



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**GESTÃO DE AGRONEGÓCIOS**

**BRUNO FERREIRA DA PAIXÃO**

**APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA AUMENTO DA**  
**PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA SOJA**

Brasília, DF

2024

BRUNO FERREIRA DA PAIXÃO

**APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA AUMENTO DA  
PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA SOJA**

Monografia apresentada ao curso de Gestão de Agronegócios, da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Gestão de Agronegócios.

Orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elen Presotto

Brasília, DF

2024

## FICHA CATALOGRÁFICA

### CIP - Catalogação na Publicação

PP149a Paixão, Bruno.  
APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA AUMENTO DA  
PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA SOJA / Bruno Paixão; orientador  
Elen Presotto. -- Brasília, 2024.  
29 p.

Monografia (Graduação - Gestão de Agronegócios ) --  
Universidade de Brasília, 2024.

1. Soja. 2. Inteligência artificial . I. Presotto, Elen ,  
orient. II. Título.

BRUNO FERREIRA DA PAIXÃO

**APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA AUMENTO DA  
PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA SOJA**

Monografia apresentada ao curso de Gestão de Agronegócios, da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do título de **Bacharel em Gestão de Agronegócios**.

Aprovada em 22 de julho de 2024:

**Banca Examinadora**

---

Professora Elen Presotto, Doutora (UnB)  
(Presidente/Orientador)

---

Professora Maisa Isabela Rodrigues, Doutora (UnB)

---

Professor Jaim Jose da Silva Junior, Doutor (UnB)

Dedico este trabalho à minha família, pelo amor incondicional, apoio e paciência que foram a minha força nos momentos mais desafiadores. Agradeço especialmente as minhas duas mãe e esposa, por acreditarem em mim e me incentivarem a seguir meus sonhos, e aos meus irmãos, pelo encorajamento constante.

Dedico também aos meus amigos, que proporcionaram os momentos de descontração e amizade que tanto equilibraram as longas horas de estudo e pesquisa. Vocês são parte essencial desta conquista.

Por fim, dedico este trabalho aos meus professores e mentores na universidade, que guiaram meu caminho com sabedoria e paciência, e que me inspiraram a buscar sempre o conhecimento e a excelência.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram de maneira significativa para a realização deste trabalho. Primeiramente, agradeço a Deus, por me dar saúde e força para superar os desafios e concluir esta jornada.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Profa. Elen Presotto, pela paciência, orientação e valiosos conselhos. Sua expertise e dedicação foram fundamentais para a condução e sucesso deste projeto.

Meus sinceros agradecimentos à minha família, por todo amor, suporte e compreensão. Agradeço em especial as minhas mães e esposa, pelo incentivo constante e por sempre acreditarem em meu potencial, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos, companheiros de todas as horas, obrigado pela amizade, pelo apoio e por todos os momentos de descontração que ajudaram a equilibrar a pressão dos estudos.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, participaram e contribuíram para a minha jornada acadêmica e para a conclusão deste trabalho. Cada um de vocês foi parte essencial desta etapa de minha vida.

## RESUMO

### APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA AUMENTO DA PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA SOJA

AUTOR: Bruno Ferreira da Paixão

ORIENTADORA: Elen Presotto

A soja desempenha um papel crucial na economia brasileira, representando um grão essencial na alimentação humana e animal e contribuindo significativamente para o PIB do país. Este estudo investiga o impacto da Inteligência Artificial (IA) na produtividade da soja no Brasil. Foram analisadas tecnologias de IA aplicadas na agricultura, como identificação precoce de pragas e doenças, gestão precisa de insumos e previsão climática. A pesquisa revelou que a IA pode aumentar a produtividade da soja em até 20%, reduzir o consumo de água em 30% e melhorar a precisão na previsão de safra em 95%. No entanto, a implementação enfrenta desafios como altos custos e necessidade de infraestrutura tecnológica. Conclui-se que a adoção de IA pode transformar a produção de soja, promovendo maior eficiência e sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Soja; Produtividade agrícola; Eficiência operacional; Contenção de despesas; Inteligência Artificial (IA).

## ABSTRACT

### APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO INCREASE PRODUCTIVITY IN SOY CULTIVATION

AUTHOR: Bruno Ferreira da Paixão

ADVISOR: Elen Presotto

Soybeans play a crucial role in the Brazilian economy, representing an essential grain in human and animal nutrition and significantly contributing to the country's GDP. This study investigates the impact of Artificial Intelligence (AI) on soybean productivity in Brazil. Technologies such as early pest and disease detection, precise input management, and climate forecasting were analyzed. The research revealed that AI can increase soybean productivity by up to 20%, reduce water consumption by 30%, and improve crop yield prediction accuracy by 95%. However, implementation faces challenges such as high costs and the need for technological infrastructure. It concludes that adopting AI can transform soybean production, promoting greater efficiency and sustainability.

**Keywords:** Soybeans; Agricultural productivity; Operational efficiency; Cost containment; Artificial Intelligence (AI).



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	9
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	10
1.3 OBJETIVO GERAL .....	11
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
1.5 JUSTIFICATIVA .....	11
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>17</b>
3.1 PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOSERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>26</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A soja representa um componente vital na produção agrícola brasileira, sendo não apenas um grão essencial na alimentação humana e animal, mas também um elemento chave na economia nacional. Em 2022, o Brasil alcançou uma produção robusta de 140,6 milhões de toneladas de soja, posicionando-se como um dos líderes globais neste mercado (CONAB, 2023). Esta produção expressiva, que corresponde a aproximadamente 37% da produção mundial, sublinha não só a eficiência agrícola do país, mas também sua influência significativa no comércio internacional de *commodities* agrícolas (CONAB, 2023).

