELDENS, L. **O homem, a agricultura e a história**. 2018.

Disponível em: https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/246/pdf_246.pdf. Acesso em: 02 maio 2020.

FOUNTAS, S.; MYLONAS, N.; MALOUNAS, I.; RODIAS, E.;

SANTOS, C. H. Agricultural Robotics for Field Operations.

Sensors, Basel, v. 20, p. 1-27, 2020. Disponível em:

<https://pubag.nal.usda.gov/catalog/5311655>. Acesso em: 02 maio 2020.

FRESIA, P. **Biotecnologia agrícola**. 2015. Disponível em:

<https://elevagro.com/materiais-didaticos/biotecnologia-agricola>. Acesso em: 02 maio 2020.

GUPTA, M.; ABDELSALAM, M.; KHORSANDROO, S.;

MITTAL, S. Security and Privacy in Smart Farming: Challenges

and Opportunities. **IEEE**, United States, v. 8, p. 34564-34584, 2020.

Disponível em: [https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?
tp=&arnumber=9003290](https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9003290). Acesso em: 02 maio 2020.

HAYAT, S.; PICHTEL, J.; FAIZAN, M. FARIDUDDIN, Q.

Sustainable Agriculture Reviews 41: nanotechnology for plant growth and development. 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/978-3-030-33996-8>. Acesso em: 02 maio 2020.

HENNING, L.; NEPOMUCENO, A. O poder da biologia

sintética. **Seednews**, Pelotas, v. 24, n. 2, 2020. Disponível em:

<https://seednews.com.br/artigos/3207-o-poder-da-biotecnologia-sintetica-edicao-marco-2020>. Acesso em: 02 maio 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua – PNAD contínua**: acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2018. Rio de Janeiro, 2020.

Disponível em:

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101705_informativo.pdf. Acesso em: 02 maio 2020.

LIMA, J. S. B.; VICENTE, K. B. As vantagens do uso das TICs como apoio complementar da metodologia do docente no ambiente acadêmico. **Revista Multidebates**, Palmas, v. 3, n. 1, p. 36-46, 2020. Disponível em:

<http://revista.faculdadeitop.edu.br/index.php/revista/article/view/135/133>. Acesso em: 01 set. 2020.

NASCIMENTO, H. A. D.; FERREIRA, C. B. R. Uma introdução à visualização de informações. **Visualidades**, Goiania, v. 9 n. 2, p. 13-43, 2011. Disponível em:

<http://ecoarte.info/ecoarte/2012/11/uma-introducao-a-visualizacao-de-informacoes>. Acesso em: 01 maio 2020.

NASPOLINI, A. No dia da agricultora, uma reflexão sobre tecnologia. **Revista Cultivar**, Pelotas, 2020. Disponível em:

<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/no-dia-da-agricultora-uma-reflexao-sobre-tecnologia-inovacao>. Acesso em: 02 maio 2020.

PIVOTO, D.; WAQUIL, P. D.; TALAMINI E.; FINOCCHIO, C. P. S.; DALLA CORTE, V. F. Scientific development of smart

farming technologies and their application in Brazil. **Information Processing in Agriculture**, Beijing, v. 5, p. 21–32, 2018.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.INPA.2017.12.002>.

Acesso em: 03 maio 2020.

PIXLEY, K. V.; FALCK-ZEPEDA, J. B.; GILLER, K. E.; GLENN, L. L.; GOULD, F. Genome editing, gene drives, and synthetic biology: will they contribute to disease-resistant crops, and who will benefit? **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 57, p. 165-188, 2019. Disponível em:

<https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-phyto-080417-045954>. Acesso em: 02 maio 2020.

REVISTA RURAL. **Agricultura 4.0: o futuro da agropecuária e extensão rural**. Revista Rural, [S. l.], 2020. Disponível em:

<https://www.revistarural.com.br/2020/01/06/agricultura-4-0-o-futuro-da-agropecuaria-e-extensao-rural/>. Acesso em: 04 maio 2020.

SAIZ-RUBIO, V.; ROVIRA-MÁS, F. From Smart Farming towards Agriculture 5.0: a review on Crop Data Management. **Agronomy**, Basel, v. 10, n. 207, p. 1-21, 2020. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2073-4395/10/2/207>. Acesso em: 02 maio 2020.

SIQUEIRA, D. A evolução da agricultura na transformação digital.

Transformação digital. 2020. Disponível em:

<https://transformacaodigital.com/agronegocio/a-evolucao-da-agricultura-na-transformacao-digital>. Acesso em: 02 maio 2020.

SOUZA, E. A. A Nanotecnologia na Agricultura. **Ifope**

Educacional. 2020. Disponível em: <https://blog.ifope.com.br/a-nanotecnologia-na-agricultura/>. Acesso em: 02 maio 2020.

VIRK, A. L.; NOOR, M. A.; FIAZ, S.; HUSSAIN, S.; HUSSAIN, H. A. Smart farming: an overview. *In*: PATNAIK, S.; SEN, S. MAHMOUD, M. S. (eds.) **Smart village technology, modeling and optimization in science and technologies**. 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-37794-6>. Acesso em: 02 maio 2020.

WOLFERTA, S.; GE, L.; VERDOUW, C.; BOGAARDT, M. Big Data in agriculture perspectives for a service organization. **Agricultural Systems**, Essex, v. 153, p. 69–80, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16303754?via%3Dihub>. Acesso em: 01 maio 2020.

ZACHER, D. Novas tecnologias chegam ao campo. **Revista Cultivar**, Pelotas, 2020. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/novas-tecnologias-chegam-ao-campo>. Acesso em: 02 maio 2020.

ZAMBON, I.; CECCHINI, M.; EGIDI, G.; SAPORITO, M. G.; COLANTONI, A. Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. **Processes**, [s. n.], v. 7, n. 36. p. 1-16. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/7/1/36>. Acesso em: 01 maio 2020.