GESTÃO DA TECNOLOGIA NA AGRICULTURA DE PRECISÃO, COM USO DE VANTs E ANÁLISE DE DADOS

Isadora Luiza Reis de Souza
Faculdade de Tecnologia de Assis
Isadora.souza3@fatec.sp.gov.br

Virgínia Sara Lopes Ruiz Kohle
Faculdade de Tecnologia de Assis
virginia.kohle@fatec.sp.gov.br

Fernanda Reis da Silva
Faculdade de Tecnologia de Assis
fernanda.silva193@fatec.sp.gov.br

RESUMO

O artigo em questão utiliza-se do método de pesquisa bibliográfica, descritiva e explanatória que visa discutir sobre a tecnologia e a agricultura de precisão, para isso buscou fazer um breve aparato histórico de como a agricultura contribuiu para evolução do homem moderno, suas diversas etapas até chegar à agricultura de precisão e como tal processo se dá na prática. O foco principal é traçar uma discussão aprofundada sobre o papel da tecnologia nesse contexto, incluindo um breve retrospecto histórico da evolução da agricultura e como ela contribuiu para o desenvolvimento da sociedade humana. Ao longo do texto, são exploradas as diferentes fases que levaram ao surgimento da agricultura de precisão, oferecendo insights sobre como esse processo se desdobra na prática. O objetivo central é proporcionar uma compreensão abrangente do impacto da tecnologia na agricultura, com ênfase na agricultura de precisão e sua aplicação no cenário atual.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Agricultura. Tecnologia.

ABSTRACT

The article in question uses the bibliographical, descriptive and explanatory research method that aims to discuss technology and precision agriculture, for this purpose it sought to make a brief historical apparatus of how agriculture contributed to the evolution of modern man, its various stages until precision agriculture arrives and how this process works in practice. The main focus is to outline an in-depth discussion about the role of technology in this context, including a brief historical review of the evolution of agriculture and how it contributed to the development of human society. Throughout the text, the different phases that led to the emergence of precision agriculture are explored, offering insights into how this process unfolds in practice. The central objective is to provide a comprehensive understanding of the impact of technology on agriculture, with an emphasis on precision agriculture and its application in the current scenario.

Keywords: Precision agriculture. Agriculture. Technology.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é cultivo de espécies vegetais, atividades extrativistas e pecuárias com fins comerciais e econômicos em larga, média e pequena escala. Ela permitiu que homem em seu processo de evolução pudesse fixar residência em um único território e não mais mudar de um lugar a outro em busca de alimento (Univates, 2018).

Os egípcios utilizavam-se dos períodos em que o rio Nilo baixava suas águas e deixavam os resíduos aos quais tornavam suas terras muito férteis e propícias para o cultivo. Eles estudaram seu movimento associado as fases da lua e desenvolveram o que hoje conhecemos como calendário para otimizar as melhores épocas para plantio, semeadura e colheita. (Ramos, 1994).

O homem modificou consideravelmente sua cultura e modo de vida. Passou a viver longe de onde era produzido seu alimento concentrando-se em cidades. Como uma parte da população deixou de ser rural para se tornar urbana, aumentou a demanda por alimento atrelado a isso ocorreu a Revolução Agrícola, por volta de 1800, com a diversificação de culturas e uso de animais para o trabalho. (Me. Rodolfo Alves Pena, 2010).

A processo de industrialização crescente concentrava maior parte da população nas cidades e crescia exponencialmente o consumo de alimento. Incentivados pela necessidade de produzir em larga escala intensificaram as pesquisas direcionadas ao setor agropecuário e, em 1960, começaram a surgir no mercado diversas variedades de insumos, fertilizantes, defensivos agrícolas e vacinas e suplementos para animais.

A Revolução Verde[1] impulsionou o processo de modernização da atividade com a mecanização agropecuária, potencializou o desenvolvimento de rebanhos e cultivares em menor tempo, além de diminuir o custo de produção em quantidades nunca imaginadas (Me. Rodolfo Alves Pena, 2010).