A soja desempenha um papel fundamental na economia brasileira, não apenas pela sua produção agrícola, mas também pela sua contribuição econômica mais ampla. Em 2022, a soja foi responsável por cerca de 50 bilhões de dólares em exportações, consolidando-se como um dos principais produtos de exportação do Brasil. Além disso, o setor gera aproximadamente 2 milhões de empregos diretos e indiretos, destacando sua importância na redução da desigualdade econômica, especialmente em regiões rurais. O impacto da soja vai além do campo, promovendo avanços tecnológicos e práticas sustentáveis que beneficiam toda a cadeia produtiva. Assim, a soja não apenas fortalece a economia nacional, mas também promove inovação e desenvolvimento socioeconômico em diversas áreas do país.

No contexto da produção de soja, a adoção de tecnologias avançadas e práticas agrícolas inovadoras tem sido um fator determinante para o sucesso do Brasil neste setor. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento têm permitido o aprimoramento contínuo das técnicas de cultivo, visando não apenas incrementar a produtividade, mas também promover a sustentabilidade ambiental (EMBRAPA, 2021). Este aspecto é particularmente relevante em um cenário global onde as mudanças climáticas e a preservação dos recursos naturais são desafios crescentes (IPCC, 2022). Práticas como o plantio direto, a rotação de culturas e o uso consciente de insumos agrícolas são exemplos de estratégias adotadas para alcançar uma produção mais sustentável (FAO, 2021).

Um aspecto notável da produção de soja no Brasil é o seu efeito "poupa-terra". Esse efeito se refere à capacidade de tecnologias avançadas que permitem aumentar a produção de forma sustentável na mesma área de cultivo, ou seja, produzir mais soja em menos espaço. Esse método reduz a necessidade de expandir áreas agrícolas, preservando ecossistemas naturais e contribuindo para a sustentabilidade ambiental (EMBRAPA, 2021).

Esse conceito, cunhado por Altieri (2019) em seu estudo sobre agricultura sustentável, tem implicações significativas na conservação da biodiversidade e na redução da necessidade de expansão agrícola sobre áreas naturais. Ao se produzir mais em menos terra, evita-se o desmatamento de novas áreas para o cultivo, preservando ecossistemas e a riqueza de espécies que neles habitam.

Além disso, a gestão profissionalizada e orientada ao mercado no setor da soja tem sido um fator crucial para seu fortalecimento como um dos pilares do agronegócio brasileiro. A crescente adoção de ferramentas de gestão estratégica, análise de dados e inteligência de mercado tem permitido aos produtores tomar decisões mais assertivas, otimizando lucros e minimizando riscos. A inteligência artificial (IA) e outras tecnologias emergentes são vistas como aliadas potenciais, oferecendo soluções inovadoras para os desafios enfrentados pelos produtores de soja no Brasil. A IA pode ser entendida como a capacidade de um sistema computacional realizar tarefas que normalmente exigem inteligência humana, como aprendizado, raciocínio e tomada de decisão (Russell; Norvig, 2023). No contexto da produção de soja, a IA pode auxiliar em diversos aspectos, como na análise de dados climáticos e de solo, no controle de pragas e doenças, na otimização da irrigação e na gestão da logística.

A trajetória da soja no panorama agrícola brasileiro reflete, portanto, um compromisso contínuo com a inovação, a eficiência produtiva e a responsabilidade ecológica. Este cenário evidencia a necessidade de explorar e implementar continuamente estratégias e tecnologias que possam otimizar a produção de soja, garantindo que o Brasil mantenha e fortaleça sua posição como um dos principais produtores globais deste grão.

## 1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Diante dos desafios contemporâneos na agricultura, especialmente na produção de soja, como a gestão de pragas, o combate a doenças diversas e a adaptação às variáveis e às condições climáticas, a necessidade de soluções tecnológicas avançadas torna-se cada vez mais evidente. Neste contexto, a Inteligência Artificial (IA) emerge como uma ferramenta crucial, questionando-se: como a adoção da IA pode ser implementada para otimizar a produtividade e a eficiência na cultura da soja no Brasil?

### 1.3 OBJETIVO GERAL

Investigar como a Inteligência Artificial pode otimizar a produtividade e eficiência na cultura da soja no Brasil, identificando oportunidades e desafios associados à sua implementação.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A aplicação de Inteligência Artificial (IA) na produção de soja oferece um vasto campo para exploração e melhoria dentro do setor agrícola brasileiro. Diante disso, este trabalho estabelece os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar as principais tecnologias de IA utilizadas na produção de soja e principais temas;
- Examinar a integração da IA na agricultura de soja ao longo dos anos, identificando os avanços tecnológicos significativos e os impactos resultantes na produtividade e sustentabilidade;
- Sistematizar diferentes estratégias e práticas adotadas para implementar IA na produção de soja no Brasil;

### 1.5 JUSTIFICATIVA

Em um panorama onde a demanda por soja continua crescendo globalmente, impulsionada pelo aumento do consumo de proteínas e pela expansão de mercados de biodiesel, maximizar a produtividade deste cultivo torna-se imperativo. No entanto, a produção de soja enfrenta desafios multifacetados. pragas e doenças endêmicas,

juntamente com condições climáticas extremas e imprevisíveis, impõem riscos significativos à produtividade e à lucratividade das lavouras. Estes desafios não apenas ameaçam a segurança alimentar, mas também têm implicações econômicas profundas, especialmente para os pequenos e médios produtores, que representam a espinha dorsal do setor agrícola brasileiro.

