

**APLICAÇÃO DE *DEEP LEARNING* NA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL:
otimização de práticas agrícolas no contexto brasileiro**

***APPLICATION OF DEEP LEARNING IN SUSTAINABLE AGRICULTURE: optimizing
agricultural practices in the brazilian context***

José Guilherme Pandolfi – jgpandolfi@gmail.com

Unesp/FCAV – Câmpus de Jaboticabal – Jaboticabal – São Paulo – Brasil

Adriano dos Reis Lucente – adriano.lucente@unesp.br

Unesp/FCAV – Câmpus de Jaboticabal – Jaboticabal – São Paulo – Brasil

Marcos Alberto Claudio Pandolfi – marcos.pandolfi@fatec.sp.gov.br

Fatec Taquaritinga – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

Marcus Rogerio de Oliveira – marcus.oliveira@fatectq.edu.br

Fatec Taquaritinga – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

Lucas Emanuel Felix – lucas.felix@unesp.br

Unesp/FCAV – Câmpus de Jaboticabal – Jaboticabal – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v21i2.2030

Data de submissão: 20/09/2024

Data do aceite: 23/11/2024

Data da publicação: 20/12/2024

RESUMO

Este artigo aborda a aplicação de *Deep Learning*, um ramo da inteligência artificial que utiliza redes neurais profundas para analisar grandes volumes de dados e aprender padrões complexos, na promoção da agricultura sustentável, analisando suas contribuições e desafios no contexto brasileiro. O objetivo principal é demonstrar como essa tecnologia pode otimizar práticas agrícolas, como a previsão de safras, a detecção de pragas e doenças, e a gestão eficiente de recursos, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 e 13 da ONU. A metodologia utilizada consiste em uma pesquisa qualitativa, com a análise de dados e informações disponíveis em artigos acadêmicos, livros, notícias e portais web institucionais. Os resultados indicam que o *Deep Learning* pode aumentar a precisão das previsões agrícolas, reduzir o uso de pesticidas e otimizar o uso de recursos hídricos e fertilizantes, promovendo práticas mais eficientes e sustentáveis. Conclui-se que a adoção do *Deep Learning* na agricultura brasileira pode ser uma ferramenta eficaz para alcançar objetivos ambientais e sociais, incentivando a inovação e a sustentabilidade. No entanto, é necessário superar desafios relacionados à infraestrutura tecnológica e à qualidade dos dados para maximizar os benefícios dessa tecnologia.

Palavras-chave: inteligência artificial, otimização de insumos, ODS, redes neurais, sustentabilidade.

ABSTRACT

This article addresses the application of Deep Learning, a branch of artificial intelligence that uses deep neural networks to analyze large datasets and identify complex patterns, in promoting sustainable agriculture. It analyzes its contributions and challenges in the Brazilian context. The main objective is to demonstrate how this technology can optimize agricultural practices, such as crop forecasting, pest and disease detection, and efficient resource management, aligning with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) 2 and 13. The methodology used consists of qualitative research, analyzing data and information available in academic articles, books, news, and institutional web portals. The results indicate that Deep Learning can increase the accuracy of agricultural forecasts, reduce pesticide use, and optimize the use of water and fertilizers, promoting more efficient and sustainable practices. It is concluded that the adoption of Deep Learning in Brazilian agriculture can be an effective tool to achieve environmental and social goals, encouraging innovation and sustainability. However, challenges related to technological infrastructure and data quality must be addressed to maximize the benefits of this technology.

Keywords: artificial intelligence, input optimization, neural networks, SDGs, sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos pilares fundamentais da economia brasileira, desempenhando um papel crucial na segurança alimentar e no desenvolvimento socioeconômico do país. No entanto, a crescente demanda por alimentos, aliada aos desafios ambientais, como mudanças climáticas e degradação dos recursos naturais, exige a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis (RAÍZEN, 2024). Nesse contexto, a aplicação de tecnologias avançadas, como o *deep learning*, surge como uma solução promissora para otimizar a produção agrícola e minimizar os impactos ambientais.

O *deep learning*, uma subárea da inteligência artificial, utiliza redes neurais profundas para analisar grandes volumes de dados e extrair padrões complexos. Essa tecnologia tem sido amplamente aplicada em diversos setores, incluindo a agricultura, onde pode ser utilizada para monitorar e otimizar práticas agrícolas, promovendo a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar (IBM, 2024; ORACLE, 2024). No Brasil, a adoção de *deep learning* na agricultura pode contribuir significativamente para a eficiência dos recursos, a redução de desperdícios e a melhoria da produtividade agrícola (COOPATOS, 2024).

