

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E  
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA INOVAÇÃO

FERNANDA FERREIRA ALVES

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA  
ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS.**

Porto Velho – RO

2025

FERNANDA FERREIRA ALVES

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA  
ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS.**

Relatório Técnico Conclusivo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação – PROFNIT – Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia De Rondônia.

Orientador (a): Dr<sup>a</sup> Minelly Azevedo da Silva  
Coorientador : Dr. Marcio Rodrigues Miranda

Porto Velho – RO

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Alves, Fernanda Ferreira.

Prospecção tecnológica sobre a aplicação da inteligência artificial no monitoramento de mudas em viveiros / Fernanda Ferreira Alves. - Porto Velho, 2025.  
69 f. : il.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Minelly Azevedo da Silva.  
Coorientador(a): Prof. Dr. Marcio Rodrigues Miranda.

Dissertação (Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação - ProfNIT) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Porto Velho, 2025.

1. Inteligência artificial . 2. Aprendizado de máquina. 3. Visão computacional. 4. Classificação de espécies. 5. Tecnologias emergentes. I. Silva, Minelly Azevedo da (orient.). II. Miranda, Marcio Rodrigues (coorient.). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. IV. Título.

**Bibliotecário(a) Responsável:** Celia Reis Sales, CRB-CRB11/955

FERNANDA FERREIRA ALVES

**PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA  
ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS.**

Relatório Técnico Conclusivo apresentado como  
requisito parcial para obtenção do título de Mestre  
Programa de Pós-Graduação em Propriedade  
Intelectual e Transferência de Tecnologia para  
Inovação – PROFNIT – Instituto Federal De  
Educação, Ciência E Tecnologia De Rondônia

Aprovada em: 30 de Outubro de 2025

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dra. Minelly Azevedo da Silva  
(Orientadora – PROFNIT IFRO)

Prof. Dr. Márcio Teixeira Oliveira  
(Docente do Ponto Focal do PROFNIT IFMS)

Prof. Dr. Kaio Alexandre da Silva  
(Membro do Mercado)

*“When the minute and second hands overlap,  
The world holds its breath for a little while.*

*Zero o’clock.”*

*– BTS, "00:00 (Zero O’Clock)"*

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha filha que é a minha maior motivação de estudo, aos meus pais que sempre acreditaram no meu potencial e ao meu esposo que esteve ao meu lado me motivando durante todo esse árduo caminho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter sido meu alicerce e força em todos os momentos, especialmente nos dias difíceis em que pensei em desistir. Sem Ele, nada disso teria sido possível.

À minha filha Ayla, minha maior motivação e razão para buscar sempre o melhor. Que este trabalho sirva como exemplo de que, com esforço e dedicação, é possível alcançar grandes conquistas.

Aos meus pais, Francisco Oliveira Alves e Maria Auxiliadora Bezerra Ferreira, por acreditarem incondicionalmente em mim e nunca medirem esforços para que eu pudesse estudar. Cada passo meu é também fruto do amor e do apoio de vocês.

Ao meu companheiro, Jhonatan Silva Carvalho, pela paciência, incentivo e parceria constante ao longo desta jornada. Sua presença foi essencial para que eu mantivesse o foco e a determinação.

À minha orientadora, Dra. Minelly Azevedo da Silva, pela orientação atenta, pelas valiosas contribuições e pela confiança em meu trabalho. Sua escuta e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu coorientador, Dr. Márcio Rodrigues Miranda, por suas contribuições valiosas, pela escuta atenta. Sua experiência e dedicação enriqueceram significativamente este trabalho.

À minha amiga e colega de jornada, Carolina Barros Costa, por compartilhar comigo os desafios e conquistas ao longo do mestrado. A caminhada foi mais leve com sua parceria.

Ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência Tecnológica para Inovação – PROFNIT, IFRO – Zona Norte, pelo apoio e incentivo à pesquisa aplicada. Agradeço, em especial, ao auxílio financeiro concedido pelo Edital nº 53/2023/PVZN (Subsídio a Projetos de Pesquisa no Mestrado PROFNIT).

Ao IFRO – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, pela oportunidade de cursar este mestrado, em um programa que valoriza a inovação e o desenvolvimento regional.

À FORTEC – Associação Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia, proponente do PROFNIT junto à CAPES, por fomentar uma rede de formação estratégica e aplicada à realidade brasileira.

Ao PROFNIT, por oferecer uma formação interdisciplinar, conectada às necessidades da sociedade e comprometida com a transferência de tecnologia e a promoção da inovação.

A todos os professores, colegas e profissionais que cruzaram meu caminho durante esta trajetória acadêmica, deixo minha eterna gratidão.

ALVES, Fernanda Ferreira. **Prospecção tecnológica sobre a aplicação da inteligência artificial no monitoramento de mudas em viveiros.** 2024. f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO, Porto Velho – RO, 2024.

## RESUMO

O uso da inteligência artificial (IA) na identificação de espécies vegetais em um viveiro é de suma importância, pois auxilia na otimização dos serviços prestados, ao mesmo tempo em que possibilita a melhoria da qualidade de atendimento aos usuários. Em um viveiro são produzidas, comercializadas e até doadas diversas espécies vegetais (árvores, flores e plantas ornamentais). No entanto, um dos maiores desafios enfrentados por esses locais é a identificação precisa das espécies, o que pode impactar diretamente a qualidade do produto final. A IA apresenta-se como uma solução eficiente nesse processo, utilizando algoritmos de aprendizado de máquina para analisar características específicas das plantas, como formato das folhas, coloração das flores, entre outros aspectos. Esses algoritmos são treinados com uma grande quantidade de imagens e informações sobre as espécies, permitindo que a IA identifique as plantas com precisão. Com a utilização da IA, é possível reduzir consideravelmente o tempo necessário para identificar cada espécie vegetal no viveiro, já que o processo é automatizado, além de fornecer informações adicionais sobre as plantas, como suas características de crescimento, necessidades de cuidado e manejo adequado, o que possibilita um melhor atendimento aos clientes com dúvidas sobre as espécies. Entretanto, muitos viveiros ainda não têm conhecimento sobre as possibilidades de aplicação da IA nesse sentido, o que acaba limitando o potencial de melhoria dos serviços prestados. A IA está sendo cada vez mais utilizada em ambientes de trabalho e desenvolvimento, mas poucos sabem aproveitá-la para aumentar a produtividade e criar uma perspectiva técnica para aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas em viveiros. Desta forma, a proposta consiste na elaboração de um estudo de prospecção tecnológica sobre o uso da IA na identificação de mudas em viveiros. Este, por sua vez, será apresentado ao CES RIOTERRA, com o propósito de demonstrar que investir em pesquisa e desenvolvimento nessa área pode trazer inúmeros benefícios.

Palavras-Chave: Inteligência Artificial; Aprendizado de Máquina; Visão Computacional; Classificação de Espécies; Tecnologias Emergentes.

ALVES, Fernanda Ferreira. **Technological prospecting on the application of artificial intelligence in monitoring seedlings in nurseries.** 2024. f. Course Completion Work (Master's Degree in Intellectual Property and Technology Transfer for Innovation) – Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia – IFRO, Porto Velho – RO, 2024.

### **ABSTRACT**

The use of artificial intelligence (AI) in identifying plant species in a nursery is of paramount importance, as it helps to optimize the services provided, while at the same time enabling the improvement of the quality of service to users. In a nursery, various plant species (trees, flowers and ornamental plants) are produced, sold and even donated. However, one of the biggest challenges faced by these sites is accurate species identification, which can directly impact the quality of the final product. AI presents itself as an efficient solution in this process, using machine learning algorithms to analyze specific characteristics of plants, such as leaf shape, flower color, among other aspects. These algorithms are trained with a large amount of images and species information, allowing the AI to identify plants accurately. Using AI, it is possible to considerably reduce the time needed to identify each plant species in the nursery, as the process is automated, in addition to providing additional information about the plants, such as their growth characteristics, care needs and appropriate management, which allows for better service to customers with questions about the species. However, many nurseries are still unaware of the possibilities of applying AI in this sense, which ends up limiting the potential for improving the services provided. AI is increasingly being used in work and development environments, but few know how to take advantage of it to increase productivity and create a technical perspective for applying artificial intelligence to identify seedlings in nurseries. Therefore, the proposal consists of preparing a technological prospecting study on the use of AI in identifying seedlings in nurseries. This, in turn, will be presented to CES RIOTERRA, with the purpose of demonstrating that investing in research and development in this area can bring numerous benefits.

Keywords: Artificial Intelligence; Machine Learning; Computer Vision; Species Classification; Emerging Technologies.

## SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>2</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>4</b>
3.1 Lacuna preenchida pelo TCC.....	4
3.2 Aderência ao PROFNIT.....	5
3.3 Impacto.....	6
3.4 Aplicabilidade.....	7
3.5 Inovação.....	8
3.6 Complexidade.....	9
<b>4. OBJETIVO.....</b>	<b>9</b>
4.1 Objetivo Geral.....	9
4.2 Objetivos Específicos.....	9
4.2.1 Prospecção.....	9
4.2.2 Principais componentes.....	9
4.2.3 Propor recomendações.....	9
<b>5. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
5.1 Fundamentos de inteligência artificial em agricultura.....	10
5.1.1 Aprendizagem de Máquina e Visão Computacional.....	11
5.2 Tecnologias de identificação de plantas e mudas.....	12
5.3 Prospecção tecnológica e inovação.....	13
5.4 Aplicações práticas.....	15
5.5 Desenvolvimentos futuros e tendências.....	16
<b>6. METODOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
6.1 Revisão exploratória da literatura existente sobre a aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas, identificando estudos relevantes, avanços tecnológicos e tendências recentes.....	18
6.2 Descrição dos principais componentes usados para a identificação de mudas utilizando a inteligência artificial.....	19
6.3 Recomendações práticas para a implementação da inteligência artificial na identificação e catalogação de mudas em viveiros, incluindo estratégias de implantação, seleção de tecnologias e treinamento de pessoal.....	21
6.4 Matriz de Validação/Amarração.....	23
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
7.1 Revisão exploratória da literatura existente sobre a aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas, identificando estudos relevantes, avanços tecnológicos e tendências recentes.....	24
7.2 Descrição dos principais componentes usados para a identificação de mudas utilizando a inteligência artificial.....	25
7.3 Recomendações práticas para a implementação da inteligência artificial na identificação e catalogação de mudas em viveiros, incluindo estratégias de implantação, seleção de tecnologias e treinamento de pessoal.....	29

<b>8. DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>9. IMPACTOS.....</b>	<b>34</b>
<b>10. ENTREGÁVEIS DE ACORDO COM OS PRODUTOS DO TCC.....</b>	<b>38</b>
<b>11. CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>12. PERSPECTIVAS FUTURAS.....</b>	<b>40</b>
<b>13. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO A – Comprovante de publicação de artigo.....</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICE A – Artigo Publicado.....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE B – Artigo Publicado.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE C – Matriz SWOT.....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE D – Modelo de Negócio CANVAS.....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE E – Relatório Técnico-Conclusivo.....</b>	<b>59</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

A Fundação de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia – FAPERÓ foi instituída pela Lei nº 2.528 de 25 de julho de 2011. Vinculada ao Governo do Estado de Rondônia, a principal missão da fundação é promover o desenvolvimento das ações científicas, tecnológicas e de pesquisa em todo o estado. A fundação desempenha atividades como o financiamento de projetos, a disponibilização de recursos técnicos, a orientação e o acompanhamento ao desenvolvimento de pesquisas. A intermediação da FAPERÓ é essencial na facilitação ao acesso a recursos e apoio necessários ao impulsionamento e à excelência das pesquisas, contribuindo com a ampliação do seu potencial e impactos na sociedade (FAPERÓ, 2023 ).