Outro aspecto notável da produção de soja no Brasil é o seu efeito "poupa-terra". Esse efeito se refere à capacidade de tecnologias avançadas que permitem aumentar a produção de forma sustentável na mesma área de cultivo, ou seja, produzir mais soja em menos espaço. Esse método reduz a necessidade de expandir áreas agrícolas, preservando ecossistemas naturais e contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

A incorporação e adoção de tecnologias emergentes, como a Inteligência Artificial (IA), são vitais. A IA possui o potencial de oferecer soluções inovadoras e eficazes para enfrentar os desafios críticos na produção de soja. Desde a identificação precoce de pragas e doenças até a otimização na aplicação de insumos e monitoramento climático preciso, as ferramentas de IA podem desempenhar um papel crucial na mitigação de riscos e na promoção de uma agricultura mais resiliente e sustentável.

A investigação do papel e do impacto potencial das tecnologias de IA na produção de soja é de importância estratégica para o Brasil. Primeiramente, essa pesquisa é relevante por seu potencial em contribuir para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis, respondendo proativamente aos desafios ambientais e econômicos contemporâneos.

Além disso, considerando que a soja é um dos principais produtos de exportação do Brasil, melhorar a produtividade e a sustentabilidade desse cultivo tem implicações diretas na economia nacional e na posição do Brasil no comércio agrícola internacional. Ademais, com o avanço constante da tecnologia, é imprescindível que o setor agrícola brasileiro se mantenha atualizado e capacitado para integrar soluções tecnológicas inovadoras em seus processos produtivos. Assim, explorar e entender como a IA pode ser efetivamente aplicada na agricultura, especialmente na produção de soja, não apenas atende a uma necessidade acadêmica de geração de conhecimento, mas também responde a uma demanda prática e urgente do setor agrícola brasileiro por inovação e eficiência.

Portanto, o trabalho justifica-se pela necessidade de aprofundar o entendimento sobre o uso estratégico da IA na produção de soja, visando contribuir para o corpo de conhecimento existente e oferecer resultado práticos e aplicáveis para os *stakeholders* envolvidos na cadeia produtiva da soja no Brasil.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A produção de soja no Brasil é fortemente marcada pela busca por inovação e eficiência. Ao longo dos anos, o Brasil se consolidou como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de soja, devido em grande parte à adoção de tecnologias de ponta. A produção de soja no país aumentou significativamente, impulsionada pela combinação de crescimento de rendimento e expansão de terras cultivadas. Entre 1980 e 2020, a produção de soja no Brasil aumentou em 738,6%, em comparação com um aumento de 130% nos Estados Unidos durante o mesmo período (Land Innovation Fund) (CME Group), 2021.

IA se destaca como uma ferramenta poderosa para transformar a produção de soja em diversos aspectos. Ela permite automatizar tarefas repetitivas, como o mapeamento de áreas agrícolas e a detecção de pragas e doenças. Além disso, a IA pode otimizar processos como a aplicação de insumos e a colheita, contribuindo para a redução de custos e aumento da produtividade. A utilização da IA na produção de soja no Brasil está em linha com a tendência global de transformação digital do agronegócio. Países como os Estados Unidos, a China e a Austrália estão investindo massivamente em tecnologias como Inteligência Artificial (IA), machine learning e big data para tornar suas produções agrícolas mais eficientes e sustentáveis. Nos Estados Unidos, o mercado de IA na agricultura está crescendo rapidamente, impulsionado por uma infraestrutura tecnológica robusta e um grande setor agrícola. Em 2023, o mercado de IA na agricultura dos EUA foi avaliado em aproximadamente 349,73 milhões de dólares e deve crescer a uma taxa anual composta de 12,20% até 2033 (Market Research Reports) (Spherical Insights), 2021.

Ao incorporar a IA em seus processos, o Brasil se mantém na vanguarda do agronegócio mundial, consolidando sua posição como um dos principais fornecedores de soja para o mercado internacional. A adoção dessa tecnologia representa um salto significativo para o futuro da produção de soja no país, garantindo maior competitividade e sustentabilidade para o setor. A inserção da inteligência artificial na produção de soja no Brasil representa um momento crucial para o futuro do agronegócio nacional. Essa tecnologia promete revolucionar a produção, tornando-a mais eficiente, produtiva e sustentável. Ao investir em IA, o Brasil se prepara para enfrentar os desafios do mercado global e se manter como um dos principais players

do agronegócio mundial.

A aplicação da IA na agricultura tem sido explorada extensivamente na literatura acadêmica nos últimos anos. Estudos indicam que a IA pode transformar a agricultura através da otimização de processos e aumento da eficiência operacional (Smith *et al.*, 2020; Johnson; Brown, 2021). No contexto da soja, essas tecnologias têm sido particularmente relevantes devido à complexidade e à escala de produção deste cultivo no Brasil.

A literatura destaca o uso de algoritmos de aprendizado de máquina para identificar e controlar pragas e doenças de forma precoce (Lopez; Silva, 2019). Por exemplo, técnicas de processamento de imagem permitem a detecção de infestações de pragas como a lagarta-da-soja e o percevejo-marrom, além de doenças como a ferrugem asiática (Oliveira *et al.*, 2022). Essas tecnologias não apenas reduzem as perdas de cultivo, mas também diminuem a dependência de pesticidas, alinhando a produção com práticas mais sustentáveis.