A partir de 1980, a agricultura passa por um processo de melhoramento de cultivares mais adaptados às condições climáticas e geográficas; mais resistentes, tolerantes e produtivas ao espaço que ocupa, voltando-se a produção de alimentos mais saudáveis sem perda de qualidade. Nos anos 2000, concomitantemente expandem inovações em duas áreas diferentes dirigidas ao agronegócio a Revolução Biotecnologia e a Agricultura tecnológica (Ferrão, 2010).

[1] A Revolução Verde consistiu na modernização da agricultura em escala global, efetivada por meio da incorporação de inovações tecnológicas na produção. https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/a-revolucao-verde.htm

Desde 1993 a engenharia genética já iniciava suas pesquisas com alteração no DNA de vegetais com intuito de tornar a planta resistente a defensivos, ou mesclar características desejáveis entre variedades e fazer novas. Por meio de clivagem, tecnologia de DNA recombinante, entre outras a Revolução Biotecnológica “a comercialização desses organismos geneticamente modificados trouxe maior produtividade para a planta, além de resistência às doenças ocasionadas por pragas e, também, por intemperes climáticas” (Embrapa, 2021).

A tecnologia na agricultura é um vetor multidirecional de trabalho no agronegócio moderno que visa aumentar a produtividade dos campos e utilizar uma abordagem de gestão inteligente. É a tecnologia agrícola que ajuda os agricultores aumentar sua renda enquanto mantêm o campo produtivo através de práticas agrícolas eficientes e inteligentes (Eos Data Analytics, 2016).

Esta abordagem aumenta a produtividade do campo com o uso mínimo de fertilizantes químicos através de métodos tradicionais como a rotação de culturas e métodos mais modernos como o monitoramento do rendimento do campo usando tecnologia agrícola e imagens de satélite, aplicações especiais ou software para rastrear o desempenho agrícola remotamente e até mesmo offline. (Eos Data Analytics, 2016)

A agricultura moderna tem se beneficiado significativamente da integração de tecnologias inovadoras para otimizar processos e aumentar a eficiência na produção de culturas específicas, como a cana-de-açúcar. Um dos avanços mais proeminentes nesse campo é a utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), que têm demonstrado inúmeras aplicações benéficas no setor agrícola, especialmente na cultura da cana-de-açúcar (RPANews, 2018).

Conforme destacado na Revista RPANews, dentre as várias aplicações dos VANTs na agricultura, o destaque fica para o mapeamento de áreas de plantio, o monitoramento do desenvolvimento das plantas, a detecção de pragas e doenças, o planejamento de plantio e o terraceamento automatizado. Essas tecnologias emergentes têm revolucionado a forma como os agricultores abordam o manejo de suas plantações, oferecendo insights precisos e em tempo real sobre as condições das culturas (RPANews, 2018).

Além disso, a utilização de VANTs na agricultura tem demonstrado ser particularmente eficaz no monitoramento de áreas extensas e de difícil acesso, permitindo uma identificação precoce de problemas e uma resposta rápida a eventos adversos. Como ressalta o artigo, essas tecnologias prometem continuar desempenhando um papel significativo na modernização e melhoria dos processos agrícolas na indústria de cana-de-açúcar (RPANews, 2018).

Na busca por soluções inovadoras e eficazes para otimizar a produção agrícola e enfrentar os desafios do setor, uma empresa brasileira tem se destacado como líder no desenvolvimento de tecnologias avançadas para análise de dados agrícolas. Com um foco específico na agricultura de precisão, oferecendo soluções que visam aprimorar o manejo das culturas e melhorar a eficiência no campo (Cromai, 2024).

Conforme destacado no site da empresa, sua missão é desenvolver e entregar soluções tecnológicas inovadoras para maximizar a produtividade e a sustentabilidade na agricultura. Através de sua expertise em análise de imagens e dados agrícolas, ela oferece ferramentas e serviços que permitem aos agricultores tomar decisões informadas e estratégicas para o manejo de suas plantações (Cromai, 2024).

Uma das principais tecnologias desenvolvidas é o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para captura imagens aéreas de alta resolução. As imagens aéreas capturadas pelos VANTs são processadas na plataforma para fornecer informações valiosas sobre o estado das culturas, identificação de problemas e sugestões de ações corretivas. Essa abordagem permite uma análise detalhada e precisa das condições das plantações, contribuindo para uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos agrícolas (Cromai, 2024).