A relevância do tema escolhido para este artigo técnico acadêmico reside na necessidade urgente de desenvolver práticas agrícolas que sejam ao mesmo tempo produtivas e sustentáveis. A agricultura sustentável visa atender às necessidades atuais de produção de alimentos sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias

necessidades (TERRA, 2024). Além disso, a aplicação de *deep learning* na agricultura está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente o ODS 2, que busca acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e promover a agricultura sustentável (ONU BRASIL, 2024).

Este artigo tem como objetivo principal explorar a aplicação de técnicas de *deep learning* na agricultura sustentável no contexto brasileiro. Especificamente, busca-se demonstrar como o uso de redes neurais profundas pode otimizar práticas agrícolas, como a previsão de safras, a detecção de pragas e doenças, e a gestão eficiente de recursos hídricos e fertilizantes (ZHANG; WANG; LI, 2024). Além disso, o artigo pretende identificar os principais desafios e limitações na implementação dessas tecnologias no Brasil, bem como propor recomendações para futuras pesquisas e políticas públicas que possam apoiar a adoção de *deep learning* na agricultura brasileira (SILVA, 2024).

As contribuições esperadas deste estudo incluem a geração de conhecimento sobre as aplicações práticas de *deep learning* na agricultura sustentável, a identificação de oportunidades para a melhoria da eficiência e sustentabilidade das práticas agrícolas no Brasil, e o fornecimento de subsídios para a formulação de políticas públicas voltadas para a inovação tecnológica no setor agrícola. Dessa forma, espera-se que este artigo contribua para o avanço da agricultura sustentável no Brasil, promovendo a segurança alimentar e a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Deep Learning

Deep Learning, ou aprendizado profundo, é um subcampo da inteligência artificial (IA) que utiliza redes neurais artificiais com múltiplas camadas para processar grandes volumes de dados e extrair padrões complexos. Essas redes neurais profundas são compostas por várias camadas de nós interconectados, onde cada camada refina e otimiza a previsão ou categorização dos dados (IBM, 2024). A principal diferença entre *deep learning* e outras técnicas de aprendizado de máquina é a profundidade das redes neurais utilizadas, que podem conter centenas ou até milhares de camadas (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2016).

As redes neurais profundas são capazes de realizar tarefas analíticas e físicas sem intervenção humana, o que viabiliza uma ampla gama de aplicações, desde assistentes digitais

até carros autônomos (IBM, 2024). No contexto agrícola, o *deep learning* pode ser utilizado para monitorar e otimizar práticas agrícolas, como a previsão de safras e a detecção de pragas e doenças (ZHANG; WANG; LI, 2024).

2.2 Inteligência Artificial

A inteligência artificial (IA) é um campo da ciência da computação que busca desenvolver sistemas capazes de realizar tarefas que normalmente requerem inteligência humana, como reconhecimento de fala, visão computacional e tomada de decisões (RUSSELL; NORVIG, 2020). A IA pode ser dividida em várias subáreas, incluindo aprendizado de máquina e *deep learning*. O aprendizado de máquina envolve a criação de algoritmos que permitem aos computadores aprenderem a partir de dados, enquanto o *deep learning* é uma técnica específica de aprendizado de máquina que utiliza redes neurais profundas para simular o funcionamento do cérebro humano (IBM, 2024).

A relação entre *deep learning* e inteligência artificial é intrínseca, pois o *deep learning* é uma das técnicas mais avançadas e eficazes dentro do campo da IA. Ele permite que sistemas de IA processem grandes volumes de dados não estruturados e extraiam informações valiosas, o que é essencial para aplicações complexas e de grande escala (ORACLE, 2024).

2.3 Sustentabilidade Ambiental

A sustentabilidade ambiental refere-se à prática de utilizar os recursos naturais de maneira responsável e eficiente, garantindo que as necessidades das gerações atuais sejam atendidas sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades (TERRA, 2024). No contexto agrícola, a sustentabilidade ambiental envolve a adoção de práticas que minimizem o impacto ambiental, como a redução do uso de pesticidas e fertilizantes químicos, a conservação da água e a promoção da biodiversidade (RAÍZEN, 2024).

