

IA E DRONES NA AGRICULTURA: inovação e sustentabilidade no agronegócio***AI AND DRONES IN AGRICULTURE: innovation and sustainability in agribusiness***

Bianca Balabenute – balabenute.bianca@gmail.com

Fatec Marlene Maria Miletta Servidoni – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

João de Lucca Filho – joaodelucca@terra.com.br

Fatec Marlene Maria Miletta Servidoni – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v21i2.2101

Data de submissão: 27/09/2024

Data do aceite: 23/11/2024

Data da publicação: 20/12/2024

RESUMO

O crescimento populacional apresenta o desafio de produzir mais alimentos e ao mesmo minimizar o impacto no meio ambiente. A tecnologia tem se destacado pelas transformações, inovações e sustentabilidade que surgiram no setor agropecuário. Este artigo explora o impacto da integração da Inteligência Artificial (IA) com *drones* na agropecuária. O objetivo do estudo é analisar as principais aplicações da IA e dos *drones*, como o monitoramento de culturas, manejo da pecuária, aplicações de insumos e identificação de pragas, e como essas práticas contribuem para o aumento da produtividade, reduzir custos e atuar na conservação ambiental. A metodologia inclui uma revisão da literatura e uma análise de estudos de caso que ilustram o uso destas tecnologias em diferentes contextos agrícolas. Os resultados mostram que a adição de IA e *drones* na agricultura permite uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, maior precisão na tomada de decisões e a implementação de práticas agrícolas sustentáveis. Como conclusão foi sugerido que, apesar dos desafios técnicos e econômicos, a utilização de IA e dos *drones* tem o potencial de revolucionar o agronegócio, tornando-o mais competitivo e ambientalmente responsável.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. *Drones*. Agronegócio. Sustentabilidade. Agricultura de precisão.

ABSTRACT

Population growth presents the challenge of producing more food while minimizing the impact on the environment. Technology has stood out for the transformations, innovations and sustainability that have emerged in the agricultural sector. This article explores the impact of integrating artificial intelligence (AI) with drones in agriculture. The objective of the study is to analyze the main applications of AI and drones, such as crop monitoring, livestock management, input applications and pest identification, and how these practices contribute to increasing productivity, reducing costs and acting on environmental conservation. The methodology includes a literature review and an analysis of case studies that illustrate the use of these technologies in different agricultural contexts. The results show that the addition of AI and drones in agriculture allows for more efficient management of natural resources,

greater precision in decision-making and the implementation of sustainable agricultural practices. As a conclusion, it was suggested that, despite the technical and economic challenges, the use of AI and drones has the potential to revolutionize agribusiness, making it more competitive and environmentally responsible.

Keywords: Artificial Intelligence. Drones. Agribusiness. Sustainability. Precision agriculture.

1 INTRODUÇÃO

A população mundial continua aumentando e, com ela, o desafio de produzir alimentos que atendam à necessidade global, ao mesmo tempo que se atua na preservação ambiental. A utilização de insumos como fertilizantes e agrotóxicos, se utilizados de forma incorreta, pode danificar o solo e poluir a água, além de prejudicar a própria plantação. Outro ponto importante a considerar seria o uso excessivo ou inadequado desses produtos, o que pode gerar desperdícios, que podem representar perdas significativas para os produtores, podendo afetar o preço final (BEM, 2024).

Segundo Silva (2024), para enfrentar esses desafios, a agricultura de precisão tem se demonstrado como uma solução promissora. A questão central que este artigo aborda é como a agricultura de precisão pode fornecer soluções eficazes para os desafios atuais na produção agrícola sustentável. Com base nisso, pretende-se explorar o impacto da agricultura de precisão, com o foco na integração de tecnologias avançadas como a Inteligência Artificial (IA) e o uso de *drones*, na eficiência da produção agrícola e na sustentabilidade ambiental.