Este estudo visa investigar as soluções fornecidas para a agricultura de precisão, enfatizando sua contribuição para a evolução do setor agrícola e seu compromisso em disponibilizar tecnologias inovadoras que incentivem a produtividade e a sustentabilidade no campo. Adicionalmente, será explorado os benefícios e aplicações dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na produção de cana-de-açúcar, evidenciando sua capacidade para ampliar a eficiência, diminuir custos e promover práticas agrícolas mais sustentáveis e eficazes.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A Origem da Agricultura de Precisão

Agricultura de precisão é um modo de gestão dos processos do agronegócio que utilizam máquinas modernas e tecnologias que ajudam a alcançar uma produtividade melhor. Nesse sentido, todo o processo produtivo é considerado, desde a análise de solo, fertilização, plantio e colheita, até a transformação e comercialização dos produtos (Estadão, 2022).

A maioria dos sites que explicam sobre o conceito e surgimento da agricultura de precisão consideram sua ocorrência a partir da década de 1990, conforme o aprimoramento das tecnologias de monitoramento de satélite, contudo, para Embrapa ela se dá anterior à Revolução Industrial, pois já neste momento se utilizavam técnicas para melhor aproveitamento dos

recursos disponíveis considerando a geografia, relevo, fertilidade e tipos de solo, entre tantos outros aspectos.

O desenvolvimento de tecnologia voltada à agricultura de precisão, de acordo com as concepções modernas conhecidas hoje, só foi viabilizado com a criação e popularização de microcomputadores, sensores e softwares a partir da década de 1980 de acordo a Embrapa. Mas para Bosh no Brasil e Mpagro reconhecem que sua consolidação ocorreu em 1990 com o mapeamento preciso de solo de uma fazenda através de instrumentos de geolocalização e em outra o uso de maquinários agrícolas e colhedeiras dotadas de meios que forneciam informações sobre topografia, pH, presença de nutrientes e elementos químicos específicos do solo (Estadão, 2022).

No Brasil, a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq), Universidade de São Paulo (USP), realiza desde 1990 simpósios sobre o tema com intuito de compartilhar experiências, promover o contato com inovações acadêmicas e inovações internacionais. (Estadão,2022). Destaca-se, para tanto, a cadeia canavieira pelo muito que se beneficiou de tais inovações seja pela possibilidade de produzir grande escala (adubação, plantio, adubação e colheita) com redução de força de trabalho humana pelo maquinário de precisão; redução e em algumas regiões substituição total de maquinários para colheita sem necessidade usar o processo de queimada; e redução de prejuízos com gerados pela falta de queimada, especialmente a ativação de brix e outros inconvenientes ocasionados pela colheita da cana-de--açúcar crua. A agricultura de precisão[2] tornou o Brasil o maior produtor mundial da cultura e promoveu menor impacto ambiental. (Estadão,2022).

[2] O diferencial da agricultura de precisão é que o máximo de dados possíveis são coletados por meio das mais diversas técnicas, e também se aplica o melhor modo de interpretação para basear a tomada de decisão nessas informações, um exemplo é a otimização da aplicação de fertilizantes. https://summitagro.estadao.com.br/sustentabilidade/o-que-e-e-como-funciona-a-agricultura-de-precisao

2.2 Vant eBee X

A senseFly apresenta o Vant eBee X como uma solução inovadora, fácil de usar e intuitiva, destinada a proporcionar alta flexibilidade em operações de mapeamento. Este drone de asa fixa foi especialmente projetado para aprimorar a qualidade, eficiência e segurança na coleta de dados em projetos profissionais. Conforme destacado pela senseFly, o eBee X possui "novas travas nas asas que garantem maior segurança de voo", e graças à tecnologia Endurance Extension, os usuários têm a capacidade de "desbloquear um tempo máximo de voo de 90 minutos" (Vantage geoagri, 2023).