A aplicação de tecnologias avançadas, como o *deep learning*, pode contribuir significativamente para a sustentabilidade ambiental na agricultura. Por exemplo, técnicas de *deep learning* podem ser utilizadas para monitorar a saúde das plantas, prever a necessidade de irrigação e otimizar o uso de insumos agrícolas, promovendo práticas mais eficientes e sustentáveis (SILVA, 2024).

2.4 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU são um conjunto de 17 metas globais estabelecidas para promover a paz, a prosperidade e a sustentabilidade ambiental até 2030 (ONU BRASIL, 2024). Esses objetivos abrangem uma ampla gama de questões, incluindo a erradicação da pobreza, a promoção da saúde e bem-estar, a educação de qualidade, a igualdade de gênero e a ação climática.

No contexto deste artigo, destaca-se o ODS 2, que visa acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e promover a agricultura sustentável. A aplicação de *deep learning* na agricultura pode contribuir para o alcance desse objetivo, ao otimizar práticas agrícolas e promover a sustentabilidade ambiental (EMBRAPA, 2024). Além disso, a adoção de tecnologias avançadas na agricultura está alinhada com outros ODS, como o ODS 13, que trata da ação contra a mudança global do clima, ao reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar os impactos das mudanças climáticas (UFMG, 2024).

Essa fundamentação teórica estabelece a base para a exploração das aplicações de *deep learning* na agricultura sustentável, destacando a relevância e o potencial dessa tecnologia para promover práticas agrícolas mais eficientes e ambientalmente responsáveis no Brasil.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo técnico acadêmico foi desenvolvido com base em uma pesquisa qualitativa, utilizando exclusivamente dados secundários disponíveis na Internet. Não houve coleta ou uso de dados primários. A pesquisa qualitativa é uma abordagem que permite uma compreensão aprofundada dos fenômenos estudados, através da análise detalhada de textos e documentos (GIL, 2008).

Foi realizada uma análise minuciosa de artigos acadêmicos, livros, notícias, documentos e portais web institucionais de empresas inseridas no segmento de *deep learning* e agricultura sustentável. A escolha por dados secundários se justifica pela vasta quantidade de informações já disponíveis e pela relevância dos estudos previamente realizados sobre o tema (MARCONI; LAKATOS, 2017).

A metodologia científica adotada neste estudo seguiu os princípios de rigor, sistematicidade e lógica, fundamentais para a produção de conhecimento confiável e verificável (GIL, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de técnicas de *deep learning* na agricultura sustentável tem mostrado resultados promissores, especialmente no contexto brasileiro. Este estudo analisou diversas fontes secundárias para identificar as principais contribuições e desafios dessa tecnologia no setor agrícola.

4.1 Previsão de Safras

Uma das aplicações mais significativas do *deep learning* na agricultura é a previsão de safras. Modelos de redes neurais profundas podem analisar grandes volumes de dados meteorológicos, de solo e de cultivo para prever a produtividade das safras com alta precisão. Estudos demonstram que a utilização de *deep learning* pode aumentar a precisão das previsões em comparação com métodos tradicionais (ZHANG; WANG; LI, 2024). No Brasil, essa tecnologia pode ser particularmente útil para agricultores que enfrentam condições climáticas variáveis e imprevisíveis, permitindo um planejamento mais eficiente e a redução de perdas (COOPATOS, 2024).

4.2 Detecção de Pragas e Doenças

Outra aplicação relevante é a detecção de pragas e doenças nas plantações. Técnicas de *deep learning*, como redes neurais convolucionais (CNNs), podem ser utilizadas para analisar imagens de plantas e identificar sinais de infestação ou doenças em estágios iniciais. Isso permite uma intervenção rápida e eficaz, minimizando o uso de pesticidas e reduzindo o impacto ambiental (SILVA, 2024). Estudos de caso no Brasil mostram que a implementação dessas tecnologias pode levar a uma redução significativa no uso de produtos químicos, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis (SYNGENTA, 2024).

4.3 Gestão Eficiente de Recursos

A gestão eficiente de recursos, como água e fertilizantes, é crucial para a sustentabilidade ambiental na agricultura. Modelos de *deep learning* podem ser utilizados para monitorar as condições do solo e prever a necessidade de irrigação e fertilização, otimizando o uso desses recursos (LI; ZHOU; WANG, 2024). No contexto brasileiro, onde a escassez de água é uma preocupação crescente, essa tecnologia pode contribuir para a conservação dos recursos hídricos e a melhoria da produtividade agrícola (RAÍZEN, 2024).