De acordo com a Sociedade Internacional de Agricultura de Precisão é definida como:

Agricultura de Precisão é uma estratégia de gestão que reúne, processa e analisa dados temporais, espaciais e individuais de plantas e animais e os combina com outras informações para apoiar as decisões de gestão de acordo com a variabilidade estimada para melhorar a eficiência no uso de recursos, produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade da produção agropecuária (ISPA, 2024).

Para enfrentar estes desafios de forma mais eficaz, a integração de tecnologias avançadas, como a IA e os *drones*, tem-se mostrado promissora na agricultura de precisão. A IA permite analisar grandes volumes de dados coletados em tempo real, fornecendo insights valiosos para a tomadas de decisão mais precisas e eficientes (BEM, 2024).

Os *drones* proporcionam uma visão detalhada e abrangente das plantações, permitindo o monitoramento contínuo e a aplicação precisa de insumos. A combinação dos dois não só aumenta a produtividade e reduz os custos, mas também promove práticas agrícolas mais sustentáveis e responsáveis (MORENO, 2024).

O objetivo desse trabalho é analisar como a integração de IA com *drones* pode ser favorável a melhoria da eficiência e sustentabilidade na agricultura. O estudo explora as aplicações no monitoramento de culturas, manejo de pecuária, aplicação de insumos e detecção de pragas, destacando os impactos na produtividade, redução de custos e preservação ambiental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A IA representa um dos campos mais inovadores e desafiadores da ciência da computação, com o mais diversificado potencial de utilização (PICCOLO *et al.*, 2024).

Atualmente no mundo do agronegócio o uso de tecnologia de precisão e inspeção automatizada está dominando o cenário e permitindo elevar o patamar do que é conhecido como agricultura de precisão, com a aplicação de *drones* (OLIVEIRA, 2022).

2.1 Inteligência Artificial

A IA é uma área da ciência da computação dedicada ao desenvolvimento de programas com estruturas computacionais capazes de simular a inteligência humana, possibilitandoativamente o aprendizado. Um sistema de IA deve ser capaz de armazenar conhecimento e aplicá-lo na resolução de problemas. Deve também ser capaz de aprender com o conhecimento armazenado e a exposição a novos cenários e situações (HAYKIN, 1998).

Ao aplicar a IA, é possível desenvolver sistemas que aprendem a partir dos dados, gerando conhecimento que facilita a resolução de problemas e a tomada de decisões. Para a simulação do comportamento humano, os dados são coletados em grandes volumes e padrões são identificados por diversos métodos, como será abordado a seguir (ASSIS; PIANTONI; AZEVEDO, 2024).

2.1.1 Tipos de Inteligência Artificial

Existem diferentes tipos de IA, em que a manipulação do conhecimento difere de acordo com a forma como é adquirido, armazenado e utilizado. De forma breve, a IA Simbólica tenta replicar o raciocínio de um especialista ao tentar resolver um problema. A IA Conexionalista é construída sobre um modelo que simula um neurônio matematicamente abstruído e, portanto, demonstra um comportamento inteligente. IA Evolucionista baseada na

teoria de Charles Darwin, imita a evolução natural para otimizar soluções (MOREIRA *et al.*, 2021).

2.1.2 Machine Learning

Machine Learning, ou aprendizado de máquina, pode ser definido como um conjunto de métodos que podem identificar automaticamente padrões nos dados, e em seguida, usar esses padrões para prever dados futuros ou realizar outros tipos de tomada de decisão sob incerteza (MURPHY, 2012).

O aprendizado de máquina pode ser dividido em duas formas, aprendizado supervisionado e aprendizado não supervisionado. Na aprendizagem supervisionada, a IA será alimentada com pares de entradas e saídas conhecidas, geralmente na forma de vetores. Cada saída receberá um rótulo, que pode ser um valor numérico ou classe. Com base nessas entradas e saídas, um padrão será definido e o algoritmo será capaz de prever qual o rótulo da nova saída com base na entrada fornecida (FONTANA, 2021).