Além disso, a fuselagem inferior ultra resistente do eBee X permite que o drone continue operando "mesmo após repetidas aterrissagens em ambientes severos" (Vantage geoagri, 2023). O suporte técnico profissional oferecido aos usuários é ressaltado como um benefício adicional. O eBee X é fornecido com diferentes sensores, incluindo uma "câmera RGB de qualidade profissional para topografia / geoespacial", uma "câmera infravermelho térmico para fotovoltaico / resgate / ambiental" e uma "câmera multiespectral para agricultura / silvicultura / conservação" (Vantage geoagri, 2023). A adaptabilidade do drone a uma variedade de câmeras inovadoras da senseFly é mencionada como um destaque, proporcionando "maior precisão e alta tecnologia" (Vantage geoagri, 2023). O eBee X já possui GPS PPK/RTK, adicionando precisão aos dados coletados.

A senseFly destaca a ampliação da produtividade do eBee X, com uma cobertura de até "220ha a 120m de altura de voo" e destaca a eficiência e precisão do drone em diferentes aplicações de mapeamento (Vantage geoagri, 2023). Na agricultura, o eBee X é destacado por sua aplicação em diversas áreas, como "mapeamento planialtimétrico, maior detalhamento e alta precisão, projetos de plantio com logística mais eficiente, cálculo volumétrico, mapeamento de falhas de plantio em cana-de-açúcar e mapeamento de linhas para colheita com piloto automático" (Vantage geoagri, 2023).

Especificações de Voo		GSD (cm/pixel)	Sobreposição	Shutter	ISO	EV	White Balance
Ebee	Cana Baixa	1,5	70 % Lateral e 75% Frontal	1/2000	Auto	0,0	Cloudy / Daylight
	Cana Alta	2,5	70 % Lateral e 75% Frontal	1/2000	Auto	0,0	Cloudy / Daylight

Fonte: As autoras (2024)

3. METODOLOGIA

Segundo Tolfo, metodologia científica é um estudo sistemático e lógico com objetivo de aproximar o homem dos fenômenos naturais e humanos através de a compreensão e de domínio dos mecanismos regentes. São decorrentes de passos ou ações antecipadamente programadas que ao serem seguidos resultam em produto passível de ser analisado e/ou interpretado chegando ao produto esperado ou não.

É o método que torna um procedimento em etapas científico ou não. Em tese, o método dá como resposta a qualquer um o mesmo resultado caso seja realizado da mesma forma, condições e variáveis. Assim, a ciência sempre parte de um problema, de um questionamento ou de algo que provoca incômodo e necessita ser resolvido, estudado ou compreendido (Tolfo, 2009).

A metodologia empregada é de uma pesquisa bibliográfica, descritiva e exploratória no que tange a conhecer, entender as etapas pelas quais passou até chegar na Agricultura de precisão, como se desenvolve e um exemplo de sua aplicabilidade. Tolfo (2009) aponta como pesquisa da bibliográfica aquela realizada por meio de pesquisa de livros, artigos acadêmicos, materiais publicados, dissertações e teses. Podendo ser produzida com auxílio de estudo experimental ou pesquisas descritivas cujos objetivos são identificar, registrar, analisar características, fatores ou variáveis interferentes. Dados e informações coletadas desde a análise no mínimo de duas variáveis. Ainda Tolfo (2009) expõe que a pesquisa exploratória está calcada em recolher informações sobre determinados estudos com fins estabelecidos sem a necessidade lançar hipóteses e fazer testes para comprová-las. O levantamento bibliográfico, para Marconi e Lakatos (2009), possibilita ao pesquisador aplicar estudos realizados anteriormente por outros teóricos a fim de buscar respostas no sentido de compreender os fenômenos a que são expostos.

4. ESTUDO DE CASO

Uma empresa brasileira, nascida em 2017, tem se destacado no cenário da inovação tecnológica, sediada em Belo Horizonte, Minas Gerais. Especializada em algoritmos de aprendizado de máquina e processamento de imagens, essa empresa busca revolucionar diversos setores, incluindo, agronegócio, indústria, entre outros (Cromai, 2024). No agronegócio, essa empresa tem sido pioneira em desenvolver soluções inovadoras para aumentar a eficiência e a produtividade no campo. Utilizando análise de imagens de drones/Vants e satélites, cria ferramentas para monitoramento de lavouras, detecção precoce de pragas e doenças, e otimização de processos agrícolas (Cromai, 2024).