4.4 Desafios e Limitações

Apesar dos benefícios, a implementação de *deep learning* na agricultura brasileira enfrenta alguns desafios. A infraestrutura tecnológica necessária para o treinamento e a implementação de modelos de *deep learning* pode ser um obstáculo, especialmente em áreas rurais com acesso limitado à internet e a equipamentos de alta performance (JOHNSON; LEE, 2024). Além disso, a disponibilidade e a qualidade dos dados são fatores críticos para o sucesso dessas tecnologias. Dados incompletos ou imprecisos podem comprometer a eficácia dos modelos de *deep learning* (SMITH; BROWN, 2024).

4.5 Oportunidades Futuras

As oportunidades para a aplicação de *deep learning* na agricultura sustentável no Brasil são vastas. A integração dessa tecnologia com outras inovações, como a Internet das Coisas (IoT) e a agricultura de precisão, pode potencializar ainda mais os benefícios (IBM, 2024). Além disso, políticas públicas que incentivem a adoção de tecnologias avançadas no setor agrícola podem contribuir para a disseminação e o sucesso dessas práticas (ONU BRASIL, 2024).

4.6 Contribuições para os ODS

A aplicação de *deep learning* na agricultura sustentável está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente o ODS 2, que visa acabar com a fome e promover a agricultura sustentável (EMBRAPA, 2024). Além disso, a otimização do uso de recursos e a redução do impacto ambiental contribuem para o ODS 13, que trata da ação contra a mudança global do clima (UFMG, 2024).

4.7 Estudos de Casos no Brasil

Estudos de casos no Brasil têm demonstrado a eficácia do *deep learning* em diversas aplicações agrícolas. Por exemplo, a utilização de redes neurais para a detecção precoce de doenças em plantações de soja resultou em uma redução significativa no uso de pesticidas e um aumento na produtividade (AGROADVANCE, 2024). Outro estudo destacou a aplicação de *deep learning* na previsão de safras de milho, onde a precisão das previsões permitiu um planejamento mais eficiente e a redução de perdas (BRASIL ESCOLA, 2024).

Além disso, a análise de imagens de satélite utilizando *deep learning* tem sido utilizada para monitorar a saúde das plantações e identificar áreas que necessitam de intervenção, contribuindo para a gestão eficiente dos recursos e a sustentabilidade ambiental (GOOGLE CLOUD, 2024). Esses estudos de caso ilustram o potencial transformador do *deep learning* na agricultura brasileira, promovendo práticas mais eficientes e sustentáveis.

Em resumo, os resultados deste estudo indicam que o *deep learning* tem um potencial significativo para transformar a agricultura brasileira, promovendo práticas mais eficientes e sustentáveis. No entanto, é necessário superar desafios relacionados à infraestrutura e à qualidade dos dados para maximizar os benefícios dessa tecnologia.

4.8 Vantagens e Desvantagens

De maneira a tornar sucinta a visualização das vantagens e desvantagens explicitadas anteriormente, temos:

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens da aplicação de Deep Learning na agricultura sustentável

Aspecto	Vantagens	Desvantagens
Previsão de safras	Alta precisão nas previsões de produtividade agrícola, permitindo planejamento eficiente e redução de perdas.	Dependência de dados precisos e diversificados, que podem ser limitados em algumas regiões brasileiras.
Deteção de pragas e doenças	Identificação precoce de pragas e doenças, reduzindo o uso de pesticidas e o impacto ambiental.	Necessidade de infraestrutura tecnológica avançada para análise de imagens em larga escala.
Gestão de recursos	Otimização do uso de água e fertilizantes, promovendo a conservação de recursos naturais e a sustentabilidade ambiental.	Desafios em integrar sensores e dispositivos IoT com tecnologias de <i>deep learning</i> em áreas rurais.
Contribuições aos ODS	Alinhamento com os ODS 2 e 13 da ONU, promovendo agricultura sustentável e ações climáticas.	Requer políticas públicas e incentivos financeiros para a adoção em larga escala.
Oportunidades futuras	Integração com tecnologias como IoT e agricultura de precisão, ampliando os benefícios tecnológicos.	Barreiras na capacitação técnica de profissionais e agricultores para operar e interpretar os

Aspecto	Vantagens	Desvantagens
Estudos de casos no Brasil	Demonstrações práticas de eficácia, como aumento de produtividade e redução de custos, em diferentes culturas agrícolas.	sistemas. Resultados dependem de acesso a tecnologias e à conectividade, muitas vezes limitada em áreas rurais do Brasil.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que o *deep learning* tem um potencial significativo para transformar a agricultura brasileira, promovendo práticas mais eficientes e sustentáveis.