Aprendizado não supervisionado não recebe rótulos para as saídas. O algoritmo analisa um grande volume de dados para identificar padrões, agrupa itens semelhantes ou encontra semelhanças entre itens e grupos já existentes. Também pode conter uma pequena fração de dados rotulados, se tornando o aprendizado semi-supervisionado, caso em que o desempenho seria significativamente melhorado (FONTANA, 2021).

2.1.3 Deep Learning

Deep Learning ou Aprendizado Profundo é uma subárea do Machine Learning, no qual os algoritmos processam dados de uma forma que imita o processamento do cérebro humano. Camadas de neurônios artificiais matemáticos entrelaçados em uma rede de nodos são utilizados para processar os dados, sendo capazes de compreender a fala humana e reconhecer objetos visualmente. O processamento da rede está estruturado em diversas camadas, começando pela camada de entrada, passa por uma ou mais camadas ocultas e terminando na camada de saída. As informações são processadas camada por camada, com a saída de uma camada servindo como a entrada para a próxima (DSA, 2022).

Ele utiliza redes neurais profundas para criar conceitos complexos a partir de conceitos mais simples, por meio de múltiplas camadas de processamento. O *backpropagation* é um algoritmo de treinamento que ajusta os pesos dos neurônios com base no erro de saída, ele calcula o gradiente associado a cada peso que permite ao modelo aprender e melhorar suas

previsões. Ao longo do treinamento, o algoritmo compara a saída da rede com o valor esperado, calcula o erro e ajusta os pesos dos neurônios para minimizar o erro. O procedimento é repetido até que um resultado satisfatório seja obtido (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2016).

As aplicações para *Deep Learning* são diversificadas, incluindo detecção de fraudes, tradução automática, condução autônoma de veículos e no caso deste artigo, monitoramento de plantações, previsão de colheitas e detecção de doenças em colheitas, entre outros usos.

2.1.4 Computer Vision

A *Computer Vision* ou Visão Computacional é uma ciência que estuda e desenvolve tecnologias que permitem que as máquinas tenham a capacidade de “ver”, através de imagens capturadas por câmeras, vídeos, sensores e outros dispositivos. Ela pode atuar da mesma forma que um humano com visão e a capacidade de identificar e a interagir com objetos no ambiente. A *Computer Vision* pode analisar imagens ou vídeos e extrair informações que podem ser usadas para a tomar decisões (BALLARD; BROWN'S, 1982).

A maior parte dos *Deep Learning* para *Computer Vision* é usada para reconhecimento ou detecção de objetos, seja indicando se eles estão presentes em uma imagem ou transcrevendo uma sequência de símbolos de uma imagem e rotulando cada pixels de uma imagem com a identidade ao qual pertence (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2016).

As aplicações da visão computacional vão desde replicação de habilidades humanas, como o reconhecimento facial, até a criação de categorias inteiramente novas de habilidades, como reconhecimento de ondas sonoras.

2.2 Drones no agronegócio

A utilização de *drones* na agricultura tornou-se uma ferramenta essencial no contexto da agricultura 4.0 e 5.0, ajudando a aumentar a eficiência e a precisão da gestão das culturas. A tecnologia permite o monitoramento em tempo real de áreas agrícolas, sensoriamento remoto, mapeamento de áreas de interesse, bem como concentração de mão de obra e produtividade.

Segundo estudo realizado na Universidade do Estado do Rio Grande do Sul (UERGS), os *drones* são utilizados principalmente para propagação, controle de pragas, detecção e monitoramento de culturas. Fornecem dados precisos que facilitam a tomada de decisões,

reduzindo o uso de insumos e aumentando a produtividade agrícola. Além disso, pesquisas mostraram que o uso de *drones* na agricultura já é uma prática comum em algumas regiões do mundo, incluindo no continente asiático e em partes do Brasil (OLIVEIRA, 2022).

Segundo Almeida (2023) destacou a importância do uso de tecnologias como *drones* ou VANTS para o desenvolvimento sustentável e a modernização do agronegócio independente do tamanho da propriedade rural. São utilizados tanto no monitoramento de culturas como na coleta de dados para investigação e propiciando uma ação no agronegócio de precisão e pesquisa, contribuindo assim para uma gestão mais eficiente e sustentável.