Desde sua fundação, a empresa tem como missão desenvolver tecnologias inovadoras que tragam benefícios tangíveis para a sociedade, promovendo o avanço científico e tecnológico do país. Seus valores incluem comprometimento com a excelência, ética nos negócios, responsabilidade social e ambiental (Cromai, 2024). A empresa conta com uma equipe multidisciplinar de profissionais altamente qualificados, incluindo engenheiros de software, cientistas de dados, especialistas em visão computacional, pesquisadores e engenheiros agrônomos. A diversidade e a experiência da equipe são fundamentais para o sucesso da empresa em projetos desafiadores e inovadores (Cromai, 2024).

Além disso, a empresa busca estabelecer parcerias estratégicas com outras empresas, instituições acadêmicas e órgãos governamentais para colaborar em projetos de pesquisa e desenvolvimento, compartilhar conhecimento e expandir sua rede de contatos. Essas parcerias incluem colaborações em projetos específicos, participação em programas de incentivo à inovação e desenvolvimento de produtos conjuntos (Cromai, 2024). Destacando alguns de seus projetos e iniciativas mais relevantes, como o desenvolvimento de uma solução inovadora para diagnóstico, a implementação de um sistema de monitoramento agrícola em larga escala, ou a criação de um algoritmo de reconhecimento de padrões para análise de dados no varejo, a empresa demonstra sua capacidade de desenvolver soluções tecnológicas de alto impacto em diferentes setores (Cromai, 2024).

Além disso, a empresa compartilha sua visão de futuro e seus planos de expansão, destacando áreas de interesse para pesquisa e desenvolvimento, mercados-alvo para expansão de negócios e estratégias para manter sua posição de liderança no mercado. Isso demonstra o compromisso da empresa com a inovação contínua e o crescimento sustentável a longo prazo (Cromai, 2024). Em suma, essa empresa é mais do que uma empresa de tecnologia; é uma catalisadora de transformações em diversos setores, utilizando a inteligência artificial e a visão computacional para criar soluções que impactam positivamente a vida das pessoas e impulsionam o desenvolvimento econômico e social do Brasil (Cromai, 2024).

Para compreender como essa empresa aplica sua expertise e tecnologia na prática, é crucial observar um projeto colaborativo estabelecido com outra empresa, onde ambos seguem os passos para aplicar a tecnologia na agricultura. O projeto em questão representa uma parceria estratégica entre essa empresa e outra organização, visando resolver desafios reais enfrentados pelos clientes do setor agrícola. Juntas, essas empresas buscam implementar soluções inovadoras que aproveitam a expertise em algoritmos de aprendizado de máquina e processamento de imagens para otimizar processos agrícolas (Novamerica, 2024).

O processo operacional da empresa consiste em uma série de etapas meticulosamente planejadas e executadas, visando a detecção e controle eficaz de infestações de plantas daninhas em áreas de plantio de cana-de-açúcar. Inicialmente, realiza-se uma análise criteriosa

para determinar quais áreas de cultivo serão selecionadas para intervenção. Geralmente, priorizam-se aquelas que não possuem histórico de infestação significativa de plantas daninhas (Novamerica, 2024).Após a seleção das áreas-alvo, uma planilha é elaborada para controlar e monitorar o progresso do trabalho. Esta planilha contém informações essenciais que guiarão as próximas etapas do processo (Novamerica, 2024).

O monitoramento é realizado por meio de voos de Vants, programados para ocorrer a cada 30 dias após o plantio da cana-de-açúcar. A frequência e o número de voos são ajustados

de acordo com a altura da cana e sua variedade. Durante esses voos, são capturadas imagens aéreas da plantação, que são posteriormente processadas para criar um ortomosaico (Novamerica, 2024).O ortomosaico resultante é então enviado para a empresa especializada em processamento de imagens. Esta empresa realiza uma análise detalhada dos dados e retorna os resultados em forma de mapas detalhados, identificando os blocos de infestação de plantas daninhas (Novamerica, 2024).

Com base nos mapas fornecidos, a equipe da empresa utiliza uma plataforma especializada para criar um mapa de pulverização. Este mapa inclui informações sobre a dose programada para aplicação na área afetada. Uma vez finalizado, o arquivo é exportado no formato compatível com o monitor do autopropelido (Novamerica, 2024).