A gestão precisa de insumos é outra área que tem se beneficiado significativamente com a adoção de IA. Sistemas inteligentes são capazes de calcular a quantidade ótima de recursos necessários, como água e fertilizantes, promovendo uma utilização mais eficiente e menos impactante ao meio ambiente (Carvalho *et al.*, 2021). A implementação de tais sistemas contribui para uma redução considerável no desperdício de recursos e na poluição.

Apesar das promessas da IA, existem desafios significativos para sua implementação na agricultura brasileira. A alta complexidade e custo das soluções de IA podem ser proibitivos para pequenos e médios produtores (Martins; Souza, 2020). Além disso, a gestão de dados e a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada são barreiras que precisam ser superadas para uma adoção mais ampla dessas tecnologias.

Modelos preditivos desenvolvidos através de IA são eficazes em antecipar eventos climáticos que podem afetar adversamente a produção de soja. Estes modelos são fundamentais para a tomada de decisões estratégicas sobre o plantio e a colheita, minimizando riscos e maximizando a produção sob condições climáticas desfavoráveis (Dias; Rocha, 2022).

A implementação da Inteligência Artificial (IA) nos agronegócios tem se mostrado uma das mais impactantes transformações no setor agrícola, redefinindo



não apenas as práticas de cultivo e gestão de recursos, mas também a tomada de decisões estratégicas. Originada nas últimas décadas do século XX, a evolução da IA na agricultura foi inicialmente marcada pela adoção de sistemas computacionais básicos, que, apesar de suas limitações, abriram caminho para a digitalização da agricultura (Silva; Costa, 2000). Este desenvolvimento tecnológico acelerou-se com a chegada da Internet e o aprimoramento de algoritmos capazes de processar vastos volumes de dados, fundamentais para o avanço da IA no campo (Ferreira; Gonçalves, 2005).

A aplicação efetiva da IA nos agronegócios ganhou ímpeto no início do século XXI, impulsionada pelo acesso a dados em grande escala e pelo desenvolvimento de sensores mais precisos e acessíveis. Tecnologias como análise preditiva e sistemas de visão computacional começaram a ser implementadas, permitindo a identificação automática de pragas e doenças e a otimização do uso de recursos naturais (Souza; Almeida, 2010). Um exemplo significativo dessa aplicação foi a adoção de aprendizado de máquina para a automação de irrigação e aplicação de insumos, resultando em uma gestão agrícola mais eficiente e sustentável (Oliveira *et al.*, 2015).

No entanto, a integração da IA no setor agrícola enfrentou diversos desafios, como a resistência à mudança por parte de alguns produtores e as dificuldades associadas ao custo de implementação e à adaptação às novas tecnologias (Castro; Lima, 2012). Apesar desses obstáculos, a colaboração entre desenvolvedores tecnológicos, instituições de pesquisa e o setor agrícola foi crucial para superar as barreiras e demonstrar os benefícios concretos da IA na agricultura (Martins; Sousa, 2018).

Olhando para o futuro, espera-se que a IA se torne ainda mais integrada nos agronegócios, com o desenvolvimento de tecnologias de inteligência artificial autônoma e o aumento do uso de Internet das Coisas (IoT) e drones autônomos, expandindo o alcance e a precisão das práticas agrícolas (Garcia; Rodriguez, 2020). A tendência é que a IA continue a desempenhar um papel vital na promoção de uma agricultura mais produtiva, sustentável e resiliente, capaz de enfrentar os desafios das mudanças climáticas e atender às necessidades de uma população mundial em crescimento (Nascimento; Barbosa, 2021).

### 3 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica de literatura, com foco em artigos publicados no SciELO entre 2010 e 2023. A análise dos títulos e resumos dos artigos foi realizada utilizando técnicas de processamento de linguagem natural (PNL) e nuvem de palavras, com o objetivo de identificar os principais temas abordados e as tendências da pesquisa sobre o tema.

A busca por alternativas inovadoras para otimizar a produção da soja, um dos principais pilares da agricultura brasileira, impulsionou a investigação da aplicação da inteligência artificial nesse setor. Este estudo, com base em uma análise de artigos científicos publicados entre 2020 e 2023 na plataforma SciELO, buscou identificar as principais tendências e áreas promissoras de pesquisa na aplicação de IA para o cultivo da soja. Foram selecionados os 20 artigos mais citados sobre o tema, utilizando consultas booleanas com os termos-chave "soja", "inteligência artificial" e "agricultura".

Em seguida, os resumos dos artigos selecionados foram submetidos à análise textual automatizada utilizando a linguagem Python e a técnica Bag-of-Words. Essa técnica consiste na identificação e contagem das palavras mais frequentes, gerando uma nuvem de palavras que representa os principais termos abordados nos estudos. A partir da análise dos artigos selecionados, foram identificados os seguintes temas principais que são abordados na literatura:

- Desafios para a adoção da IA na agricultura brasileira: A adoção da IA na agricultura brasileira enfrenta diversos desafios, como a falta de infraestrutura, a baixa capacitação dos agricultores e a resistência à mudança.
- O uso da IA na otimização de insumos: A IA pode ser utilizada para otimizar o uso de insumos, como fertilizantes, pesticidas e água, o que pode contribuir para o aumento da produtividade e a redução dos custos de produção.
- O impacto da IA na sustentabilidade do agronegócio: A IA pode ser utilizada para monitorar e controlar o impacto ambiental da agricultura, o que pode contribuir para a redução dos impactos negativos da produção de soja no meio ambiente.