As técnicas de *deep learning* demonstraram ser eficazes na previsão de safras, permitindo um planejamento agrícola mais preciso e a redução de perdas. A detecção precoce de pragas e doenças através de redes neurais convolucionais mostrou-se uma ferramenta valiosa para minimizar o uso de pesticidas e reduzir o impacto ambiental. Além disso, a gestão eficiente de recursos, como água e fertilizantes, pode ser otimizada com o uso de modelos de *deep learning*, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a conservação dos recursos naturais.

No entanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos, como a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada e a disponibilidade de dados de qualidade. A superação desses obstáculos é crucial para maximizar os benefícios do *deep learning* na agricultura brasileira. Políticas públicas que incentivem a adoção de tecnologias avançadas no setor agrícola podem desempenhar um papel fundamental nesse processo.

A aplicação de *deep learning* na agricultura sustentável está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente o ODS 2, que visa acabar com a fome e promover a agricultura sustentável. Além disso, a otimização do uso de recursos e a redução do impacto ambiental contribuem para o ODS 13, que trata da ação contra a mudança global do clima.

Este estudo buscou contribuir para o avanço do conhecimento sobre a aplicação de *deep learning* na agricultura sustentável, destacando as oportunidades e desafios dessa tecnologia no contexto brasileiro. No entanto, há lacunas no conhecimento atual que precisam ser abordadas em pesquisas futuras.

Pesquisadores interessados em explorar o tema do *deep learning* na agricultura sustentável, no contexto brasileiro, podem considerar as seguintes direções para futuras pesquisas:

- **Infraestrutura Tecnológica:** Investigar soluções para superar as limitações de infraestrutura tecnológica em áreas rurais, incluindo o acesso à internet e a disponibilidade de equipamentos de alta performance.
- **Qualidade dos Dados:** Desenvolver métodos para melhorar a coleta e a qualidade dos dados agrícolas, garantindo que os modelos de *deep learning* possam operar com precisão e eficácia.
- **Impacto Econômico e Social:** Avaliar o impacto econômico e social da adoção de *deep learning* na agricultura, incluindo os benefícios para os pequenos agricultores e as comunidades rurais.
- **Políticas Públicas:** Analisar o papel das políticas públicas na promoção da adoção de tecnologias avançadas no setor agrícola, identificando estratégias eficazes para incentivar a inovação e a sustentabilidade.

Ao abordar essas lacunas e explorar novas direções de pesquisa, espera-se que futuros estudos possam contribuir ainda mais para a transformação da agricultura brasileira, promovendo práticas agrícolas mais eficientes, sustentáveis e resilientes.

REFERÊNCIAS

AGROADVANCE. **Machine learning e deep learning na agricultura**. Agroadvance, 2024. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-machine-learning-deep-learning-agricultura/>. Acesso em: 10 set. 2024.

BRASIL ESCOLA. **Agricultura sustentável: homem e meio ambiente**. Brasil Escola, 2024. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/agricultura-sustentavel-homem-meio-ambiente.htm>. Acesso em: 16 set. 2024.

COOPATOS. **Deep learning na agricultura**. Coopatos, 2024. Disponível em: <https://coopatos.com.br/noticias/120-deep-learning-na-agricultura>. Acesso em: 17 set. 2024.

EMBRAPA. **O que são os ODS**. Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods/o-que-sao-os-ods>. Acesso em: 15 set. 2024.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOOGLE CLOUD. **What is artificial intelligence?** Google Cloud, 2024. Disponível em: <https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence?hl=pt-BR>. Acesso em: 15 set. 2024.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. **Deep learning**. MIT Press, 2016. Disponível em: https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=b06qDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP9&dq=O+que+é+deep+learning&ots=_pBYVQIS0L&sig=2r0YkGEAwv4FqNaANYbrhY9Xzys#v=onepage&q=O+que+é+deep+learning&f=false. Acesso em: 13 set. 2024.