As tecnologias hibridas que tratam da varredura e observação por meio de sensores de varreduras de precisão, integradas com outras práticas de agricultura digital, estão revolucionando o setor, permitindo aos produtores monitorar a saúde das plantas, identificar áreas de estresse hídrico e aplicar defensivos de forma mais eficiente. Isso resulta em maior economia de recursos e aumento de produtividade, além de contribuir as boas práticas agrícolas (ARAUJO, 2023).

2.3 Tecnologias em Drones

VANTS ou Veículos aéreos não tripulados, mais comumente conhecidos como *drones*, possuem uma variedade de dispositivos e tecnologias que potencializam sua utilização em campo. Câmeras multiespectrais e hiperespectrais permitem capturar imagens detalhadas de plantações e solos, identificando problemas hídricos ou mesmo pragas e doenças em seus estágios iniciais, permitindo agir rapidamente para evitar maiores danos (MOREIRA *et al.*, 2021).

De acordo com o trabalho de Santos *et al.* (2020) e as suas pesquisas, a agricultura de precisão pode reduzir o desperdício e o impacto ambiental, proporcionando assim maior viabilidade econômica e aumentando a sustentabilidade alimentar. Um dos problemas identificados seria a detecção e a classificação de padrões na imagem, associados a um objeto de interesse, a sintomas de doenças ou pragas.

O uso de *drones* realizando varreduras no espectro infravermelho ou como sensores térmicos podem detectar mudanças de temperatura, úteis para monitorar a saúde do rebanho e identificar animais no pasto. Sensores de proximidade podem medir a altura e a densidade das culturas, facilitando o planejamento da colheita. O avançado sistema de GPS garante trajetórias de voo e aplicação de insumos, otimizando o uso de recursos e aumentando a produtividade (MORENO, 2024).

Segundo Santos *et al.* (2020), outro problema identificado são os geométricos. Os geométricos ocorrem na formação de uma imagem, onde a luz que é captada pela lente da câmera é projetada em uma superfície para que a cena tridimensional reproduza uma representação bidimensional. A estrutura da cena está presente na imagem, porém a informação de profundidade é perdida. A contribuição da visão computacional geométrica desenvolveu algoritmos capazes de recuperar as informações em três dimensões. Utilizado em *drones*, tem sido empregado em estudos geológicos, para estimativa de altura de pastagens, entre outros (SANTOS *et al.*, 2020).

2.4 Tipos de Drones

Moreno (2024) dividiu os *drones* em dois setores com base em suas funções, de varredura e de aplicação de tratamento específico.

Os de varredura são usados para mapear e levantar as culturas, monitorar e gerenciar irrigação, fertilização e fumigação de culturas, monitorar o estado e condições das plantações, gerar mapas e planos de tratamento. Nesses tópicos, em geral, o drone irá capturar imagens de alta qualidade em tempo real, poderá responder às necessidades da plantação, caso seja a falta ou o excesso de irrigação, surto de doenças ou pragas. Também pode gerar mapas de alta qualidade, que permitem aos produtores, levando em consideração as informações geradas, tomar decisões precisas para melhorar o plantio, ou mesmo identificar animais errantes em áreas rurais (MORENO, 2024).

Os *drones* de aplicação específico, ainda segundo Moreno (2024), são os responsáveis por aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes, por exemplo. Esses *drones* reduzem a exposição dos trabalhadores aos produtos químicos, aplicando-os com mais precisão nos pontos identificados como necessários, evitando desperdícios e conseguindo chegar a áreas de difícil acesso.

3 METODOLOGIA

Com base no tema proposto foram abordados artigos demonstrando o uso de IA em *drones* em diferentes cenários e aplicações, explorando os benefícios obtidos. A visão computacional desempenha um papel importante na detecção de pragas e doenças, previsão de safra, avaliação de atributos como volume e qualidade, como a localização de animais e na classificação de espécies. O drone é responsável por capturar as imagens que serão utilizadas conforme descrito anteriormente (SANTOS *et al.*, 2020) e (OLIVEIRA, 2022).