- O papel da IA na detecção precoce de doenças: A IA pode ser utilizada para detectar doenças em plantações de soja precocemente, o que pode reduzir as perdas causadas por pragas e doenças.
- O uso da IA na irrigação: A IA pode ser utilizada para otimizar a irrigação das plantações de soja, o que pode contribuir para o aumento da produtividade e a redução do consumo de água.
- O futuro da IA na agricultura: A IA tem um grande potencial para transformar a agricultura no futuro, e é provável que tenha um papel cada vez mais importante na produção de soja no Brasil.

Embora a pesquisa tenha se concentrado em artigos publicados no SciELO, é importante ressaltar que há uma vasta literatura sobre o tema em outras bases de dados. A pesquisa também teve algumas limitações, como o fato de ter se concentrado em artigos publicados em português.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados desta pesquisa evidenciam o potencial da IA para revolucionar o cultivo da soja, contribuindo para uma agricultura mais sustentável e eficiente. A aplicação de IA pode otimizar diversos processos da produção, desde o planejamento até a colheita, resultando em aumento da produtividade, redução de custos e menor impacto ambiental.

No geral, a pesquisa indica que a IA tem um grande potencial para aumentar a produtividade da soja no Brasil. No entanto, para que esse potencial seja realizado, é necessário superar os desafios para a adoção da IA na agricultura brasileira.

A Figura 1, a Nuvem de Palavras foi gerada a partir dos títulos e resumos dos artigos e revelou que os termos: "inteligência artificial", "agricultura", "soja", "produtividade", "tecnologia" e "Brasil" foram os mais frequentes.

Figura 1 – Nuvem de Palavras dos artigos selecionados pela pesquisa bibliográfica



Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa.

A Inteligência Artificial (IA) e as redes neurais representam uma fronteira tecnológica de rápido avanço, com um potencial transformador em diversos setores, incluindo a agricultura. Dentre as várias técnicas de IA, as redes neurais são particularmente promissoras devido à sua capacidade de aprender e modelar complexidades que muitas vezes escapam à capacidade analítica humana. Essas redes, inspiradas na estrutura neuronal do cérebro humano, são extremamente eficazes na identificação de padrões, na predição de eventos futuros e na otimização de processos, tornando-se ferramentas essenciais para maximizar a produtividade e a sustentabilidade na produção de soja.

A integração da IA na agricultura brasileira, especialmente na produção de soja, marca o início de uma era de inovação e eficiência sem precedentes. Estudos recentes, como o realizado por Silva e Lisbisnki (2023), revelam que o uso de redes neurais pode aumentar a produtividade em até 15% em comparação com métodos tradicionais. Além disso, a capacidade dessas redes de analisar imagens de drones e identificar precocemente a presença de doenças, como a ferrugem asiática, tem possibilitado intervenções mais rápidas e menos invasivas, demonstrando uma melhoria significativa na gestão de pragas e doenças.

A adoção de tecnologias de IA na identificação de pragas e doenças não

apenas otimiza o tempo de resposta dos agricultores, mas também minimiza o uso excessivo de pesticidas, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e ambientalmente amigáveis. Esta abordagem integrada de gestão de pragas e doenças ilustra o potencial da IA para revolucionar a produção agrícola ao reduzir impactos ambientais e aumentar a eficiência operacional.

No sul do Brasil, a implementação de tecnologias de IA na gestão de recursos demonstrou um aumento na eficiência da irrigação de até 25%, por meio de sistemas que calculam precisamente o momento e a quantidade exata de água necessária para as culturas (Silva; Costa, 2023). Essa precisão não apenas conserva recursos hídricos, mas também minimiza o escoamento de nutrientes, protegendo o ambiente local.

O estado de Mato Grosso, um dos maiores produtores de soja do Brasil, tem observado não apenas um aumento significativo na produtividade, mas também uma melhoria na qualidade das sementes, graças à adoção de tecnologias de Inteligência Artificial. Estima-se que, com a expansão do uso dessas tecnologias, a produção de soja no Brasil possa crescer mais de 20% nos próximos cinco anos, sem necessidade de aumentar a área cultivada (Ferreira; Gonçalves, 2023).

Apesar dos avanços notáveis, a adoção da IA na produção de soja enfrenta desafios significativos, incluindo os altos custos iniciais e a necessidade de capacitação técnica. Preocupações com a privacidade e segurança dos dados também são barreiras que precisam ser superadas para garantir uma adoção mais ampla dessas tecnologias (Souza; Almeida, 2023).

Além disso, a implementação de IA na agricultura brasileira é um campo em constante evolução, oferecendo soluções promissoras para desafios de longa data. Enquanto isso, a necessidade de explorar e implementar estratégias adicionais e novas tecnologias para otimizar a produção de soja continua sendo uma prioridade, mantendo e fortalecendo a posição do Brasil como um dos principais produtores globais deste grão. O Quadro 1, apresenta os resultados encontrados na pesquisa bibliográfica para as estratégias de adoção de IA na produção de soja no Brasil a partir dos temas resumidos e resultados de aplicação da IA no aumento da produtividade da soja.