IBM. **O que é deep learning?** IBM, 2024. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/deep-learning>. Acesso em: 14 set. 2024.

IBM. **O que é inteligência artificial?** IBM, 2024. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/artificial-intelligence>. Acesso em: 12 set. 2024.

JOHNSON, M.; LEE, S. **Agricultural sustainability in the age of deep learning: Current trends, challenges, and future trajectories**. ResearchGate, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/374940553_Agricultural_Sustainability_in_the_Age_of_Deep_Learning_Current_Trends_Challenges_and_Future_Trajectories. Acesso em: 17 set. 2024.

LI, H.; ZHOU, G.; WANG, Y. **Applications of deep learning in sustainable agriculture**. Sustainability, v. 14, n. 11, p. 6668, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/11/6668>. Acesso em: 11 set. 2024.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

NG, A. **Multimodal deep learning**. Stanford University, 2011. Disponível em: <https://ai.stanford.edu/~ang/papers/icml11-MultimodalDeepLearning.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

ORACLE. **What is deep learning?** Oracle, 2024. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/artificial-intelligence/machine-learning/what-is-deep-learning/>. Acesso em: 15 set. 2024.

RAÍZEN. **Agricultura sustentável**. Raízen, 2024. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/agricultura-sustentavel>. Acesso em: 16 set. 2024.

RED HAT. **What is deep learning?** Red Hat, 2024. Disponível em: <https://www.redhat.com/pt-br/topics/ai/what-is-deep-learning>. Acesso em: 14 set. 2024.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: A modern approach**. Pearson, 2020. Disponível em: <https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=oDSZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=O+que+é+Inteligência+Artificial&ots=5HhyLdUtQV&sig=QfID5glsACNXF0owqVNfgy2OGZo#v=onepage&q=O+que+é+Inteligência+Artificial&f=false>. Acesso em: 11 set. 2024.

SEJNOWSKI, T. **The *deep learning* revolution**. MIT Press, 2018. Disponível em:

[https://books.google.com/books?hl=pt-](https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=9xZxDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Terrence+Sejnowski+what+is+deep+learning&ots=SIMfS9pzUg&sig=wX3tTWGNTou_D32l1KIDBmmaGLU#v=onepage&q&f=false)

[BR&lr=&id=9xZxDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Terrence+Sejnowski+what+is+deep+learning&ots=SIMfS9pzUg&sig=wX3tTWGNTou_D32l1KIDBmmaGLU#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=9xZxDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Terrence+Sejnowski+what+is+deep+learning&ots=SIMfS9pzUg&sig=wX3tTWGNTou_D32l1KIDBmmaGLU#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 15 set. 2024.

SILVA, R. A. **Detecção de linhas de plantio utilizando *deep learning***. Universidade Federal de Uberlândia, 2024. Disponível em:

https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/39346/1/Deteccao_linhas_plantio.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.

SMITH, J.; BROWN, L. **Deep learning in precision agriculture**. *Agricultural Systems*, v. 202, p. 103-115, 2024. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574954123002467>. Acesso em: 17 set. 2024.

SYNGENTA. **Syngenta Crop Protection e Insilico Medicine usam inteligência artificial para agricultura sustentável**. Syngenta, 2024. Disponível em:

<https://www.syngenta.pt/news/corporativo/syngenta-crop-protection-e-insilico-medicine-usam-inteligencia-artificial-para>. Acesso em: 9 set. 2024.

TERRA. **O que é agricultura sustentável: vantagens e desvantagens**. Terra, 2024.

Disponível em: <https://www.terra.com.br/planeta/o-que-e-agricultura-sustentavel-vantagens-e-desvantagens,2a582a98730e9c9d7160d92572098bb4v45boh8l.html>. Acesso em: 11 set. 2024.

UCLA. **Deep learning applications**. UCLA, 2012. Disponível em:

https://helper.ipam.ucla.edu/publications/gss2012/gss2012_10596.pdf. Acesso em: 10 set. 2024.

UFMG. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. UFMG, 2024. Disponível em:

<https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/os-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 13 set. 2024.

ZHANG, X.; WANG, Y.; LI, J. **Deep learning for sustainable agriculture**. *Sustainable Agriculture*, v. 2, n. 1, p. 123-135, 2024. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sae2.12036>. Acesso em: 14 set. 2024.