A metodologia utilizada neste estudo utiliza uma abordagem de elementos qualitativos. Inicialmente, foi revisada a literatura existente sobre IA e *drones*, ferramentas de integração que apoiam a varredura de propriedade, ações corretivas e inspeção visual em campo. Esta revisão criou um quadro teórico e a identificou as ações nas quais o drone aplica a sua expertise para realizar algumas tarefas.

Além disso, foi realizada uma análise de setor para identificar tendências e desafios relacionados ao uso dessa ferramenta enquadrada como de precisão, em termos de busca de dados em atuação nos processos de agronegócios permitindo varreduras e inspeções 24 horas por dia, 7 dias por semana. Espera-se que esta abordagem contribua para uma compreensão abrangente dos benefícios e desafios da utilização de *drones* combinados com métodos de IA. Para subsidiar a pesquisa foi realizada uma investigação em feiras do setor agropecuário, periódicos e artigos científico dentre eles, Scholar Google, Scielo, Science Direct, Sibi, Science.gov e outros.

Posteriormente, foi realizada outra análise pesquisas e coleta de dados relevantes sobre a eficácia da tecnologia combinada de *drones* apoiados por IA e plataformas de aplicativos para suporte ao setor agropecuário, acarretando redução de custos operacionais e respostas que acarretam ações proativas no setor agropecuário. Para tanto, foram ativadas mais buscas de conteúdo em artigos que combinam a disponibilidade de *drones* e dispositivos de varredura agregados e, ao mesmo tempo, ferramentas de IA que desempenham as funções de investigação e controle de culturas, que é denominado agricultura de precisão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise de publicações relacionadas, foi esclarecido que o uso de *drones* habilitados para IA traz muitos benefícios para os produtores e para o meio ambiente.

4.1 Aplicação efetiva de drones no agronegócio

4.1.1 Identificação de Animais

A combinação de *Computer Vision* com *drones* cria a capacidade de monitorar áreas muito grandes com informações abundantes e de alta precisão. O setor agropecuário sofre com dificuldades no controle dos rebanhos nas pastagens, pois alguns animais rompem a cerca e fogem, fazendo com que outros animais escapem. Voltando a Santos *et al.* (2020) e

sua pesquisa, ele diz que 15 arquiteturas de redes neurais diferentes foram testadas em 3 resoluções espaciais distintas para analisar o desempenho resultante de diferentes altitudes de voo. Os resultados obtidos na maioria das arquiteturas testadas foram mais de 95% precisos. Enquanto a Arquitetura NasNet conseguiu atingir um resultado próximo de 100%.

Santos *et al.* (2020) diz que os resultados são expressivos, observando as imagens contidas em seu trabalho é possível identificar os animais em diferentes cenários, alguns em campo aberto como animais deitados ou em pé, outros com partes do corpo de animais coberto por galhos de árvores, fios, etc.

4.1.2 Controle de Ervas Daninhas e Identificação de Doenças em Plantas

As ervas daninhas são plantas que crescem espontaneamente e em locais e momentos indesejados, às vezes podem acabar interferindo negativamente na plantação, por isso a sua identificação e controle é importante. No tratamento de doenças e pragas é analisado o comportamento da planta infectada, se ela muda de cor, tem furos nas folhas, e se não se desenvolve, etc. Por meio de múltiplas fotos e vídeos capturados por *drones* e do uso de análise preditiva por IA, é possível identificar padrões e gerar mapas de incidência de agentes, incluindo o grau de severidade. Graças a isso, o drone pode agir e aplicar profilaxia ideal com defensivos nos locais identificados (GUTIÉRREZ *et al.*, 2024) e (SANTOS *et al.*, 2020).