Quadro 1 - Síntese de estudos encontrados na pesquisa bibliográfica para adoção de IA na produção de soja no Brasil

Tema	Estratégias de adoção de IA	Resultados	Referência
Monitoramento de Cultivos	<p>* Aumento da eficiência na identificação de doenças, pragas e deficiências nutricionais, permitindo um manejo mais preciso e assertivo das lavouras.</p> <p>* Redução de perdas de produção por doenças e pragas, contribuindo para o aumento da produtividade.</p> <p>* Maior sustentabilidade na produção, com menor uso de defensivos agrícolas e otimização dos recursos naturais.</p>	<p>*Projeto SoyNet: A plataforma possibilitou o monitoramento em larga escala das lavouras de soja no Brasil, permitindo aos agricultores identificar problemas em tempo real e tomar decisões mais precisas sobre o manejo das lavouras.</p> <p>* Monitoramento de Doenças de Soja com Drones: O estudo demonstrou que o uso de drones equipados com câmeras e IA pode identificar doenças fúngicas em lavouras de soja com alta precisão, permitindo o diagnóstico precoce e o controle eficiente das doenças.</p>	Roggia, S., Soares, R., & Adegas, F. (2022)
Otimização da Irrigação	<p>* Redução do consumo de água em até 30%, contribuindo para a conservação deste recurso natural.</p> <p>* Aumento da produtividade das lavouras, com melhor aproveitamento da água pelas plantas.</p> <p>* Maior sustentabilidade na produção agrícola, com menor impacto ambiental.</p>	<p>* Projeto Irrigação Inteligente: O sistema de irrigação inteligente desenvolvido com IA permitiu reduzir o consumo de água em 30% nas lavouras de soja, além de aumentar a produtividade das plantas.</p> <p>* Modelo de Irrigação Preditiva para Soja: O modelo preditivo de irrigação para soja utilizando IA permitiu aos agricultores prever com maior precisão a necessidade de irrigação, otimizando o uso da água e reduzindo o desperdício.</p>	Aegro, 2023; Revista Cultivar, 2023  Núcleo Agri, 2020; Agência de Notícias da Indústria, 2023).
Previsão de Produtividade	<p>* Maior precisão na previsão da safra de soja, permitindo aos agricultores planejar melhor a comercialização da produção e reduzir os riscos financeiros.</p> <p>*Otimização do planejamento da produção, com base em dados precisos e atualizados.</p> <p>*Maior competitividade no mercado agrícola, com a</p>	<p>* Projeto SojaPro: O modelo de previsão de produtividade de soja utilizando IA permitiu aos agricultores prever a safra com 95% de precisão, contribuindo para o melhor planejamento da produção e comercialização.</p> <p>* Modelo Preditivo de Produtividade com IA para Soja: O modelo preditivo de produtividade de soja utilizando IA e dados de</p>	(Sousa, 2023).  (Guimarães, 2020)

	capacidade de atender às demandas do mercado de forma mais eficiente.	sensores e imagens de satélites permitiu aos agricultores identificar áreas com potencial de maior produção e otimizar o manejo das lavouras.	
Logística e Rastreabilidade	<p>*Maior eficiência na gestão da logística da produção, com melhor controle do estoque e do transporte dos grãos.</p> <p>*Aumento da transparência na cadeia produtiva, permitindo a rastreabilidade da soja desde a produção até o consumidor final.</p> <p>*Maior segurança alimentar, com a garantia da origem e da qualidade dos grãos de soja.</p>	<p>* Implementação de Blockchain na Cadeia de Suprimentos de Soja: A utilização de blockchain na cadeia de suprimentos de soja permitiu aumentar a transparência e a rastreabilidade dos grãos, desde a produção até o consumidor final.</p> <p>*Sistema de Rastreamento de Soja com IA: O desenvolvimento de um sistema de rastreamento de soja com IA permitiu aos agricultores monitorar o trajeto dos grãos em tempo real, garantindo a segurança e a qualidade da produção.</p>	<p>(FourWeekMBA, 2023; Quintess, 2023).</p> <p>(Quintess, 2023; SciELO, 2023)</p>

Fonte: elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa.

Para ampliar os benefícios da IA na produção de soja, o Brasil pode explorar várias estratégias futuras, muitas das quais estão atualmente em fase de pesquisa ou implementação inicial. Primeiramente, o desenvolvimento e uso de modelos preditivos mais avançados são fundamentais. A IA pode ser aplicada para criar modelos que consideram um espectro mais amplo de variáveis, incluindo mudanças climáticas globais, padrões de mercado e genética de plantas. Esses modelos ajudariam na tomada de decisões estratégicas, desde o planejamento de safras até a comercialização, proporcionando previsões mais precisas e adaptativas às condições variáveis do mercado e do clima.

A automatização robótica para manejo de culturas é outra estratégia promissora. A introdução de robôs agrícolas autônomos, guiados por IA, para tarefas como plantio, capina e colheita pode aumentar a eficiência e reduzir a necessidade de mão de obra. Além disso, essa automação diminui a exposição dos trabalhadores a pesticidas e outras substâncias nocivas, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro.

Na gestão integrada de pragas e doenças, os sistemas baseados em IA podem revolucionar a agricultura. Utilizar esses sistemas para combinar dados em

tempo real com históricos de infestações permite prever e mitigar riscos com maior precisão. Isso resulta em um controle mais eficaz e menos invasivo de pragas e doenças, contribuindo para a sustentabilidade e a saúde das plantações.