Com esse arquivo em mãos, a aplicação de herbicidas se torna localizada e altamente eficiente. O autopropelido é então equipado com as informações necessárias para direcionar a aplicação apenas nas áreas identificadas como infestadas, economizando combustível, tempo e aumentando significativamente a produtividade da operação (Novamerica, 2024). Em resumo, o processo desenvolvido pela empresa combina tecnologia avançada de monitoramento aéreo com análises precisas de dados, resultando em um método altamente eficaz para controle de plantas daninhas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. Essa abordagem não apenas otimiza os recursos utilizados, mas também contribui para a melhoria da eficiência e sustentabilidade do setor agrícola.

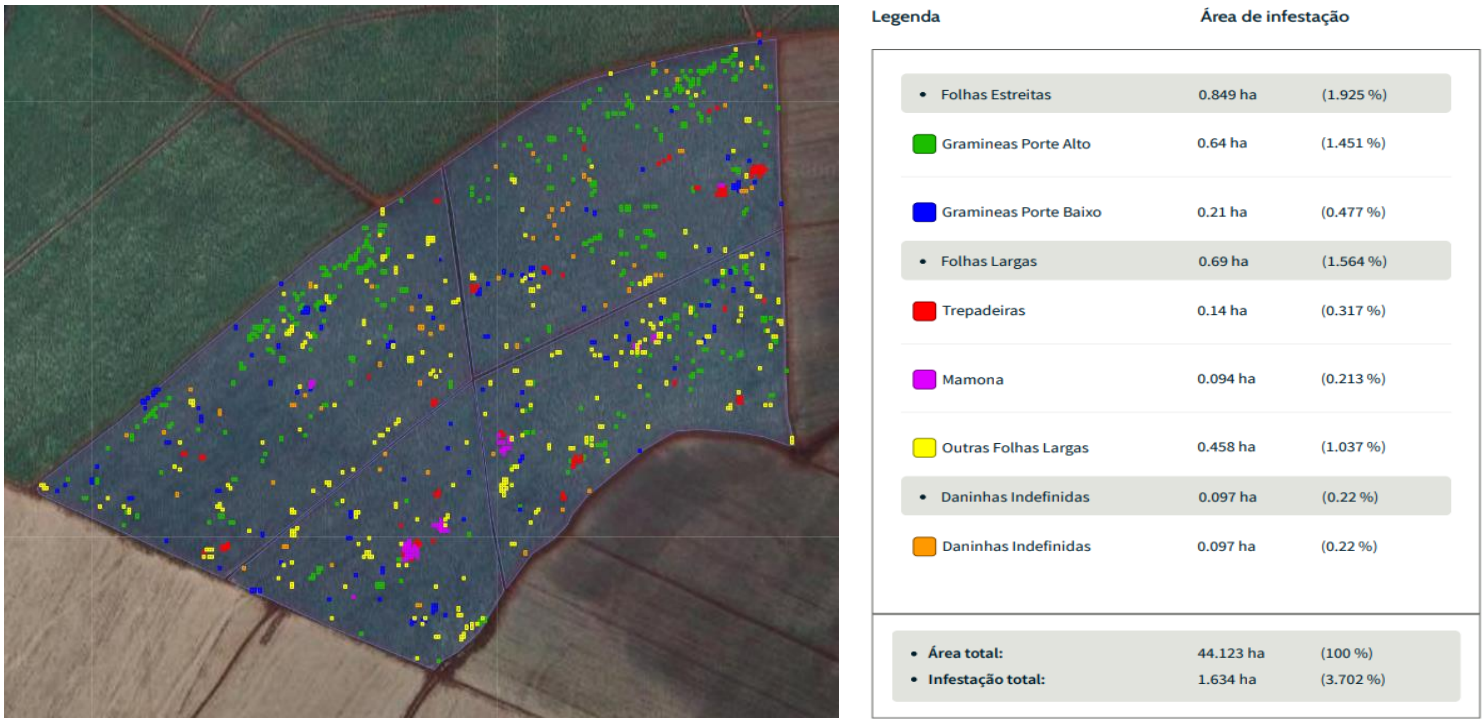
O uso de ferramentas e máquinas na agricultura permitiram a ampliação das áreas de cultivo e melhores condições de trabalho para as pessoas. Com aperfeiçoamento dos implementos e a mecanização dos processos de produção permitiram além da melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores e capacidade de produzir em larga escala em áreas tanto em áreas pequenas, médias e de grande extensão com a mesma ou semelhante qualidade de produtos (Embrapa, 2018).