4.2 Vantagens de usar drones na agropecuária

Aumentar a eficiência e a precisão na coleta de dados, como mostra o trabalho de Oliveira (2022), a combinação de tecnologias avançadas, com sensores, GPS, câmeras, e a coleta de grande quantidade de dados, fornece informações úteis permitindo análise precisa. Melhora a detecção de pragas e doenças, a passagem do drone permite manter o controle de todo o desenvolvimento de culturas. Identifica padrões de crescimento, detecta anomalias indesejadas, permite decisões de plantio mais rápida e segura.

A redução de tempo em varreduras em áreas maiores e de difícil acesso são alvos dessa tecnologia. Animais podem ser identificados em menor tempo, além disso, a aplicação dos insumos agrícolas é muito mais precisa e direcionada reduzindo o impacto ambiental, com a quantidade ideal e no local ideal (BEM, 2024).

Também pode ser utilizado para investigar problemas como focos de incêndios, e monitorar a propagação, o que permite ao produtor agir rapidamente, ajudando a melhorar a segurança de todos (MORENO, 2024).

4.3 Desafios do uso de tecnologias avançadas

Como mostra o trabalho de Bem (2024) há desafios a serem superados, um deles é o alto investimento inicial nesta tecnologia avançada. *Drones* de alta qualidade equipados com sensores e câmeras multiespectrais dificultam o acesso de pequenos e médios produtores agrícolas. Acesso à internet, hoje o Starlink está disponível, a internet via satélite está disponível em todos os lugares desde que haja uma antena, isso remonta ao problema do custo inicial. Software capaz de interpretar os dados de maneira precisa e relevante. É importante escolher o que há de melhor em IA e sua arquitetura para processar grandes volumes de dados, além de softwares capazes de representar os resultados de forma que as pessoas possam entender.

A baixa autonomia, mesmo com as baterias mais avançadas do mercado o sistema avançado consome muita energia, precisando de um tempo para a recarga ideal. A burocracia para a documentação necessária para poder pilotar os drones, além de acidentes como perder ou enganchar os drones em árvores ou obstáculos no caminho. (BARBIZAN; CAVICHIOLI, 2022).

A privacidade e a segurança ao sobrevoar propriedades privadas, a recolha de dados que podem ser utilizados de forma inadequada, o impacto ambiental que os *drones* podem causar, a regulamentação dos *drones* são alguns de outros desafios que serão enfrentados (BEM, 2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa evidenciou que a combinação de IA e *drones* na agricultura de precisão apresenta resultados muito promissores em termos de aumento de produtividade e sustentabilidade. Ambas as tecnologias demonstram melhorias significativas na eficiência operacional, destacando a capacidade de monitoramento em tempo real e a aplicação precisa de insumos.

Com base nos dados analisados a IA permite a identificação de padrões complexos, facilitando a detecção precoce de pragas, o controle de doenças e a gestão de recursos de forma mais eficiente. Os *drones* contribuirão para a redução do tempo e dos custos com inspeções, além do aumento da precisão na aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas.

Mesmo diante de desafios técnicos para a aplicação em larga escala, como o custo inicial elevado e a infraestrutura necessária, os benefícios observados indicam um potencial

de transformação no setor agrícola. A tendência é que à medida que as tecnologias forem ficando mais acessivas diminuindo sua infraestrutura e custo, se expanda a adoção desses recursos e se torne cada vez mais comum, amplificando os resultados de produtividade e preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Érica Carvalho. **Potencialidades da utilização dos drones na agricultura de precisão.** Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/5697>. Acesso em 1 set.2024.

ARAUJO, Peterson. Agricultura Digital: A Tecnologia está Revolucionando o Campo. 23 jul. 2023. Disponível em: <https://maikon.biz/agricultura-digital/>. Acesso em: 1set. 2024.

ASSIS, Kamila Cristina de Credo; PIANTONI, Jane; AZEVEDO, Rodrigo Ferraz. Tecnologias em agricultura inteligente: eficiência e sustentabilidade. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 4, p. 10, 2024. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/45072/36289>. Acesso em: 31 ago. 2024.

BALLARD, Dana; BROWN'S, Chris. **Computer Vision.** [S. l.]: Prentice Hall, 1982. E-book. Disponível em: https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/BOOKS/BANDB/Ballard_D._and_Brown_C._M._1982_Computer_Vision.pdf. Acesso em: 7 set. 2024.