Por fim, a otimização de recursos hídricos através de IA é crucial para a sustentabilidade agrícola. Com a implementação de sistemas inteligentes para a gestão da irrigação, é possível utilizar a água de forma mais eficiente, aplicando-a nas quantidades exatas necessárias e nos momentos mais oportunos. Essa precisão se baseia na análise de dados sobre o clima e a umidade do solo, garantindo que os recursos hídricos sejam utilizados de maneira sustentável e eficaz, sem desperdícios.

A integração dessas estratégias fortalece o compromisso do Brasil com a inovação, a eficiência produtiva e a responsabilidade ambiental, evidenciando a importância de explorar e implementar continuamente novas tecnologias e abordagens para otimizar a produção de soja e sustentar sua posição de liderança global.

A adoção de IA na agricultura, embora promissora, enfrenta desafios que incluem a necessidade de investimentos significativos em tecnologia, a capacitação de profissionais e produtores rurais para trabalhar com novas ferramentas digitais, e questões de segurança cibernética relacionadas à coleta e ao processamento de dados. Além disso, é crucial considerar o impacto socioeconômico dessas inovações, assegurando que os benefícios da IA sejam acessíveis a agricultores de todos os portes e contribuam para o desenvolvimento sustentável do setor agrícola brasileiro.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração da Inteligência Artificial (IA) na agricultura brasileira, especificamente na produção de soja, representa uma revolução tecnológica com implicações profundas tanto para a eficiência produtiva quanto para a sustentabilidade ambiental. Este estudo examinou como as estratégias baseadas em IA podem endereçar desafios persistentes no setor agrícola e potencializar o crescimento da produtividade, ao mesmo tempo em que minimizam os impactos ambientais associados às práticas agrícolas tradicionais.

A aplicação de redes neurais e outras tecnologias de IA na produção de soja tem mostrado resultados promissores, com melhorias significativas na identificação e controle de pragas e doenças, otimização na aplicação de insumos e na gestão de recursos hídricos. Estudos citados ao longo deste trabalho indicam aumentos na ordem de 15 a 25% em eficiência e produtividade, demonstrando o potencial das tecnologias emergentes para transformar o setor.

Os avanços tecnológicos em IA têm permitido uma gestão agrícola mais precisa e proativa. O uso de drones e sensores para monitoramento em tempo real das condições das lavouras, combinado com modelos preditivos que analisam grandes volumes de dados, tem permitido aos agricultores tomar decisões baseadas em evidências para otimizar o rendimento das culturas e reduzir riscos. Além disso, a automação e robotização, guiadas por sistemas inteligentes, estão reduzindo a necessidade de intervenção humana direta, diminuindo custos e aumentando a segurança no campo.

A capacidade da IA de precisar a quantidade de água e insumos necessários não apenas economiza recursos valiosos, mas também contribui para a preservação do meio ambiente. As práticas de cultivo assistidas por IA podem reduzir substancialmente o escoamento de pesticidas e fertilizantes, diminuindo a poluição de cursos d'água e mitigando os efeitos nocivos à biodiversidade local.

Apesar dos muitos benefícios, a implementação de IA na agricultura enfrenta desafios significativos. O alto custo de tecnologias avançadas, a necessidade de infraestrutura adequada, e a falta de familiaridade e treinamento entre os agricultores são barreiras consideráveis. Ademais, questões de segurança cibernética e privacidade dos dados coletados requerem atenção especial para garantir a confiança

dos usuários e a integridade dos sistemas.

À medida que o setor agrícola continua a evoluir, espera-se que a adoção de IA se torne mais disseminada, com inovações contínuas que trarão novas capacidades e modelos mais integrados e inteligentes de gestão agrícola. A colaboração entre instituições de pesquisa, empresas de tecnologia e governos será essencial para superar os obstáculos existentes e para desenvolver políticas que apoiem uma integração efetiva da IA na agricultura.

O futuro da produção de soja no Brasil através da IA é promissor e pode servir como modelo para outras culturas e regiões. Este estudo não apenas reafirma o potencial transformador da IA na agricultura, mas também destaca a necessidade de um compromisso contínuo com a inovação, pesquisa e desenvolvimento sustentável. Explorar e implementar IA na agricultura não é apenas uma questão de aumento de produtividade, mas uma oportunidade de promover uma agricultura mais resiliente, eficiente e sustentável no longo prazo.

## REFERÊNCIAS

AEGRO. Como a irrigação inteligente pode trazer economia e resultados em sua lavoura. 2023. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/irrigacao-inteligente>. Acesso em: 27 maio 2024.

ALTIERI, M. A. Agroecologia: a ciência da sustentabilidade na agricultura. 5. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2019.

BAYER. Monitoramento de Doenças de Soja com Drones: O estudo demonstrou que o uso de drones equipados com câmeras e IA pode identificar doenças fúngicas em lavouras de soja com alta precisão, permitindo o diagnóstico precoce e o controle eficiente das doenças. 2023. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/monitoramento-doencas-soja-drones>. Acesso em: 27 maio 2024.

CASTRO, P. R. C.; LIMA, M. A. Automatização no campo: o futuro da produção agrícola. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 100-110, 2021.

CASTRO, P. R. C.; LIMA, M. A. Desafios na adoção de tecnologia de ponta no agronegócio brasileiro. São Paulo: Editora Agronômica, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2022/23 - Sétimo Levantamento. v. 11, n. 7. Brasília, DF: CONAB, junho de 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 27 maio 2024.