O cultivo em grandes áreas torna mais difícil o manejo e o cuidado com a lavoura do que uma área menor, visto que, exige maior número de pessoas, fertilizantes, insumos e demais mecanismos e ferramentas para que seja feito seu monitoramento. A Agricultura de Precisão

entrou no cenário do agronegócio justamente para colaborar com o manejo de produção de destas áreas, uma vez que a utilização de dispositivos guiados por GPS e depois por VANTs permitiram acompanhamento e intervenção mais especificas e focais (Embrapa, 2018).

A produção agrícola em larga escala por muitos anos tratou de suas áreas de produção como homogêneas, usando os mesmos insumos, estratégias e ferramentas desconsiderando especificidades de relevo, umidade, vegetação natural de entorno entre outras variantes, que são tratadas com deferência tradicionalmente por pequenos produtores em áreas de menor cultivo (Embrapa, 2018). Tais habilidades construídas ancestralmente precisaram ser resgatadas e a elas agregadas os novos conhecimentos de investigação de variabilidade, agronômico e de manejo de maquinários e ferramentas automatizados para assim conciliar a tradição com a modernidade e tornar os produção agrícola mais eficiente, competitiva com outros mercados produtores e manter a mesma qualidade do pequeno produtor (Embrapa, 2018).

O uso de fertilizantes, herbicidas, minerais, fungicidas e inseticidas são controlados por órgãos ambientais e alimentares por conta dos prejuízos à saúde causados por seu uso indiscriminado, contudo, são os grandes responsáveis pela alta produtividade agrícola. Dessa forma, não é possível desconsiderar a eficácia desses agentes químicos e biológicos e sua contribuição para a produção de alimentos em larga escala (Embrapa, 2018). Entretanto, tais demandas modificam o comportamento do produtor rural tradicional transformando-o em um empresário rural, que busca o controle e a eficiência em sua linha de produção por meio de conhecimento de suas especificidades auxiliados pelo uso da tecnologia da informação, sinal de GPS e outras ferramentas de georreferenciamento (Embrapa, 2018).



Fonte: As autoras (2024)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por esta perspectiva é importante compreender que a produção agrícola evoluiu seu processo de detalhamento através de informações exatas e precisas permitem tomadas de decisão assertivas. Sendo assim, a Agricultura de Precisão gerencia a cada espaço produtivo indicando a quantidade de insumo necessário específico em pequenas, médias ou grandes porções, indicando variabilidades, permitindo manejo sustentável sem prejuízos ao meio ambiente ou minimizando-os, a fim de manter os melhores indicadores de produtividade.

Ao finalizar esta pesquisa sobre a utilização de voos de VANT e imagens processadas para detecção de plantas daninhas na Agricultura de Precisão, é fundamental revisitar o objetivo inicial que direcionou nosso trabalho. Nosso propósito era explorar a eficácia dessa abordagem inovadora, destacando que se trata de uma fase inicial de teste.

Os resultados obtidos até o momento apontam para promissoras possibilidades de aplicação dessa tecnologia, mas é importante reconhecer as dificuldades enfrentadas durante a pesquisa. A coleta de dados por meio de voos de VANT demandou um cuidadoso planejamento logístico, enquanto o processamento e análise das imagens exigiram adaptações constantes nos algoritmos. A complexidade da interação entre as condições climáticas, tipos de solo e variedades de plantas também representou um desafio, ressaltando a necessidade de ajustes específicos para diferentes contextos agrícolas.

Apesar das limitações e desafios encontrados, acreditamos que esta pesquisa abre portas para investigações futuras mais abrangentes. Sugerimos que estudos subsequentes expandam as análises para diferentes culturas e regiões geográficas, considerando as nuances específicas de cada contexto agrícola. A incorporação de técnicas avançadas de processamento de imagem e aprendizado de máquina pode elevar a precisão na detecção de plantas daninhas, proporcionando resultados mais robustos.