A fundação também atua como um canal entre as entidades de pesquisa e as empresas públicas e privadas para a colaboração de atividades que cooperem tecnicamente para prestação de serviços visando impulsionar a melhoria contínua das pesquisas realizadas no Estado (BORGES, 2011). Nesse contexto, a FAPERÓ desempenha um papel crucial na realização desta proposta em conjunto com o Centro de Estudos da Cultura e do Meio Ambiente da Amazônia – CES RIOTERRA, que mantém uma parceria com o Governo do Estado para o desenvolvimento de pesquisas científicas para o fomento de projetos e políticas públicas que promovam o desenvolvimento e o fortalecimento de setores da chamada Economia Verde em Rondônia (EM RONDÔNIA, 2022).

O CES RIOTERRA, participa de projetos de grande importância no estado de Rondônia e na Amazônia Legal, com destaque para o *Plantar Rondônia*, *Quintais Amazônicos*, *Forestry 4 Us* entre outros, portanto, é necessário investir em pesquisa e desenvolvimento buscando a redução de erros na identificação das espécies, aumentando a produtividade do viveiro e aprimorando as informações disponíveis sobre as mudas doadas (CES RIOTERRA, 2023a; 2023b).

A FAPERÓ facilita a colaboração e fornece o suporte necessário para que as pesquisas conduzidas no Centro de Estudos RIOTERRA alcancem resultados de qualidade e tragam impacto significativo para Rondônia.

O CES RIOTERRA é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP) e uma instituição de Inovação, Ciência e Tecnologia (ICT), fundada em 1999, que tem como foco contribuir para a formação de uma sociedade crítica e consciente, ciente de seu contexto socioeconômico e ambiental na região amazônica, buscando promover um

modelo de desenvolvimento que integre a conservação, sustentabilidade e melhorar a vida das populações locais (CES RIOTERRA, 2023c).

O CES RIOTERRA trabalha em parceria com governos, comunidades locais, setor privado e outras organizações buscando o desenvolvimento e implementação de projetos que abordem questões sociais, econômicas e ambientais.

Todavia a identificação e catalogação das mudas cultivadas no viveiro da CES RIOTERRA, é realizada de forma manual e disponibilizada em um e-book no site do centro. Na maioria das vezes, essa catalogação adota nomes vernaculares para a determinação das espécies, baseando-se no conhecimento empírico dos produtores (Procópio; Seco, 2008).

Tendo em vista as parcerias governamentais e considerando a grande variação de nomes associados a diferentes espécies e que podem mudar conforme região, cultura e uso, a identificação equivocada pode gerar prejuízos econômicos e até comprometimento da conservação da biodiversidade local (Procópio; Seco, 2008), será elaborado um estudo de prospecção tecnológica sobre o uso da IA na identificação de mudas em viveiros.

## **2. INTRODUÇÃO**

A Prospecção Tecnológica é uma abordagem sistemática que visa identificar e mapear avanços científicos e tecnológicos que possam ter um impacto significativo em uma determinada indústria, economia ou sociedade como um todo. É um processo de investigação cuidadoso e estruturado, que busca antecipar tendências e identificar oportunidades emergentes, permitindo uma visão mais abrangente do futuro e auxiliando na tomada de decisões estratégicas (Mayerhoff, 2008; Oliveira; Costa, 2014).

A Amazônia é reconhecida mundialmente por sua rica diversidade de espécies vegetais, muitas das quais ainda desconhecidas pela ciência (Frickmann; Villas Bôas, 2015). Nesse contexto, a aplicação da prospecção tecnológica na identificação e catalogação de espécies vegetais tem se mostrado uma ferramenta importante para a preservação da biodiversidade amazônica. De acordo com Costa (2006), “a inteligência artificial atualmente é um vasto campo de pesquisa”, sendo possível utilizar mais de uma técnica em conjunto para maior eficácia da inteligência artificial – IA nos resultados das pesquisas, uma vez que ao combinar técnicas de uma IA baseada em uma prospecção para identificação de mudas, podem ser aplicadas técnicas de aprendizado de máquina para aprimorar a precisão na identificação das mudas. Além disso, a utilização de algoritmos de processamento de

linguagem natural pode permitir a extração de informações relevantes a partir de documentos científicos e artigos, facilitando a análise e compreensão dos dados relacionados às mudas.

A utilização de redes neurais representa uma abordagem complementar para a identificação e catalogação de mudas em um viveiro. Essas redes podem ser empregadas para a detecção de características visuais das mudas, como forma, cor e textura, contribuindo assim para uma identificação mais precisa. De acordo com Costa (2006), as redes neurais são modelos matemáticos que se inspiram no sistema nervoso biológico, sendo construções relativamente simples. Ao incorporar essa técnica à aplicação da IA no contexto do viveiro de mudas, é possível aprimorar o processo de identificação das mudas, otimizando a eficiência e a precisão dos resultados.

Para realizar um estudo prospectivo sobre o uso da IA na identificação e catalogação de mudas em um viveiro, é imprescindível compreender a estrutura e organização desse ambiente. Segundo Góes (2006), o viveiro de mudas é um local projetado para cultivar plantas de forma cuidadosa, proporcionando condições favoráveis e seguindo critérios técnicos específicos de instalação. O objetivo principal desse ambiente é produzir mudas de alta qualidade, prontas para o transplante em seu local definitivo de plantio. Portanto, ao realizar a prospecção tecnológica no contexto do viveiro, é fundamental considerar as particularidades desse ambiente estruturado, a fim de garantir a aplicabilidade eficaz da IA na identificação e catalogação das mudas.

Além de promover a conservação ambiental, a utilização da IA pode contribuir com a restauração ecológica, fortalecendo os esforços de preservação do ecossistema de Rondônia. Conforme Flores *et al.* (2013), em um país com uma rica biodiversidade como o Brasil, a identificação das plantas pode ser desafiadora. No entanto, ao adotar abordagens tecnológicas, como a prospecção e o uso da IA, torna-se possível melhorar a eficiência e a precisão na identificação das mudas. Dessa forma, a aplicação dessas técnicas contribui não apenas para o manejo sustentável e o plantio adequado das espécies na região, mas também para a conservação ambiental e a restauração ecológica, fortalecendo os esforços de preservação do ecossistema de Rondônia.

A utilização de métodos inovadores, como a prospecção tecnológica e a inteligência artificial, desempenha um papel crucial na garantia da eficácia e precisão da identificação das espécies florestais. Isso é especialmente relevante considerando que, tradicionalmente, a responsabilidade pela identificação em campo recai sobre os viveiristas florestais. De acordo com Procópio; Secco (2008), esses métodos são frequentemente transmitidos por meio de ensinamentos passados de geração em geração, o que pode resultar em identificações

equivocadas caso não seja realizada uma coleta botânica para verificação. Portanto, a introdução de novas abordagens tecnológicas, como a prospecção e a inteligência artificial, trazem inovação para essa metodologia, permitindo aprimorar a precisão e minimizar os riscos de identificações incorretas.

De acordo com Pornpanomchai *et al.* (2011), a diversidade de plantas no mundo abrange aproximadamente 250 a 270 espécies, o que torna extremamente desafiador para as pessoas reconhecê-las individualmente. Diante dessa dificuldade, surge a necessidade de buscar tecnologias que possam solucionar essa problemática, e é exatamente nesse contexto que a IA proposta nesta pesquisa desempenha um papel crucial. Através do uso de técnicas avançadas de processamento de dados e aprendizado de máquina, a IA tem o potencial de superar essa limitação, fornecendo uma abordagem inovadora para a identificação automatizada de espécies de plantas, oferecendo uma solução promissora para enfrentar esse desafio.

Com base na necessidade de avançar no campo da identificação de mudas em viveiros, este estudo tem como propósito realizar uma análise prospectiva sobre a aplicação da IA nesse processo. Para alcançar esse objetivo, serão conduzidas pesquisas minuciosas em diversas fontes de informação, abrangendo bancos de dados de patentes e revisões científicas. Essa abordagem sistemática permitirá a identificação e o mapeamento de tecnologias inovadoras, proporcionando uma visão abrangente das possibilidades da IA na identificação de mudas, contribuindo assim para o avanço e aprimoramento desse campo de estudo.

### **3. JUSTIFICATIVA**

#### **3.1 Lacuna preenchida pelo TCC**

A utilização da inteligência artificial na identificação de mudas florestais oferece uma série de benefícios, como a melhoria da eficiência e precisão do processo de identificação, o que é crucial para o manejo sustentável e o plantio adequado das espécies na região. No entanto, o desenvolvimento e a aplicação prática dessas tecnologias requerem um conhecimento aprofundado das técnicas de inteligência artificial, bem como uma compreensão das características específicas das mudas florestais.

É nesse contexto que a prospecção tecnológica desempenha um papel crucial. Ela permite identificar as tecnologias mais promissoras e relevantes para a identificação de mudas florestais, bem como as demandas específicas da FAPERÓ e do CES RIOTERRA. Através da análise de tendências, busca de patentes, revisão de literatura científica e mapeamento de

especialistas e empresas, a prospecção tecnológica ajuda a identificar soluções inovadoras e a estabelecer parcerias estratégicas para impulsionar a pesquisa e o desenvolvimento nessa área.

Ao preencher essa lacuna, a prospecção tecnológica pode oferecer subsídios a FAPERO e ao CES RIOTERRA, permitindo que essas instituições tenham uma visão abrangente do estado da arte sobre a inteligência artificial na identificação e catalogação de mudas florestais. Isso possibilitará a tomada de decisões sobre investimentos, alocação de recursos e direcionamento das atividades de pesquisa, contribuindo para a melhor prestação de serviços pelo CES RIOTERRA, avanço científico, a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável da região

Portanto, a prospecção tecnológica impulsiona a adoção de tecnologias inovadoras, como a inteligência artificial, na identificação de mudas florestais. Isso otimiza o processo de identificação, facilita a catalogação e cria uma base de dados valiosa para estudos futuros. Além disso, a integração da inteligência artificial promove uma gestão sustentável dos recursos naturais, contribuindo para a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento sustentável. Essa abordagem inovadora não só impulsionará a produtividade e a qualidade dos serviços oferecidos pelo CES RIOTERRA, mas também estabelecerá um exemplo de boas práticas para outros centros de estudos e viveiros, promovendo a disseminação e adoção de tecnologias de ponta na identificação de mudas florestais em todo o país.

### 3.2 Aderência ao PROFNIT

A prospecção tecnológica na aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas em viveiros está alinhada aos objetivos e princípios do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT). Muitos viveiros, inclusive aqueles que demonstram interesse na tecnologia, ainda têm conhecimento limitado sobre as possibilidades de aplicação da IA para identificação e catalogação de espécies, o que restringe seu potencial de aprimoramento dos serviços.

Ao realizar a prospecção tecnológica, é possível identificar e analisar soluções inovadoras de IA como softwares, algoritmos e modelos preditivos que podem ser desenvolvidos para essa aplicação específica. Esses ativos intelectuais, que englobam desde métodos computacionais até sistemas integrados de gestão, são suscetíveis de proteção por meio de direitos autorais e patentes, fortalecendo o valor tecnológico e o diferencial competitivo dos viveiros. A análise de sua aplicabilidade, eficácia e proteção legal promove um ambiente propício à inovação, incentivando a criação de novos produtos e processos tecnológicos no setor.

O caráter interdisciplinar do PROFNIT, que integra conhecimentos de Tecnologia da Informação, Engenharia Florestal, Inovação e Gestão Tecnológica, está refletido nesse estudo. Essa convergência permite uma abordagem holística e inovadora para a prospecção tecnológica, combinando expertise em desenvolvimento de sistemas inteligentes, manejo florestal sustentável e estratégias de proteção e transferência tecnológica. Assim, o trabalho contribui para o fortalecimento das capacidades locais e o avanço da bioeconomia, além de fomentar o desenvolvimento sustentável por meio da inovação orientada à propriedade intelectual.