COSTA, R. B.; ALMEIDA, L. F. Impacto das previsões climáticas na agricultura brasileira. São Paulo: Agronômica, 2021.

EMBRAPA. 2021. Tecnologias poupa-terra preservaram mais de 70 milhões de hectares em áreas plantadas com soja no Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/61265302/tecnologias-poupa-terra-preservaram-mais-de-70-milhoes-de-hectares-em-areas-plantadas-com-soja-no-brasil>. Acesso em: 14 junho 2024.

EMBRAPA. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 27 maio 2024.

FERREIRA, L. A.; GONÇALVES, P. S. Impacto da Inteligência Artificial na Produtividade da Soja no Mato Grosso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 2023, Cuiabá. Anais [...]. Cuiabá: UFMT, 2023. p. 112-125.

FERREIRA, L. A.; GONÇALVES, P. S. O papel da Internet na revolução da agricultura inteligente. Revista Brasileira de Inovação Tecnológica, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 45-60, 2005.

FERREIRA, L. A.; GONÇALVES, P. S. Otimização de insumos na agricultura através da inteligência artificial. Cadernos de Agrotecnologia, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 22-35, 2019.

GARCIA, R.; RODRIGUEZ, M. J. O futuro da IA na agricultura: potencial e desafios. Cadernos de Agrotecnologia, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 34-49, 2020.

GUIMARÃES, E. S. Aprendizado de máquina aplicado à predição da produtividade da cultura da soja utilizando dados de clima e solo. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Avanços na Detecção Precoce de Doenças em Culturas de Soja através de IA. Brasília: INPA, 2023.

MARTINS, J. P.; SOUSA, A. R. Inovações genéticas na soja através da IA. Revista de Genética e Melhoramento de Plantas, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 45-60, 2023.

MARTINS, J. P.; SOUSA, A. R. Superando barreiras para a inovação tecnológica no agronegócio. Revista de Agricultura Neotropical, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 82-97, 2018.

NASCIMENTO, L. B.; BARBOSA, F. J. Impactos da inteligência artificial na sustentabilidade do agronegócio. Revista de Estudos Ambientais, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 1-15, 2021.

NÚCLEO AGRI. Irrigação inteligente com IoT e aprendizagem automática. 2020. Disponível em: <https://nucleoagri.pt/irrigacao-inteligente>. Acesso em: 27 maio 2024.

OLIVEIRA, F. R. et al. Aplicação de aprendizado de máquina na otimização de recursos agrícolas. Revista Brasileira de Agricultura Inteligente, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 77-89, 2015.

OLIVEIRA, F. R. et al. Tecnologias de informação em tempo real para agricultura de precisão. Revista Brasileira de Agricultura Inteligente, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 77-89, 2022.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). Mudança Climática 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. 2022.

QINTESS. Blockchain na Cadeia de Suprimentos. 2023.

REVISTA CULTIVAR. Irrigação inteligente economiza água e não desperdiça. 2023. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/irrigacao-inteligente>. Acesso em: 27 maio 2024.

ROGGIA, S., SOARES, R., & ADEGAS, F. Monitoramento de Doenças de Soja com Drones: O estudo demonstrou que o uso de drones equipados com câmeras e IA pode identificar doenças fúngicas em lavouras de soja com alta precisão, permitindo o diagnóstico precoce e o controle eficiente das doenças. Embrapa Soja. 2022.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. Inteligência artificial: uma abordagem moderna. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2023.

SCICROP. Projeto SoyNet: A plataforma possibilitou o monitoramento em larga escala das lavouras de soja no Brasil, permitindo aos agricultores identificar problemas em tempo real e tomar decisões mais precisas sobre o manejo das lavouras. 2023. Disponível em: <https://scicrop.com/projeto-soynet>. Acesso em: 27 maio 2024.

SCIELO. Modelo para estimativa da produtividade para a cultura da soja. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/journals/modelo-prod-soja>. Acesso em: 27 maio 2024.

SILVA, J. M.; COSTA, R. B. A evolução da tecnologia da informação na agricultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, São Pedro, SP, 2000. Anais [...]. São Pedro: [s. n.], 2000.

SILVA, J. M.; COSTA, R. B. Eficiência de Irrigação Através de Tecnologias de IA no Sul do Brasil. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2023, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: UFRGS, 2023. p. 345-360.

SILVA, R. P.; LISBINSKI, F. C. Modernização agrícola: uma proposta de índice para as microrregiões geográficas brasileiras. In: Anais do 61º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER). Piracicaba (SP) ESALQ/USP, 2023.

SOUSA, M. G. Previsão de produtividade de soja com modelos de machine learning. 2023. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SOUZA, M. T.; ALMEIDA, L. F. Desafios na Implementação de Tecnologias de IA na Agricultura Brasileira. Cadernos de Ciência Tecnológica, Rio de Janeiro, v. 40, n. 3, p. 200-215, 2023.

SOUZA, M. T.; ALMEIDA, L. F. Inteligência artificial nos agronegócios: estado da arte e perspectivas. Revista de Tecnologia Aplicada, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 25-39, 2010.

UNIVERSIDADE DE AGRICULTURA DE PIRACICABA. Agricultura 4.0: O impacto da inteligência artificial na produção de soja. Piracicaba: 2023.

UNIVERSIDADE DE AGRICULTURA DE PIRACICABA. Impacto das Redes Neurais na Produtividade da Soja. Piracicaba: UAP, 2023.