Além disso, a avaliação do impacto econômico e ambiental dessa abordagem é uma área promissora para pesquisas futuras. Compreender como a Agricultura de Precisão, utilizando voos de VANT, pode contribuir para a sustentabilidade agrícola e a redução do uso de insumos é crucial para a implementação bem-sucedida dessa tecnologia. Diante do exposto, encorajamos futuros pesquisadores a explorar não apenas a otimização técnica da detecção de plantas daninhas, mas também a compreensão mais ampla dos benefícios e desafios associados à implementação prática dessa tecnologia na agricultura moderna.

6. REFERÊNCIAS

CROMAI. **Inovar é construir um novo padrão de eficiência agrícola e industrial**. Disponível em: https://www.cromai.com/. Acesso em: 3 abr. 2024.

EMBRAPA. **Artigo - Tecnologias digitais podem transformar a agricultura**. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65628767/artigo---tecnologias-digitais-podem-transformar-a-agricultura. Acesso em: 3 abr. 2024.

EMBRAPA. **Automação e agricultura de precisão**. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-automacao-e-agricultura-de-precisao. Acesso em: 3 abr. 2024.

EMBRAPA. **Bases científicas e tecnológicas para o desenvolvimento da agricultura orgânica no Brasil**. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/12493/bases-cientificas-e-tecnologicas-para-o-desenvolvimento-da-agricultura-organica-no-brasil. Acesso em: 3 abr. 2024.

EMBRAPA. **A trajetória dos organismos transgênicos**. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/12493/bases-cientificas-e-tecnologicas-para-o-desenvolvimento-da-agricultura-organica-no-brasil. Acesso em: 3 abr. 2024.

EOS DATA ANALYTICS. **Tecnologia Na Agricultura: Benefícios No Agronegócio**. Disponível em: https://eos.com/pt/blog/tecnologia-na-agricultura/ . Acesso em: 5 out. 2023.

ESTADÃO. **O que é e como funciona a agricultura de precisão?**. Disponível em: https://summitagro.estadao.com.br/sustentabilidade/o-que-e-e-como-funciona-a-agricultura-de-precisao/. Acesso em: 5 dez. 2023.

FERRÃO, R. G. et al. **Genética e melhoramento: desenvolvimento e recomendação de cultivares com tolerância à seca para o Espírito Santo**. Incaper em Revista, Vitória, v. 6 e 7, n. 4, p. 51-71, jan 2015/dez 2016

MAZOYER, M. **História das agriculturas no mundo**. Disponível em https://codeagro.agricultura.sp.gov.br/uploads/capacitacao/historia-das-agriculturas-no-mundo-mazoyer-e-roudart.pdf. Acesso em: 9 nov. 2023.

NOVAMERICA. **A novamérica**. Disponível em https://www.novamerica.com.br/a-novamerica. Acesso em: 3 abr. 2024.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Evolução da agricultura e suas técnicas**; Brasil Escola. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/geografia/evolucao-agricultura-suas-tecnicas.htm. Acesso em 21 de maio de 2024.

RAMOS. **Agricultura no Egito Antigo.** Disponível em: https://www.suapesquisa.com/respostas_historia/agricultura_egito_antigo.htm. Acesso em: 9 nov.2023.

RPANEWS. **Droneshow destaca o uso de drones na agricultura**. Disponível em: https://revistarpanews.com.br/5835-droneshow-destaca-o-uso-de-drones-na-agricultura/. Acesso em: 9 nov. 2023.

UNIVATES. **O homem, a agricultura e a história**. Disponível em: https://www.univates.br/editora-univates/publicacao/246. Acesso em: 9 nov. 2023.

VANTAGE GEOAGRI. **SenseFly eBee X**. Disponível em: https://geoagri.com.br/produtos/52/sensefly-ebee-x?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=pq-sensefly-lp&gclid=CjwKCAiA0syqBhBxEiwAeNx9N1W288uyEn8m7gqLmPAJcYKUIjpAdMzvIDr7Q-y7wdIErIDbKI0NSxoCVi0QAvD_BwE. Acesso em: 9 nov. 2023.