Portanto, a prospecção tecnológica da IA para identificação de mudas em viveiros proporciona a geração de ativos intelectuais relevantes, incluindo softwares especializados, modelos de IA exclusivos e metodologias passíveis de proteção legal. Essa estratégia reforça a transferência de tecnologia, estimula a inovação e apoia a sustentabilidade do setor, alinhando-se plenamente com a missão interdisciplinar do PROFNIT e seus princípios de promoção da propriedade intelectual e inovação tecnológica.

### 3.3 Impacto

A IA é uma ferramenta cada vez mais importante em ambientes de trabalho e desenvolvimento, com potencial para transformar não apenas processos operacionais, mas também gerar impactos sociais, ambientais e econômicos mais amplos. No contexto da identificação de mudas em viveiros, a adoção da IA vai além do aumento da produtividade, podendo fomentar cadeias produtivas da bioeconomia e contribuir para o desenvolvimento sustentável das comunidades.

A aplicação da IA na identificação de mudas em viveiros oferece benefícios significativos. Por meio da automação do processo, é possível reduzir consideravelmente o tempo necessário para identificar cada espécie. Além disso, a IA pode fornecer informações adicionais sobre as plantas, como suas características de crescimento e as necessidades específicas de cuidado e manejo adequado. Essa tecnologia, ao ser incorporada, também abre caminho para a formação de profissionais locais, capacitando-os no uso e manutenção de sistemas inteligentes e contribuindo para o fortalecimento econômico e social da região.

Ao implementar a IA na identificação de mudas, os viveiros podem otimizar suas operações, aumentando a produtividade e a eficiência. A capacidade de processar grandes volumes de dados e identificar padrões e características específicas de cada espécie é uma vantagem significativa que a IA proporciona. Isso possibilita uma melhor organização e gestão das mudas no viveiro, além de facilitar o acompanhamento do crescimento e

desenvolvimento das plantas ao longo do tempo. Essas melhorias fortalecem as cadeias de bioeconomia, integrando práticas sustentáveis e tecnologias inovadoras na produção e comercialização de mudas.

Além disso, a adoção da inteligência artificial está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030. Em especial, contribui para o “ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura” ao promover a inovação tecnológica em setores produtivos tradicionais e impulsionar a infraestrutura inteligente nos viveiros. Também apoia o “ODS 15 – Vida Terrestre” ao garantir o manejo sustentável dos ecossistemas terrestres, promovendo a conservação, restauração e uso sustentável da biodiversidade das plantas.

Portanto, ao explorar as possibilidades da IA na identificação de mudas em viveiros, os profissionais terão uma visão clara do potencial dessa tecnologia para aprimorar as atividades desenvolvidas, fomentar cadeias produtivas da bioeconomia e capacitar a mão de obra local. O aproveitamento da IA resulta em benefícios tangíveis, como a redução do tempo de identificação, o fornecimento de informações adicionais, a melhoria da qualidade dos serviços e o fortalecimento do desenvolvimento sustentável. Assim, os viveiros podem impulsionar sua produtividade, oferecer serviços de maior qualidade e confiança aos clientes e contribuir para uma economia mais inovadora e ambientalmente responsável.

### 3.4 Aplicabilidade

A utilização da IA traz benefícios significativos para a identificação de espécies florestais em viveiros, permitindo uma redução considerável no tempo necessário para esse processo. A automação proporcionada pela IA agiliza a identificação, tornando-o mais eficiente e preciso.

Além disso, a IA pode oferecer informações adicionais valiosas sobre as plantas, como suas características de crescimento, cuidados específicos e manejo adequado. Essas informações aprimoram a capacidade de atendimento aos usuários, que podem obter respostas mais completas e detalhadas sobre os produtos e suas necessidades.

Através do estudo de prospecção, o Centro terá um panorama abrangente sobre como a IA pode ser aplicada no viveiro, resultando em melhorias nas atividades desenvolvidas. O estudo permitirá identificar as melhores práticas e soluções tecnológicas disponíveis, bem como explorar casos de sucesso e experiências relevantes na aplicação da IA em situações similares.

Com esse conhecimento, o Centro terá uma base sólida para implementar a IA de forma adequada e eficiente no viveiro, considerando suas necessidades e objetivos

específicos. Isso possibilitará otimizar as operações, aumentar a produtividade e oferecer um serviço de maior qualidade aos usuários.

Em resumo, a utilização da IA na identificação de espécies florestais em viveiros proporciona vantagens como a redução de tempo, informações detalhadas sobre as plantas e melhor atendimento aos usuários. Através do estudo de prospecção, o Centro poderá aproveitar esses benefícios, obtendo um panorama abrangente sobre como aplicar a IA de forma aprimorar as atividades desenvolvidas no viveiro.

### 3.5 Inovação

A inovação na prospecção tecnológica para aplicação da IA na identificação de mudas em viveiros se destaca não apenas pela melhora da eficiência do processo, mas também pelo desenvolvimento de soluções inéditas específicas para o contexto regional e para espécies nativas.

Por exemplo, no viveiro CES Rioterra, em caráter prospectivo, a aplicação de uma CNN treinada com imagens regionais de mudas nativas poderia automatizar a identificação das espécies com alta precisão, diferentemente das soluções genéricas hoje disponíveis no Brasil. Espera-se que, com essa tecnologia, o tempo de identificação seja reduzido em até 70%, aumentando a assertividade no manejo correto. Recomenda-se a adoção da integração dessa CNN com um aplicativo móvel que permita o cadastro e monitoramento em tempo real das mudas, facilitando a gestão e o acompanhamento do crescimento.

O diferencial da abordagem proposta reside na utilização de CNNs treinadas especificamente com imagens regionais de mudas nativas, algo pouco explorado nacionalmente. Essa adaptação promove um reconhecimento mais preciso, considerando variações locais de características visuais das plantas que outras pesquisas não contemplam. Além disso, a integração com ferramentas digitais, como apps para viveiros, é um avanço que potencializa a transferência de tecnologia e a acessibilidade da IA para usuários locais, alinhando-se aos objetivos do PROFNIT de promover inovação e desenvolvimento sustentável.

Assim, a proposta vai além das soluções já existentes ao combinar técnicas avançadas de visão computacional, treinamento com dados específicos do bioma local e integração prática via aplicativos, oferecendo uma solução de identificação inteligente, customizada e que fortalece a bioeconomia regional. Essa inovação inédita traz benefícios tangíveis para a gestão do viveiro, promovendo maior eficiência, precisão e sustentabilidade no manejo das mudas.

### 3.6 Complexidade

A prospecção tecnológica da aplicação da IA na identificação de mudas em viveiros é um processo complexo que envolve a coleta minuciosa de informações de diversas fontes, como artigos científicos, documentos técnicos e patentes. Para obter uma visão abrangente das tecnologias existentes, é necessária uma busca detalhada em bases de dados especializadas, como ORBIT e ESPACENET, entre outros.

Além da coleta de dados, a prospecção tecnológica requer uma análise cuidadosa dos resultados para compreender a tecnologia em questão. Essa análise inclui a elaboração de um relatório técnico coerente, seguindo uma sequência lógica e considerando as regulamentações éticas aplicáveis.

Portanto, a prospecção tecnológica da aplicação da IA na identificação de mudas em viveiros demanda uma abordagem sistemática, pesquisa abrangente e análise cuidadosa. É fundamental elaborar um relatório técnico de qualidade para fornecer informações relevantes e orientações práticas ao Centro de Estudos.

## 4. OBJETIVO

### 4.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo prospectivo sobre a utilização da Inteligência Artificial na identificação de mudas em viveiros.

### 4.2 Objetivos Específicos

#### 4.2.1 *Prospecção*

Revisar a literatura existente sobre a aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas, identificando estudos relevantes, avanços tecnológicos e tendências recentes.

#### 4.2.2 *Principais componentes*

Descrever os principais componentes usados para a identificação de mudas utilizando a inteligência artificial.

#### 4.2.3 *Propor recomendações*

Propor recomendações práticas para a implementação da inteligência artificial na identificação e catalogação de mudas em viveiros, incluindo estratégias de implantação, seleção de tecnologias e treinamento de pessoal.

## 5. REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1 Fundamentos de inteligência artificial em agricultura

A inteligência artificial (IA) surgiu como um campo distinto de pesquisa na década de 1950, embora suas raízes conceituais possam ser traçadas até períodos anteriores (Russell & Norvig, 2010). Historicamente, a IA foi formalmente nomeada durante a Dartmouth College Conference em 1956, organizada por John McCarthy, que reuniu cientistas de diversas disciplinas para discutir a possibilidade de criar máquinas capazes de simular aspectos da inteligência humana (Sichman, 2021). Desde então, a IA evoluiu por meio de avanços em lógica simbólica, redes neurais, aprendizado de máquina e aprendizado profundo, permitindo que sistemas computacionais realizem tarefas complexas de reconhecimento, análise e tomada de decisão (Barbosa & Bezerra, 2020; Monard & Baranauskas, 2000).

Na agricultura, a IA tem sido aplicada para otimizar processos e apoiar a tomada de decisão em diferentes escalas, desde grandes lavouras até viveiros especializados (Liakos et al., 2018; Kamilaris; Prenafeta-Boldú, 2018). Um foco importante é a análise e interpretação de grandes volumes de dados, incluindo informações sobre solo, clima e crescimento das plantas, permitindo decisões mais precisas e eficientes (Dos Santos et al., 2021). Técnicas de aprendizado de máquina são utilizadas para identificar padrões complexos, prever problemas potenciais e recomendar práticas de manejo adequadas.

Um aspecto particularmente relevante da IA em viveiros e fitotecnia é a visão computacional, que permite o monitoramento detalhado das mudas e do ambiente de cultivo (Labriogli et al., 2022). Imagens capturadas por drones, câmeras digitais ou sensores hiperespectrais são analisadas por algoritmos avançados para identificar espécies, detectar doenças e avaliar a qualidade das plantas (Labriogli et al., 2022). Essa abordagem facilita a aplicação da agricultura de precisão, permitindo intervenções específicas somente onde são necessárias, otimizando recursos como água e fertilizantes e minimizando impactos ambientais (Colaço et al., 2020).

Além disso, a automação e a robótica têm ampliado o potencial da IA em viveiros. Robôs autônomos e sistemas de classificação automatizada podem realizar tarefas como seleção de mudas, monitoramento do crescimento e aplicação de nutrientes de forma mais eficiente e menos laboriosa (Leme, 2021; Hackenhaar *et al.*, 2014). Essas tecnologias aumentam a produtividade, reduzem erros humanos e contribuem para a sustentabilidade na

produção de mudas, sendo especialmente importantes para programas de restauração ecológica e preservação de espécies nativas.

Dessa forma, a IA representa uma ferramenta estratégica para a agricultura moderna e, especificamente, para a identificação e manejo de mudas em viveiros, combinando análise de dados, visão computacional e automação para aumentar a eficiência, a precisão e a sustentabilidade da produção vegetal (Liakos et al., 2018).

#### *5.1.1 Aprendizagem de Máquina e Visão Computacional*

A IA é um campo amplo e multidisciplinar que se desdobra em diversas subáreas voltadas à reprodução de diferentes aspectos da cognição humana por meio de algoritmos e modelos computacionais. Entre as principais subdivisões, destacam-se a Aprendizagem de Máquina e a Visão Computacional, que desempenham papel fundamental na agricultura digital e, de forma especial, na identificação de mudas em viveiros.