BARBIZAN, Renan Zaguine; CAVICHIOLI, Fábio Alexandre. USO DE DRONES NA PULVERIZAÇÃO DA AGRICULTURA 4.0. Interface Tecnológica, v. 19, n. 2, p. 584-596, 2022. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/download/1454/834>. Acesso em: 23 nov. 2024.

BEM, ANDERSON NUNES DE. **USO DE DRONES NA AGRICULTURA.** 2024. 34 p. TCC — UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, Frederico Westphalen, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/32382/TCC%20Anderson%20de%20Bem%20para%20manancial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 ago. 2024.

DSA. **Deep learning book.** DATA SCIENCE ACADEMY. [S. l.: s. n.]. 2022. E-book. Disponível em: <https://www.deeplearningbook.com.br/>. Acesso em: 7 set. 2024.

FONTANA, Éliton. **Introdução aos Algoritmos de Aprendizagem Supervisionada.** 2021. Disponível em: <https://www.infolivros.org/pdfview/11709-introducao-aos-algoritmos-de-aprendizagem-supervisionada-eliton-fontana/>. Acesso em: 6 set. 2024.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep learning.** Cambridge: The MIT Press, 2016.

GUTIÉRREZ, Lorenzo León *et al.* Inteligência artificial e agronomia: uma reflexão introdutória sobre a redução da dependência de herbicidas no manejo de plantas daninhas. In: GUTIÉRREZ, Lorenzo León *et al.* **Gestão de plantas daninhas - Estratégias globais**

[Título provisório]. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <https://www.intechopen.com/online-first/1178345>. Acesso em: 15 set. 2024.

HAYKIN, Simon. **Neural networks**: a comprehensive foundation. [S. l.]: Prentice Hall, 1998. 842 p.

ISPA. **Precision ag definition**. 2024. Disponível em: <https://www.ispag.org/about/definition>. Acesso em: 2 set. 2024.

MOREIRA, Taís Rizzo *et al.* **Inteligência artificial aplicada às ciências florestais e agricultura**. [S. l.]: CAUFES, 2021. E-book. ISBN 9786586981186. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/552680>. Acesso em: 2 set. 2024.

MORENO, Litxi Lorena López. **Uso de drones como tecnologia moderna para una agricultura eficiente**. 2024. 33 p. TCC — UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO, Babahoyo, 2024. Disponível em: <http://190.15.129.146/bitstream/handle/49000/15993/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000090.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 set. 2024.

MURPHY, Kevin P. **Machine Learning**: A Probabilistic Perspective. [S. l.]: MIT Press, 2012. E-book (1098 p.). Disponível em: <https://raw.githubusercontent.com/kerasking/book-1/master/ML%20Machine%20Learning-A%20Probabilistic%20Perspective.pdf>. Acesso em: 6 set. 2024.

OLIVEIRA, Marieli Souza Machado de. **Agricultura 5.0 e suas tecnologias: o uso de drones na agricultura**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/handle/123456789/3228>. Acesso em: 1 set. 2024.

PICCOLO, Erasmo Aparecido *et al.* A inteligência artificial aplicada no agronegócio: uma revisão bibliográfica. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 6, p. e4596, 4 jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.56083/rcv4n6-026>. Acesso em: 2 set. 2024.

SANTOS, Thiago Teixeira *et al.* Visão computacional aplicada na agricultura. In: SANTOS, Thiago Teixeira *et al.* **Agricultura Digital Pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126213/agricultura-digital-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao-nas-cadeias-produtivas>. Acesso em: 12 set. 2024.

SILVA, Willian Virgílio Dos Santos. **Desenvolvimento e análise experimental de um sistema robótico para plantio automatizado de vegetais utilizando agricultura de precisão e visão computacional**. 2024. 59 p. Mestrado — Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/77680/5/2024_dis_wvssilva.pdf. Acesso em: 1 set. 2024.