A aprendizagem de máquina é o ramo da IA que possibilita aos sistemas aprenderem e melhorarem automaticamente com base em dados, sem serem explicitamente programados para executar cada tarefa (Mitchell, 1997; Russell; Norvig, 2010). Nessa abordagem, os algoritmos são treinados com conjuntos de exemplos que permitem reconhecer padrões e realizar previsões ou classificações. O aprendizado pode ocorrer de forma supervisionada, quando os dados possuem rótulos conhecidos, como o nome da espécie da muda, e a não supervisionada, quando o sistema identifica agrupamentos e regularidades em dados não rotulados; ou por reforço, em que o algoritmo aprende por meio da interação com o ambiente, buscando maximizar recompensas com base em suas ações (Kim, 2016).

Entre os métodos mais avançados de aprendizagem de máquina está o aprendizado profundo, que utiliza redes neurais artificiais com múltiplas camadas. Essas redes são capazes de extrair automaticamente características complexas dos dados de entrada, dispensando a necessidade de engenharia manual de atributos (Lecun; Bengio; Hinton, 2015). As redes neurais convolucionais (CNNs) destacam-se nesse contexto por sua eficácia em tarefas de reconhecimento de imagens, sendo amplamente empregadas na classificação e monitoramento de mudas, pela capacidade de detectar padrões de forma, textura e cor nas folhas e caules (Leme, 2021).

A visão computacional, por sua vez, é uma área que busca capacitar computadores a interpretar e compreender informações visuais do ambiente (Viana, 2009). Ela combina técnicas de processamento digital de imagens, geometria computacional e aprendizado de máquina para identificar e classificar objetos em fotografias, vídeos ou fluxos contínuos de imagens. Na agricultura e na silvicultura, essa tecnologia permite identificar automaticamente

espécies vegetais, detectar doenças e monitorar o desenvolvimento das plantas em diferentes estágios (Prado, 2021).

A integração entre a aprendizagem de máquina e a visão computacional tem revolucionado o manejo de viveiros e sistemas agrícolas, permitindo a criação de modelos capazes de processar grandes volumes de imagens e gerar classificações automáticas com elevada acurácia. Essa sinergia reduz erros humanos, otimiza o tempo de análise e oferece uma ferramenta poderosa para a gestão inteligente de mudas, promovendo maior sustentabilidade e eficiência na produção vegetal – especialmente em iniciativas voltadas à conservação ambiental e à restauração ecológica na Amazônia.

## 5.2 Tecnologias de identificação de plantas e mudas

A identificação precisa de plantas e mudas é uma área de crescente relevância, especialmente devido à sua importância para a preservação ambiental e a restauração ecológica (Monteiro, 2001; Guarino *et al.*, 2023). Métodos tradicionais, como a análise morfológica manual, são eficazes, mas podem ser lentos e sujeitos a erros humanos (Jin *et al.* 2021). Com os avanços tecnológicos, métodos baseados em IA, como visão computacional e aprendizado de máquina, têm revolucionado esse campo, permitindo análises rápidas e precisas, mesmo diante de grandes volumes de dados (Abrantes; Guedes, 2024).

No Brasil, pesquisas recentes ilustram a aplicação efetiva dessas inovações em viveiros florestais. Por exemplo, o estudo de Leme (2021) aplicou CNNs para classificar imagens de mudas de pau d’alho (*Galesia integrifolia*) e ipê-verde (*Cybistax antisiphilitica*), obtendo uma acurácia média de 96,84%. Esse trabalho utilizou câmeras convencionais para capturar imagens padronizadas e empregou bibliotecas *Python* como *TensorFlow* e *Keras* para o treinamento do modelo, com validação por *10-fold cross validation*, demonstrando alta robustez e aplicabilidade prática nesses sistemas (Leme, 2021).

Outro estudo relevante conduzido por Fernandes et al. (2022) empregou sensores multiespectrais embarcados em drones para monitorar viveiros de *Eucalyptus saligna* no sul do Brasil. Utilizando o algoritmo Random Forest, a pesquisa atingiu mais de 95% de precisão na identificação da espécie, destacando o papel de imagens capturadas pelo sensor Parrot Sequoia em múltiplas bandas espectrais. Essa abordagem permite o monitoramento detalhado do vigor e da saúde das mudas, facilitando intervenções precisas e eficientes no manejo florestal Fernandes et al. (2022).

Essas tecnologias baseiam-se principalmente na visão computacional, que utiliza câmeras e sensores avançados para captar imagens detalhadas das plantas, analisadas posteriormente por algoritmos especializados para reconhecer características específicas, como formatos foliares e padrões de coloração (Sette, 2009). Complementarmente, o aprendizado de máquina potencializa esse processo, ao treinar esses algoritmos com vastos bancos de dados, aumentando a precisão mesmo em condições desafiadoras, como variações na iluminação ou danos foliares (Ludermir, 2021; Araújo, 2021).

Além disso, sistemas inteligentes equipados com sensores são capazes de identificar automaticamente mudas com crescimento atípico ou doenças nos viveiros, possibilitando intervenções rápidas e minimizando perdas (Leme, 2021). Tecnologias emergentes como drones e robôs móveis com câmeras integradas são cada vez mais frequentes na inspeção de grandes áreas, aumentando a eficiência operacional nesses ambientes (Furquim et al., 2023; Belo Junior, 2023).

A rastreabilidade das mudas também é beneficiada por sistemas baseados em IA, que associam informações geográficas e ambientais a cada planta, gerando bancos de dados que auxiliam no monitoramento do crescimento e no planejamento de ações futuras. Esse gerenciamento aprimorado favorece práticas sustentáveis essenciais em projetos de reflorestamento (Cardoso et al., 2023; Silva Neto, 2023).

Portanto, ao conectar visão computacional, aprendizado de máquina e dispositivos avançados, essas tecnologias estão revolucionando o manejo de viveiros, impulsionando a pesquisa, a conservação e a sustentabilidade ambiental no Brasil.

### 5.3 Prospecção tecnológica e inovação

A prospecção tecnológica é uma metodologia estratégica que envolve a identificação e análise de avanços tecnológicos para prever inovações futuras e orientar decisões (Kupfer; Tigre, 2004). No contexto da produção de mudas, ela se torna uma ferramenta essencial para antecipar e desenvolver soluções que garantam a qualidade, a automação e a sustentabilidade dos viveiros florestais e agrícolas (Teixeira, 2013). Este processo permite mapear o estado da arte e identificar lacunas e oportunidades para novas tecnologias.

A análise de patentes, por exemplo, é um indicador robusto do avanço tecnológico. Utilizando bases de dados como o Espacenet (Escritório Europeu de Patentes) e o INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), é possível identificar o direcionamento das inovações. Um exemplo concreto é a patente CN118196527A, que descreve um "Método de classificação de imagens de mudas de plantas baseado na busca de arquitetura de rede neural

MFC)". A tecnologia reivindicada emprega um modelo de rede neural convolucional, projetado automaticamente por meio de busca de arquitetura, para classificar imagens de mudas em viveiros. Esse processo permite identificar automaticamente diferentes categorias de plantas com base em vigor, saúde e estágio de crescimento, garantindo maior precisão em comparação com modelos tradicionais. A solução evidencia uma aplicação direta da IA para apoiar a gestão de viveiros, otimizando a seleção, o manejo e a expedição de mudas de forma mais eficiente e sustentável.

A inovação no setor de mudas tem sido amplamente impulsionada pela IA, que otimiza desde a germinação até a expedição (Casarotto et al., 2022). A prospecção não se limita a patentes; o registro de programas de computador é outro forte indicativo de inovação aplicada. Um exemplo relevante é o software SilviScan, Registro INPI BR512025002761-3, desenvolvido para apoiar atividades de viveiristas e projetos de reflorestamento. O sistema é capaz de identificar mudas plantadas, classificar sua condição (sadia ou não), detectar covas vazias e avaliar o alinhamento do plantio, demonstrando o potencial da IA em transformar práticas silviculturais em soluções tecnológicas de impacto.

No campo da agricultura de precisão aplicada a viveiros, a IA e a prospecção se complementam. Tecnologias emergentes, identificadas através do mapeamento de tendências, combinam sensores, drones e algoritmos para monitorar variáveis como umidade do substrato, níveis de nutrientes e incidência de doenças em nível de plântula (Ferreira et al., 2024). Uma patente de inovação nesta área CN115512160AA, a invenção descreve um dispositivo e método para monitorar a qualidade de mudas usando imagens RGB e curvas espectrais do infravermelho próximo. O sistema captura características das folhas, como tamanho, comprimento da nervura e áreas afetadas, processa esses dados e os classifica em um modelo preditivo para determinar a condição das mudas. A solução permite operação automatizada, redução de custos, montagem simplificada do hardware e integração com aplicativos móveis e plataformas web, aprimorando a velocidade e eficiência do processo de avaliação.

A combinação da prospecção tecnológica com o desenvolvimento de inovações em IA está, portanto, transformando a produção de mudas. A análise de ativos de propriedade industrial, como patentes e softwares, não só valida a relevância e a viabilidade da aplicação da IA neste campo, mas também aponta para um futuro com viveiros mais automatizados, eficientes e sustentáveis (Saraiva et al., 2024). Este mapeamento é crucial para direcionar investimentos em P&D e garantir que as soluções desenvolvidas atendam às demandas reais do setor produtivo.

#### 5.4 Aplicações práticas

A aplicação da IA em viveiros tem sido explorada em diversos estudos que demonstram seu potencial para transformar práticas tradicionais. Esses estudos destacam como a IA tem sido utilizada para melhorar a identificação de mudas, monitorar o crescimento e detectar problemas precocemente, como doenças ou deficiências nutricionais (Leme, 2021; Moneva Viveiros et al., 2023). Por meio de sensores, câmeras e algoritmos avançados, essas tecnologias automatizam processos e reduzem a dependência de inspeções manuais, tradicionalmente demoradas e suscetíveis a erros.

Um exemplo relevante é o uso de visão computacional para identificar mudas com base em características como formato, cor e textura das folhas (Sá Junior, 2008; Bao; Bambil, 2021). Viveiros que adotaram sistemas de IA equipados com redes neurais convolucionais relataram ganhos expressivos em eficiência. Esses sistemas conseguem analisar milhares de mudas por hora, garantindo uma identificação mais rápida e precisa, além de gerar relatórios detalhados que auxiliam no manejo das plantas (Leme, 2021).

O impacto dessas tecnologias na eficiência operacional é evidente em estudos que analisaram viveiros de grande escala. A automação de tarefas como triagem e classificação de mudas resultou na redução de custos com mão de obra e no aumento da capacidade produtiva (Leme, 2021; Martins, 2017). Além disso, o uso de algoritmos de aprendizado de máquina para prever o desempenho das mudas em diferentes condições ambientais tem permitido aos viveiros ajustar suas práticas de cultivo para maximizar o sucesso do plantio (Leme, 2021; Guarnizo, 2021).

A adoção da IA também tem promovido maior precisão na detecção de problemas. Sistemas baseados em IA conseguem identificar sinais precoces de doenças ou estresses ambientais, muitas vezes imperceptíveis a olho nu (Guilherme; Silva; Florian, 2024). Isso permite intervenções rápidas e direcionadas, reduzindo perdas e melhorando a qualidade das mudas produzidas. Por exemplo, sensores combinados com aprendizado de máquina têm sido usados para monitorar níveis de umidade do solo e nutrientes em tempo real, otimizando o uso de recursos.

Outro impacto significativo é a redução de custos operacionais a longo prazo. Embora a implementação inicial de tecnologias de IA possa ser considerada um investimento elevado, estudos demonstram que o retorno financeiro ocorre rapidamente devido à redução de

desperdícios, aumento da produtividade e menor incidência de perdas (Guilherme; Silva; Florian, 2024; Coelho, 2024).

Além do impacto nos viveiros, estudos de caso destacam os benefícios ambientais da aplicação de IA. A otimização do uso de água, fertilizantes e outros insumos contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis e menos impactantes ao meio ambiente (Russo, 2020). Isso é particularmente relevante em regiões como a Amazônia, onde a conservação de recursos naturais é uma prioridade para iniciativas de reflorestamento e restauração ecológica.

Assim, as aplicações práticas de IA em viveiros demonstram como a tecnologia pode transformar o setor agrícola, promovendo ganhos em eficiência, precisão e sustentabilidade. Esses estudos de caso não apenas validam os benefícios da IA, mas também destacam seu potencial para enfrentar os desafios globais na produção agrícola e na preservação ambiental, contribuindo para um futuro mais equilibrado entre tecnologia e natureza.

### 5.5 Desenvolvimentos futuros e tendências

O futuro da IA na agricultura promete avanços significativos em eficiência, sustentabilidade e produtividade. Entre as principais tendências, destaca-se o desenvolvimento de sistemas de IA mais robustos, capazes de integrar grandes volumes de dados de diferentes fontes, como imagens de satélite, sensores climáticos e drones (Jorge et al., 2024). Esses sistemas devem permitir uma visão mais abrangente das condições agrícolas, facilitando o planejamento e a tomada de decisões em tempo real, com maior precisão.

Uma tendência importante é o crescimento da agricultura autônoma, impulsionada por máquinas agrícolas equipadas com IA, como tratores, drones e robôs de plantio e colheita (Monzani *et al.*, 2025). Esses dispositivos utilizam algoritmos avançados para navegar em campos, analisar condições de solo e executar tarefas de forma independente. A automação, associada à IA, reduz a dependência de mão de obra e melhora a eficiência, especialmente em grandes propriedades rurais (Monzani *et al.*, 2025).

Outro desenvolvimento esperado é a personalização das soluções agrícolas, com sistemas de IA adaptados a condições específicas de cada região, tipo de cultivo ou clima (Guilherme; Silva; Florian, 2024). Tecnologias como aprendizado federado e modelos preditivos locais poderão permitir que agricultores em pequenas e médias propriedades tenham acesso a ferramentas avançadas de IA, antes restritas a grandes empresas do setor (FUNDAÇÃO EPAMIG, 2023). Isso democratiza o uso da tecnologia e amplia sua adoção globalmente .

Apesar das oportunidades, há desafios significativos a serem enfrentados para a integração plena da IA na agricultura. Segundo Guilherme, Silva e Florian (2024) um dos principais é a falta de infraestrutura tecnológica em regiões rurais, como conectividade limitada à internet e acesso insuficiente a dispositivos avançados. Além disso, a coleta e o armazenamento de grandes volumes de dados agrícolas levantam preocupações sobre privacidade e segurança da informação, especialmente em um setor que depende de dados sensíveis sobre terras e produção.

Outro desafio está relacionado à capacitação dos agricultores para utilizarem essas tecnologias. A adoção da IA exige conhecimento técnico e treinamento, o que pode ser uma barreira para muitos produtores, especialmente em países em desenvolvimento. Parcerias entre governos, empresas e instituições acadêmicas serão essenciais para criar programas de treinamento acessíveis e incentivar o uso dessas tecnologias.

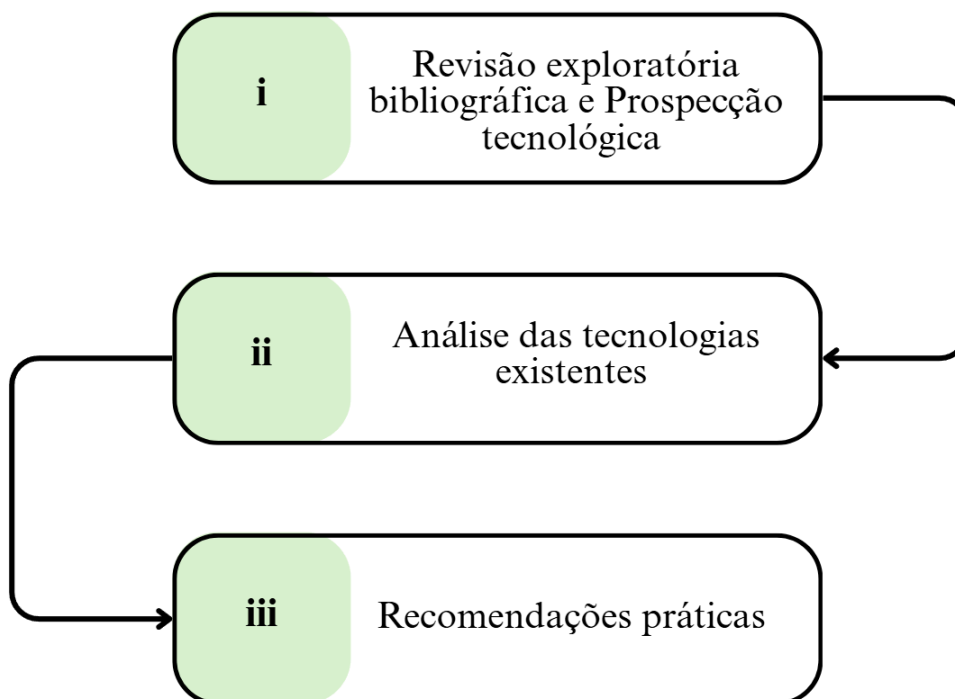
Apesar desses desafios, as oportunidades futuras são imensas. A integração da IA com tecnologias emergentes, como a internet das coisas (IoT) e a biotecnologia, tem potencial para transformar ainda mais o setor (Rocha e Kissimoto, 2022). Sensores IoT conectados a sistemas de IA podem monitorar continuamente o ambiente agrícola, enquanto a biotecnologia pode fornecer cultivares mais resilientes (Carvalho e Guimarães, 2024). Juntas, essas tecnologias podem promover uma agricultura mais sustentável, com menor impacto ambiental e maior produtividade.

Sendo assim, os desenvolvimentos futuros em IA e agricultura caminham para um cenário de maior automação, personalização e sustentabilidade. Para alcançar esse potencial, será necessário superar desafios estruturais e investir em inovação, colaboração e capacitação. À medida que a IA continua a evoluir, ela pode se tornar um pilar essencial para enfrentar os desafios globais da segurança alimentar, da gestão de recursos naturais e da preservação ambiental (Lira e Neto, 2024).

## 6. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada em três etapas principais, com o objetivo de realizar uma análise aprofundada sobre a aplicação da IA na identificação de mudas em viveiros. As etapas compreendem: (i) uma revisão sistemática da literatura, (ii) a análise dos principais componentes tecnológicos envolvidos no processo de identificação automatizada, e (iii) o desenvolvimento de recomendações práticas para a adoção da IA em ambientes produtivos. A seguir, a Figura 01 apresenta um fluxograma com a organização metodológica deste estudo.

**Figura 01:** Fluxograma da metodologia.



Fonte: Autora, 2025.

6.1 Revisão exploratória da literatura existente sobre a aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas, identificando estudos relevantes, avanços tecnológicos e tendências recentes.

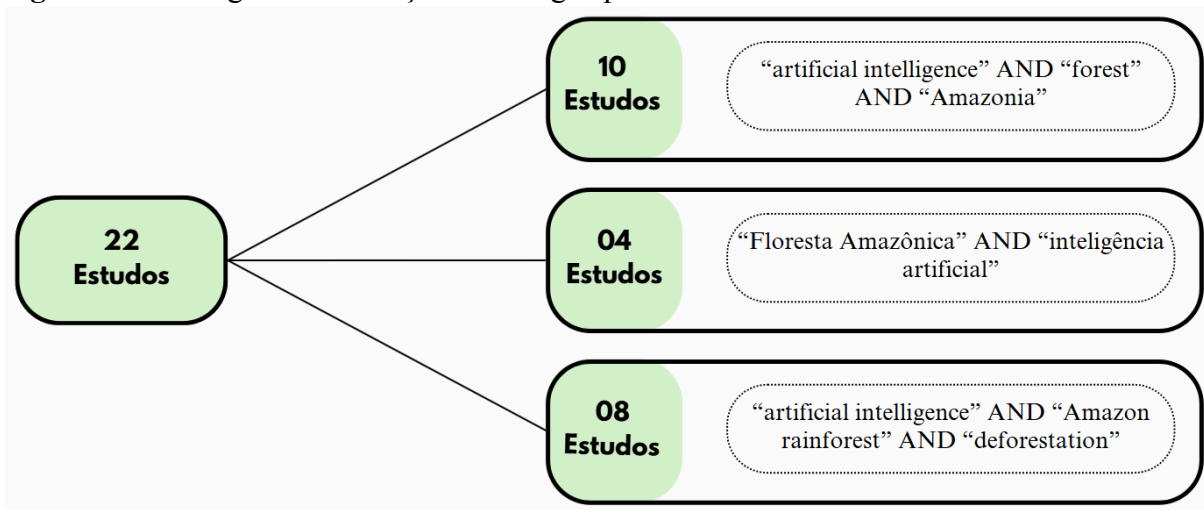
A primeira etapa consistiu em uma revisão bibliográfica sistemática voltada à identificação de estudos científicos, artigos, teses, dissertações e monografias que tratam da aplicação da IA na identificação de mudas. Para isso, foram utilizadas bases de dados acadêmicas como Google Scholar e Periódicos da CAPES.

Foram utilizados os seguintes descritores: “*forest*”, “*Amazon rainforest*”, “*artificial intelligence*”, “*deforestation*”, “inteligência artificial” e “Floresta Amazônica”, com termos

em português e em inglês para ampliar o escopo da busca. O recorte temporal abrangeu o período de 2011 a 2023, com foco em trabalhos que abordassem diretamente a identificação automatizada de mudas e suas aplicações em viveiros e sistemas agrícolas.

A seguir, a seleção dos estudos foi organizada conforme os critérios estabelecidos, como ilustrado na Figura 02.

**Figura 02:** Fluxograma da seleção dos artigos para a revisão de literatura.



Fonte: Autora, 2025.

Além da identificação de estudos relevantes, a revisão permitiu mapear os principais avanços tecnológicos na área, as abordagens metodológicas mais utilizadas, os tipos de algoritmos empregados, as técnicas de captura e processamento de dados, bem como as tendências emergentes, como o uso de *deep learning*, IoT e drones.

## 6.2 Descrição dos principais componentes usados para a identificação de mudas utilizando a inteligência artificial.

A segunda etapa da metodologia consistiu na análise dos principais componentes tecnológicos utilizados na aplicação da inteligência artificial para a identificação automatizada de mudas. Com base nos estudos revisados e nas patentes analisadas, foram identificadas cinco categorias de componentes interdependentes que compõem o sistema de IA aplicado a esse contexto.

Foram identificadas cinco categorias principais de componentes que, de forma integrada, viabilizam a aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas em viveiros. A primeira categoria refere-se aos dispositivos de coleta de dados, que desempenham um papel fundamental no início do processo. Esses dispositivos incluem

câmeras RGB, utilizadas para capturar imagens em alta resolução, câmeras multiespectrais, que permitem uma análise mais aprofundada de aspectos não visíveis a olho nu, como o estado nutricional das plantas, e sensores ambientais, responsáveis pela medição de variáveis como temperatura, umidade e luminosidade, fatores que influenciam diretamente o desenvolvimento das mudas.

A segunda categoria diz respeito aos sistemas de visão computacional, responsáveis por processar as imagens coletadas e extrair características visuais relevantes das mudas, como cor, formato, textura e padrões específicos. Esses sistemas são desenvolvidos com base em softwares e bibliotecas especializadas, que possibilitam a automatização da análise de imagens, conferindo agilidade e precisão ao processo de identificação.

Na terceira categoria, encontram-se os algoritmos de inteligência artificial e aprendizado de máquina, os quais são responsáveis pela interpretação dos dados processados e pela realização da classificação automatizada das mudas. Entre os algoritmos mais utilizados destacam-se as CNNs, reconhecidas por sua alta acurácia na análise de imagens, as máquinas de vetor de suporte (SVM), eficazes na categorização de dados complexos, e a *Random Forest*, conhecidas por sua robustez e capacidade de lidar com conjuntos de dados variados.

A quarta categoria engloba as infraestruturas de processamento e armazenamento, fundamentais para sustentar a execução dos modelos de IA. Essas infraestruturas podem ser locais, por meio de servidores e estações de trabalho com unidades de processamento gráfico (GPUs), ou baseadas em plataformas em nuvem, que oferecem maior flexibilidade, escalabilidade e acesso remoto, facilitando o treinamento, validação e aplicação dos modelos em ambientes diversos.

Por fim, a quinta categoria compreende as interfaces de usuário, que correspondem aos sistemas de visualização e interação com os dados gerados. Dashboards e aplicativos móveis são utilizados para apresentar os resultados das análises de forma clara e acessível, possibilitando que os técnicos, viveiristas e gestores tomem decisões em tempo real, com base nas informações processadas pelos sistemas de IA.

Cada componente foi analisado por meio de uma análise descritiva comparativa, baseada em literatura técnica e artigos científicos, considerando sua função, requisitos técnicos, custo-benefício, acessibilidade e aplicabilidade no contexto brasileiro, com atenção especial a viveiros localizados na região amazônica.

6.3 Recomendações práticas para a implementação da inteligência artificial na identificação e catalogação de mudas em viveiros, incluindo estratégias de implantação, seleção de tecnologias e treinamento de pessoal.

A terceira etapa do processo concentrou-se na elaboração de recomendações práticas para a adoção da IA na identificação e catalogação de mudas, fundamentando-se nas evidências coletadas anteriormente e na análise de casos de sucesso. Essas recomendações visam orientar viveiristas, gestores públicos e pesquisadores na implementação de soluções tecnológicas que promovam uma agricultura mais eficiente, sustentável e inovadora.

Inicialmente, recomenda-se a implantação gradual da tecnologia, priorizando a realização de projetos piloto. Essa abordagem permite avaliar a viabilidade e os benefícios da IA em ambientes controlados, facilitando ajustes e adaptações conforme as necessidades específicas de cada contexto.

Outro aspecto fundamental refere-se à seleção criteriosa das tecnologias a serem adotadas. É imprescindível considerar a infraestrutura já existente, as espécies vegetais trabalhadas e os objetivos relacionados à identificação e rastreabilidade das mudas. A escolha adequada das ferramentas tecnológicas garante maior eficiência e integração com os processos produtivos.

O sucesso da adoção da IA também depende do planejamento e execução de programas de capacitação para o pessoal técnico envolvido. O treinamento deve abranger desde a operação de sensores e a coleta de dados até o uso de plataformas de IA e a correta interpretação dos resultados gerados. Dessa forma, assegura-se que a equipe esteja preparada para lidar com as novas demandas tecnológicas.

Além disso, é essencial garantir a interoperabilidade dos sistemas utilizados, possibilitando a integração dos dados gerados com os sistemas de gestão agrícola e bancos de dados institucionais. Essa integração potencializa o uso das informações, promovendo uma gestão mais eficiente e colaborativa.

Por fim, a adoção de boas práticas de governança de dados é indispensável. Isso inclui a implementação de medidas que assegurem a segurança, a qualidade e a ética no uso das informações, protegendo tanto os dados sensíveis quanto a reputação das instituições envolvidas.

Essas diretrizes, a serem seguidas, contribuem para a consolidação de um ambiente propício à inovação, fortalecendo a adoção da IA na identificação e catalogação de mudas e impulsionando o desenvolvimento de uma agricultura mais tecnológica e sustentável,

conforme Quadro 01 – Diretrizes para Adoção da Inteligência Artificial na Identificação e Catalogação de Mudanças em Viveiros .

**Quadro 01:** Diretrizes para Adoção da Inteligência Artificial na Identificação e Catalogação de Mudanças em Viveiros

Ação	Objetivo	Responsável	Etapa
Implantar projetos piloto	Avaliar viabilidade e benefícios em ambiente controlado	Viveiristas, pesquisadores	Inicial
Selecionar tecnologias adequadas	Garantir eficiência e integração com processos produtivos	Gestores, técnicos	Planejamento
Capacitar equipe técnica	Desenvolver habilidades para operação e interpretação	Instituições de formação.	Implementação
Garantir interoperabilidade dos sistemas	Integrar dados para gestão eficiente e colaborativa	TI, gestores	Implementação
Adotar governança de dados	Assegurar segurança, qualidade e ética no uso das informações	Gestores, equipe de dados	Implementação

**Fonte:** Autora, 2025.

Um exemplo de aplicação prática dessas diretrizes no contexto brasileiro pode ser observado nos projetos desenvolvidos pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). A instituição vem utilizando técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina para monitorar e identificar mudas em viveiros, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Amazônica. Esses esforços contribuem para otimizar a produção, melhorar a rastreabilidade e fortalecer a sustentabilidade dos viveiros florestais no país. Cabe mencionar que, apesar dos avanços, a adoção em algumas regiões remotas ainda é incipiente, o que

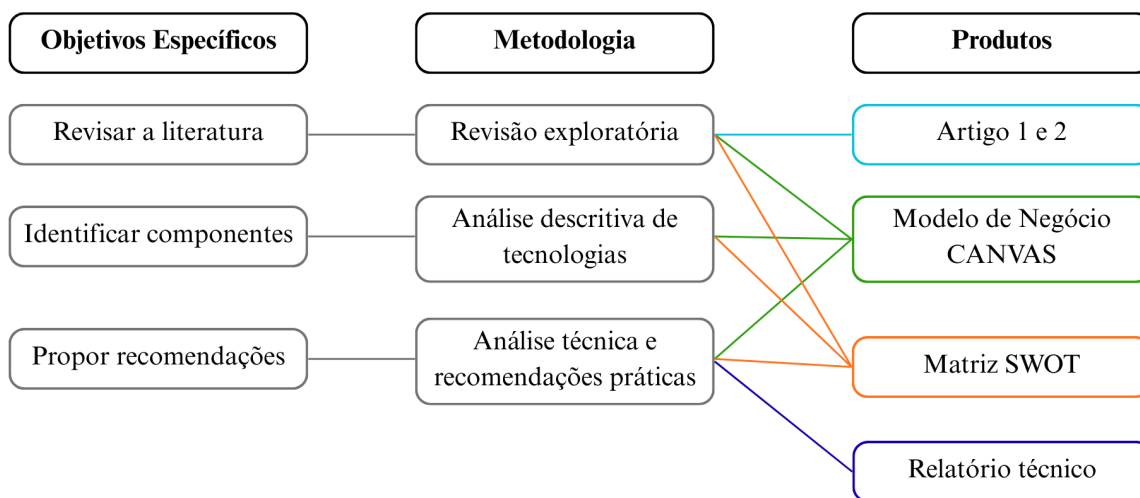
reforça a importância de seguir essas diretrizes para ampliar a disseminação dessas tecnologias.

#### 6.4 Matriz de Validação/Amarração

Com o objetivo de evidenciar a coerência entre os objetivos específicos do trabalho, as metodologias adotadas para seu cumprimento e os produtos desenvolvidos, elaborou-se a matriz de validação/amarração (Figura 03). Esta, por sua vez, permite visualizar, de forma sistematizada, como cada etapa da pesquisa foi planejada e executada em consonância com os resultados entregue ao final deste estudo.

Essa abordagem também reforça o alinhamento do trabalho aos princípios da pesquisa aplicada, orientada à inovação, ao mapeamento tecnológico e à proposição de soluções práticas.

**Figura 03:** Matriz de amarração do desenvolvimento do relatório



**Fonte:** Autora, 2025.

## 7. RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho são apresentados a seguir, tendo culminado na produção e publicação de dois artigos científicos. O primeiro, intitulado “O potencial da inteligência artificial na preservação da Floresta Amazônica: resultados e implicações” (Apêndice D), foi publicado na Revista Caderno Pedagógico. O segundo, “Inteligência Artificial na Identificação Automatizada de Mudanças de Plantas: prospecção tecnológica e aplicações na agricultura” (Apêndice C), foi apresentado no congresso ProspecT&I 2024,

publicado nos Anais do evento e, posteriormente, na Revista Cadernos de Prospecção. Este último foi reconhecido com o prêmio de melhor trabalho da sessão.

Ambas as revistas possuem classificação Qualis, sendo a Revista Caderno Pedagógico avaliada como A2 e os Cadernos de Prospecção como B2, atendendo, assim, a uma das exigências do programa: a submissão e publicação de artigos em periódicos com qualis B2 ou superior.

7.1 Revisão exploratória da literatura existente sobre a aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas, identificando estudos relevantes, avanços tecnológicos e tendências recentes.

A aplicação da IA na identificação de mudas tem se mostrado uma área de crescente interesse e desenvolvimento, impulsionada pela necessidade de otimizar processos agrícolas, aumentar a eficiência na produção de mudas e garantir a qualidade das plantas desde o início de seu ciclo de vida.

Para esta revisão exploratória, foram consultados 22 artigos científicos publicados entre 2011 e 2023, selecionados a partir de bases acadêmicas como Google Scholar e Periódicos da CAPES. A busca utilizou descritores em inglês, como forest, Amazon rainforest, artificial intelligence e deforestation, que permitiram identificar trabalhos relevantes alinhados ao objetivo desta pesquisa. O critério de inclusão adotado priorizou artigos que abordassem especificamente a aplicação da IA em processos de reconhecimento, classificação ou monitoramento de mudas e espécies vegetais.

Os estudos analisados revelam diferentes abordagens metodológicas e avanços tecnológicos. Um exemplo é o estudo de Santos (2022), que demonstra a eficácia do uso de CNNs no reconhecimento de mudas de café. Os resultados indicam uma alta precisão na identificação de diferentes cultivares, superando os métodos tradicionais baseados em análise visual por especialistas. Outro estudo, conduzido por Félix (2023), explora a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina, como SVM, na identificação de mudas de espécies florestais nativas. Os autores destacam a importância da seleção de características relevantes das imagens das mudas para otimizar o desempenho dos algoritmos.

Os avanços tecnológicos têm desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento de soluções de IA para a identificação de mudas. O uso de câmeras de alta resolução e sensores multiespectrais tem permitido a captura de imagens detalhadas e informações adicionais sobre as mudas, como seu estado nutricional e hídrico. Além disso, o desenvolvimento de plataformas de software e bibliotecas de código aberto tem facilitado a

implementação e o treinamento de modelos de IA, tornando a tecnologia mais acessível a pesquisadores e produtores.

As tendências recentes na área de IA para identificação de mudas apontam para o uso de técnicas de aprendizado profundo, como as GANs, para aumentar a robustez dos modelos e lidar com variações nas condições de iluminação e nas características das mudas. Além disso, observa-se um crescente interesse na integração de sistemas de IA com dispositivos móveis e drones, permitindo a coleta de dados e a identificação de mudas em tempo real no campo. A combinação de IA com outras tecnologias, como a IoT e a blockchain, também apresenta um grande potencial para rastrear e monitorar a qualidade das mudas ao longo de toda a cadeia de produção.

## 7.2 Descrição dos principais componentes usados para a identificação de mudas utilizando a inteligência artificial.

A identificação automatizada de mudas por meio da IA é uma área em expansão, impulsionada pela necessidade de aumentar a eficiência e a precisão na agricultura. Conforme destacado por Alves, Miranda e Silva (2025), a aplicação de IA nesse contexto envolve a integração de diversos componentes tecnológicos que operam de maneira sinérgica.

O processo inicia-se com a coleta de dados, geralmente realizada por sensores e dispositivos capazes de capturar imagens e informações relevantes das mudas. Câmeras RGB são comumente utilizadas para obter imagens em alta resolução, enquanto sensores adicionais podem coletar dados sobre temperatura, umidade e outras variáveis ambientais que influenciam o crescimento das plantas (Barros *et al.*, 2024; Ramos, 2024; Furquim *et al.*, 2023).

As imagens capturadas são processadas por sistemas de visão computacional, que extraem características visuais das mudas, como forma, cor e textura, um exemplo é o estudo de Silva e Brown (2023) que utilizam de imagens multiespectrais para identificar doenças de plantas em condições realistas. Esses sistemas permitem a análise detalhada das imagens, favorecendo a identificação de padrões e diferenças entre espécies ou condições das plantas (Silva, 2013; Leme, 2021).

Os dados processados são então analisados por algoritmos de aprendizado de máquina, que aprendem a reconhecer e classificar diferentes tipos de mudas com base em exemplos anteriores. Técnicas como CNNs têm se mostrado eficazes na classificação de imagens de plantas, devido à sua capacidade de identificar padrões complexos e sutis (Leme, 2021;

Tornisiello, 2020). Nesse contexto, Du *et al.* (2022) propuseram o modelo EfficientNet-B7-CBAM, baseado em CNNs, para a classificação da qualidade de mudas de pimenta a partir de um conjunto de dados de imagens, alcançando resultados promissores em termos de precisão e robustez.

Para lidar com o grande volume de dados gerados, são utilizadas plataformas robustas de processamento e armazenamento. Essas plataformas garantem que os dados sejam processados de maneira eficiente e que as informações estejam disponíveis para análise e tomada de decisão em tempo real (Prado, 2021; Martins, 2024).

Por fim, os resultados da análise são apresentados por meio de interfaces de usuário intuitivas, que permitem aos agricultores e técnicos tomar decisões informadas sobre o manejo das mudas. Esses sistemas podem fornecer recomendações sobre irrigação, aplicação de fertilizantes e outras práticas agrícolas, com base nas condições específicas de cada planta (Santos *et al.*, 2008).

A integração desses componentes resulta em sistemas de identificação de mudas mais precisos e eficientes, contribuindo para a modernização da agricultura e o aumento da produtividade. A Tabela a seguir resume os principais componentes tecnológicos identificados neste estudo, incluindo suas funções, requisitos técnicos, custo-benefício e aplicabilidade no contexto amazônico (Quadro 03: Componentes tecnológicos aplicados à identificação de mudas com IA).

**Quadro 03:** Componentes tecnológicos aplicados à identificação de mudas com IA.

<b>Categoria</b>	<b>Tecnologia / Ferramenta</b>	<b>Função</b>	<b>Requisitos Técnicos</b>	<b>Custo-Benefício</b>	<b>Aplicabilidade na Amazônia</b>	<b>Nível de Maturidade</b>
<b>Coleta de dados</b>	Câmera RGB HD	Captura de imagens coloridas de mudas	Resolução > 1080p, iluminação adequada	Alto	Alta (baixo custo, fácil aquisição)	Alta
	Câmera Multiespectral	Captação de dados espectrais invisíveis a olho nu	Necessita calibração, ambiente controlado	Médio-alto	Média (custo elevado, difícil manutenção)	Média
	Sensor ambiental (temp/umid/luz)	Monitoramento de microclima do viveiro	Precisa integração com software de coleta	Alto	Alta (fácil adaptação local)	Alta
<b>Visão computacional</b>	OpenCV	Biblioteca para processamento de imagens	Conhecimento técnico, integração com IA	Alto	Alta (uso em sistemas personalizados)	Alta
	PlantCV	Processamento voltado a fenotipagem vegetal	Mais técnico, voltado à pesquisa	Médio	Média (uso mais acadêmico)	Média-alta

<b>IA e Aprendizado de Máquina</b>	CNN (Redes Neurais Convolucionais)	Classificação de imagens	GPU para treinamento, base de dados rotulada	Alto	Alta (modelo versátil e eficaz)	Alta
	SVM (Máquinas de Vetores de Suporte)	Classificação binária e multiclasse	Dados bem estruturados e normalizados	Alto	Alta (requer menor poder computacional)	Alta
	<i>Random Forest</i>	Classificação baseada em decisão	Ideal para conjuntos menores	Alto	Alta (boa acurácia com menos dados)	Alta
<b>Infraestrutura</b>	<i>Google Colab / Jupyter</i> + dos modelos de IA	Treinamento e testes	Internet estável, domínio técnico	Muito alto (gratuito)	Alta (fácil acesso remoto)	Alta
	Plataforma local com GPU dedicada	Processamento <i>offline</i>	Equipamento específico, alto custo inicial	Médio	Média (limitações energéticas em locais remotos)	Média-alta
<b>Interface de usuário</b>	Dashboard com Power BI / Dash / Streamlit	Visualização dos resultados	Conexão com banco de dados e API's	Alto	Alta (interfaces amigáveis)	Alta
	Aplicativo móvel com IA embarcada	Identificação em campo	Dispositivo móvel compatível	Médio-alto	Alta (facilidade de uso no campo)	Média

Fonte: Autora, 2025.

No entanto, conforme observado por Alves, Miranda e Silva (2025), o Brasil ainda apresenta uma participação limitada nesse campo, indicando a necessidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento para aproveitar plenamente os benefícios dessa tecnologia.

7.3 Recomendações práticas para a implementação da inteligência artificial na identificação e catalogação de mudas em viveiros, incluindo estratégias de implantação, seleção de tecnologias e treinamento de pessoal.

A implementação da IA em viveiros florestais, com foco na identificação e catalogação de mudas, requer uma abordagem estratégica que contemple desde o diagnóstico técnico-operacional até a capacitação de pessoal. Com base na análise de estudos recentes, na prospecção de tecnologias emergentes e nas melhores práticas já adotadas em projetos-piloto, este estudo propõe um conjunto de recomendações práticas voltadas à adoção eficiente dessa inovação.

Em primeiro lugar, destaca-se a importância de um diagnóstico inicial aprofundado. Antes da introdução de qualquer sistema baseado em IA, é essencial que o viveiro identifique suas reais necessidades, compreendendo quais espécies de mudas serão monitoradas, quais as variáveis ambientais que interferem no seu desenvolvimento e como se organiza o fluxo de produção atual (Leme, 2021). Esse mapeamento preliminar permite definir objetivos claros e selecionar as tecnologias mais adequadas ao contexto específico, evitando investimentos inadequados ou subutilização de recursos.

A seguir, recomenda-se uma implantação gradual e modular da tecnologia. Projetos-piloto em pequena escala funcionam como ambientes de teste, permitindo validar modelos, ajustar processos e adaptar equipes à nova realidade tecnológica. A modularidade, por sua vez, facilita a expansão progressiva do sistema e a integração de novos componentes conforme a maturidade do projeto avança, reduzindo os riscos operacionais e favorecendo o aprendizado organizacional.

Outro aspecto crucial é a integração da IA aos sistemas já existentes no viveiro, como bancos de dados, planilhas operacionais e softwares de gestão de produção. A interoperabilidade entre sistemas garante que os dados gerados pelos modelos de IA possam ser facilmente acessados e utilizados para subsidiar decisões estratégicas, operacionais e técnicas.

No que se refere à seleção de tecnologias, alguns critérios devem ser considerados de forma cuidadosa. A escolha dos equipamentos de captura de imagens deve levar em conta a qualidade necessária para identificação precisa das espécies e as condições ambientais do

viveiro. Câmeras de alta resolução, sensores multiespectrais e drones representam ferramentas importantes nesse processo, especialmente quando o objetivo é captar informações além do espectro visível e aumentar a acurácia dos modelos de IA.

No plano algorítmico, o uso de CNNs tem se mostrado eficaz para tarefas de classificação e reconhecimento de padrões visuais em plantas. A seleção dos modelos deve considerar a disponibilidade de dados para treinamento e as especificidades das espécies trabalhadas, garantindo desempenho robusto e adaptabilidade. Complementarmente, a infraestrutura computacional deve ser dimensionada de forma adequada, de modo a suportar o volume de dados e a complexidade dos modelos implementados. O uso de GPUs e plataformas de computação em nuvem pode acelerar o treinamento e permitir análises em tempo real. Já para aplicações em campo, dispositivos móveis otimizados tornam-se uma solução prática e eficiente.

A qualificação dos profissionais envolvidos é outro pilar fundamental para o sucesso da implementação. As equipes devem ser capacitadas para operar os equipamentos de coleta de dados, interpretar os resultados gerados pelos algoritmos e realizar manutenções básicas nos sistemas. O conhecimento técnico em IA e visão computacional, mesmo que em nível introdutório, é essencial para garantir a autonomia operacional e a continuidade do projeto.

Além disso, é recomendável estabelecer uma política de atualização contínua das equipes, por meio de treinamentos periódicos, participação em eventos técnicos e acesso a conteúdos atualizados sobre tendências e boas práticas. A adoção de uma abordagem multidisciplinar, envolvendo profissionais das áreas de agronomia, ciência da computação, engenharia e gestão, amplia a capacidade de interpretação e aplicação dos dados, fortalecendo a tomada de decisão baseada em evidências.

Para avaliar o impacto da adoção da inteligência artificial, podem ser utilizados indicadores de desempenho que evidenciam ganhos de eficiência e qualidade. O quadro 04 apresenta alguns indicadores sugeridos, com suas respectivas descrições e métricas.

**Quadro 04:** Indicadores sugeridos para avaliação do impacto da adoção da IA na identificação de mudas

Indicador	Descrição	Métrica sugerida
-----------	-----------	------------------

Tempo médio de identificação	Mede a agilidade do processo de reconhecimento de mudas antes e depois da IA	Minutos/segundos por muda ou lote
Taxa de acerto	Avalia a precisão dos algoritmos na classificação das mudas	Percentual de classificações corretas (%)
Taxa de erro	Indica a frequência de falhas no processo de identificação	Percentual de classificações incorretas (%)
Custo por unidade	Analisa a eficiência econômica da tecnologia	R\$/muda identificada
Produtividade da equipe	Verificar o impacto da IA no desempenho humano	Número de mudas processadas por colaborador/dia
Rastreabilidade	Avalia a capacidade de monitorar as mudas ao longo da cadeia produtiva	Percentual de mudas rastreadas (%)

**Fonte:** Autora, 2025.

Em suma, a adoção da inteligência artificial na identificação e catalogação de mudas em viveiros deve ser conduzida com planejamento técnico, escolha criteriosa das ferramentas e investimento no desenvolvimento de competências humanas. Essa abordagem integrada assegura não apenas ganhos em eficiência e precisão, mas também contribui para a consolidação de práticas sustentáveis, alinhadas às demandas da agricultura de precisão e à conservação dos recursos naturais.

## 8. DISCUSSÃO

Os resultados parciais apresentados evidenciam o potencial significativo da IA para revolucionar a identificação e catalogação de mudas em viveiros, especialmente no contexto

da agricultura de precisão e manejo sustentável. A revisão exploratória da literatura revelou que técnicas avançadas, como CNNs e algoritmos de aprendizado de máquina, vêm sendo aplicadas com sucesso para classificar espécies com alta acurácia, superando métodos tradicionais baseados em análise visual manual. Esses achados corroboram estudos prévios, como os de Souza *et al.* (2019) e Oliveira *et al.* (2021), que demonstraram ganhos expressivos em precisão e eficiência.

A integração de componentes tecnológicos, desde sensores de alta resolução até plataformas computacionais robustas, representa uma inovação essencial para viabilizar essa automação. A combinação de visão computacional com processamento em nuvem e interfaces amigáveis facilita o uso da IA por técnicos e viveiristas, ampliando o impacto prático dessas soluções. Entretanto, como destacado por Alves, Miranda e Silva (2025), a participação brasileira ainda é incipiente, indicando a necessidade de investimentos direcionados em pesquisa aplicada, infraestrutura tecnológica e capacitação profissional, principalmente para atender às demandas específicas de regiões como a Amazônia, que apresentam desafios ambientais e socioeconômicos singulares.

No contexto do PROFNIT, a aplicação de IA em viveiros exige uma gestão estratégica da propriedade intelectual (PI) dos resultados. Softwares, bancos de dados, algoritmos customizados e, principalmente, os modelos treinados com dados regionais representam ativos intelectuais valiosos.

A estratégia de apropriação e exploração desses ativos é fundamental. O software (código-fonte) e os bancos de dados podem ser protegidos via direito autoral, com o registro de programa de computador junto ao INPI. Embora o algoritmo em si possa não ser patenteável, o método ou sistema que utiliza a IA para classificar mudas pode ser objeto de patente, caso cumpra os requisitos legais. Alternativamente, os modelos de IA treinados e o dataset curado podem ser mantidos como segredo industrial, constituindo o principal diferencial competitivo da solução.

A exploração desses ativos deve ser mediada pelo núcleo de inovação tecnológica (NIT) da instituição (IFRO). O NIT será responsável por definir o modelo de transferência e negociar com parceiros. A adoção desse sistema pelo CES RIOTERRA pode, por exemplo, originar um serviço tecnológico licenciado a outros viveiros, por meio de contrato de transferência de tecnologia (TT). Além disso, o NIT pode fomentar parcerias com empresas de AgTech para escalar a solução ou até mesmo apoiar a criação de uma *spin-off* acadêmica, garantindo que a inovação chegue ao mercado e gere retorno (financeiro e social) para a instituição e para a região amazônica.

As recomendações práticas formuladas apontam para uma implantação gradual e modular da IA em viveiros, enfatizando projetos-piloto e a integração com sistemas já existentes. Essa estratégia é fundamental para mitigar riscos, otimizar custos e permitir o aprendizado contínuo da equipe técnica. A capacitação multidisciplinar emerge como fator decisivo para o sucesso, reforçando a importância de envolver profissionais de agronomia, engenharia e ciência da computação. Além disso, a adoção de boas práticas de governança de dados e interoperabilidade assegura a sustentabilidade tecnológica e a confiabilidade das informações geradas.

Apesar dos avanços, há desafios a serem enfrentados. A infraestrutura tecnológica insuficiente em algumas regiões rurais, especialmente no interior da Amazônia, limita a implementação de sistemas baseados em IA que demandam conectividade e recursos computacionais robustos. Ademais, questões relativas à privacidade, segurança dos dados e propriedade intelectual ainda carecem de regulamentação e diretrizes claras.

Nesse ponto, emerge um desafio ético e legal crucial: o uso de dados da biodiversidade em sistemas de IA. A coleta de imagens e o desenvolvimento de tecnologia a partir de espécies nativas configuram acesso ao patrimônio genético (PG) nacional. Portanto, é imperativo que o desenvolvimento e a exploração econômica dessa IA estejam em conformidade com o Marco Legal da Biodiversidade (Lei nº 13.123/2015).

Isso implica, no mínimo, o cadastramento obrigatório da atividade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético (SisGen). Caso a identificação das mudas envolva o acesso a Conhecimento Tradicional Associado (CTA) – como o "conhecimento empírico dos produtores" ou de comunidades locais – a legislação exige o consentimento prévio e a repartição de benefícios. A articulação entre a legislação de PI e o Marco da Biodiversidade é um desafio complexo que necessita de diretrizes claras para não inibir a inovação, garantindo a soberania nacional e os direitos das comunidades locais.

Desta forma a pesquisa destaca a importância da adaptação dos modelos de IA às características locais, incluindo diversidade de espécies e condições ambientais, para garantir resultados precisos e aplicáveis. Tecnologias emergentes, como aprendizado federado e integração com IoT, apresentam oportunidades promissoras para contornar limitações estruturais e ampliar o acesso a ferramentas avançadas, democratizando a inovação agrícola.

Em suma, a aplicação da IA na identificação de mudas em viveiros representa uma fronteira tecnológica com potencial transformador para o setor agrícola e ambiental. Os resultados parciais obtidos neste estudo e a literatura revisada indicam que, embora a

tecnologia esteja amadurecendo, sua implementação prática requer uma abordagem integrada, que considere aspectos técnicos, humanos e institucionais. Avançar nessa direção contribuirá para a melhoria da produtividade, sustentabilidade e conservação da biodiversidade, alinhando-se às demandas contemporâneas por inovação responsável e desenvolvimento sustentável.

## **9. IMPACTOS**

A aplicação da IA no monitoramento de mudas em viveiros florestais tem provocado uma série de impactos positivos, que se manifestam em diferentes dimensões: social, ambiental, econômica e tecnológica. Inicialmente, destaca-se o efeito social, uma vez que a adoção de sistemas inteligentes promove a capacitação de profissionais locais, contribuindo para o fortalecimento do capital humano nas comunidades atendidas. Esse movimento estimula a inclusão digital e aprimora as competências técnicas, favorecendo a empregabilidade regional e o acesso a novas oportunidades de desenvolvimento.

No aspecto ambiental, a IA se revela fundamental para a sustentabilidade dos viveiros, ao permitir maior precisão na identificação e manejo de espécies vegetais. A automação reduz erros manuais, otimiza a rastreabilidade e facilita o acompanhamento de padrões fenotípicos e ecológicos das mudas, resultando em práticas mais eficientes de conservação e restauração ambiental, especialmente em regiões de alta complexidade ambiental, como a Amazônia. Esse monitoramento contínuo também possibilita intervenções mais rápidas diante de ameaças fitossanitárias ou ambientais, ampliando o sucesso nas ações de recuperação florestal.

O impacto econômico da inserção de IA nos viveiros é igualmente relevante. A redução de falhas no processo de identificação e monitoramento de mudas contribui para a minimização de perdas produtivas e desperdício de insumos, traduzindo-se em ganhos de eficiência operacional e redução de custos. Estudos apontam que a integração de soluções baseadas em IA pode diminuir em até 70% o tempo necessário para identificar mudas, aumentando a assertividade do manejo e impulsionando a competitividade do setor florestal nacional (Leme, 2021; Viveiros *et al.*, 2023; EMBRAPA ACRE, 2024). Além disso, ao facilitar a seleção de espécies mais adaptadas e resistentes, a IA contribui para racionalizar o uso de recursos e elevar a qualidade final dos produtos.

No campo tecnológico, a adoção de redes neurais convolucionais e outras técnicas avançadas de aprendizagem de máquina impulsiona o desenvolvimento de soluções inéditas e gera ativos intelectuais que podem ser protegidos por patentes e direitos autorais. Esse cenário

fomenta a inovação e o diferencial estratégico das instituições, fortalecendo o ecossistema de pesquisa aplicada e estimulando parcerias interdisciplinares e interinstitucionais.

Em suma, é importante ressaltar que esses avanços também trazem desafios, como a necessidade de capacitação contínua das equipes, garantia de qualidade dos dados utilizados, integração entre diferentes sistemas e reflexões sobre equidade no acesso às tecnologias. O alinhamento dessas iniciativas com metas globais de sustentabilidade, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, evidencia não apenas o caráter inovador, mas também o compromisso socioambiental da aplicação da IA no monitoramento de mudas florestais.

Além dos impactos positivos identificados, a adoção da inteligência artificial na agricultura amazônica exige uma análise estratégica dos riscos associados e das medidas necessárias para mitigá-los. O contexto regional apresenta desafios multidimensionais que envolvem aspectos econômicos, estruturais, tecnológicos e sociais, os quais podem influenciar diretamente o sucesso da implementação das soluções de IA em viveiros e sistemas agrícolas. Considerando essa complexidade, foi elaborado um framework estratégico que sintetiza os principais riscos identificados e propõe ações de mitigação alinhadas às particularidades do cenário amazônico.

**Quadro 05:** Framework Estratégico de Risco e Mitigação para Adoção de IA na Agricultura Amazônica

<b>Categoria do Desafio</b>	<b>Risco Específico</b>	<b>Impacto na Adoção</b>	<b>Estratégia de Mitigação Proposta</b>	<b>Partes Interessadas Chave</b>
Econômico	Custo inicial proibitivo para PMEs.	Baixa taxa de adoção, aprofundamento da exclusão digital.	Linhas de crédito subsidiadas; promoção de modelos de negócio HaaS/SaaS; incentivos fiscais para adoção de AgTech.	Ministério da Agricultura, Bancos de Desenvolvimento, Setor Privado.

Infraestrutura	Falta de conectividade de internet em áreas rurais.	Inviabiliza soluções baseadas em nuvem, limita a coleta de dados em tempo real.	Investimento público em infraestrutura digital rural (fibra, 5G); incentivo a tecnologias com capacidade offline (ex: processamento na borda, redes MESH).	Ministério das Comunicações, Agências Reguladoras, Empresas de Telecomunicações.
Dados	Escassez de dados de alta qualidade e rotulados; preocupações com privacidade.	Modelos de IA imprecisos; resistência dos agricultores em compartilhar dados.	Criação de bancos de dados agrícolas públicos ("data trusts"); desenvolvimento de padrões de dados abertos; legislação clara sobre propriedade e uso de dados agrícolas.	Embrapa, Universidades, Legislativo, Associações de Produtores.
Capital Humano	Falta de mão de obra qualificada; resistência cultural à mudança.	Subutilização da tecnologia; falhas operacionais.	Inclusão de agricultura digital nos currículos técnicos e universitários; programas de extensão e capacitação contínua; criação de centros de demonstração	Ministério da Educação, Instituições de Pesquisa, Cooperativas, Setor Privado.

**Fonte:** Autora, 2025.

A análise apresentada no Quadro 05 evidencia que a adoção bem-sucedida da IA no contexto amazônico depende de políticas integradas e da cooperação entre múltiplas partes interessadas. A mitigação dos riscos identificados requer o fortalecimento da infraestrutura

digital rural, a ampliação do acesso a linhas de financiamento específicas para inovação agrícola e a implementação de programas de capacitação técnica contínua. Dessa forma, o framework proposto atua como instrumento orientador para a formulação de políticas públicas, investimentos estratégicos e práticas sustentáveis, garantindo que a transformação digital da agricultura amazônica ocorra de forma inclusiva, ética e alinhada aos objetivos de desenvolvimento sustentável.

## **10. ENTREGÁVEIS DE ACORDO COM OS PRODUTOS DO TCC**

- Artigo publicado por revista qualis A2. (Apêndice A)
- Artigo em avaliação por revista qualis B2. (Apêndice B)
- Matriz de SWOT (FOFA). (Apêndice C)
- Modelo de Negócio CANVAS. (Apêndice D)
- Texto Dissertativo – TCC.
- Relatório Técnico-Conclusivo sobre Prospecção tecnológica sobre a aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas em viveiros. (Apêndice E)

## 11. CONCLUSÃO

O presente estudo de prospecção tecnológica alcançou seu objetivo geral ao analisar a aplicação da IA no monitoramento de mudas em viveiros, evidenciando tanto a viabilidade quanto o potencial impacto dessa tecnologia. Observou-se que muitos viveiros, como o CES RIOTERRA, ainda dependem de métodos manuais e empíricos para a identificação de espécies, revelando uma lacuna de conhecimento que a IA se mostra capaz de suprir de forma eficiente e precisa.

Os objetivos específicos foram atingidos de maneira consistente ao longo da pesquisa. A revisão da literatura e a prospecção tecnológica evidenciaram que o emprego de algoritmos de aprendizado de máquina, especialmente redes neurais convolucionais, constitui uma tendência consolidada e eficaz para a classificação de espécies vegetais. Contudo, constatou-se que a participação do Brasil no desenvolvimento dessas tecnologias ainda é limitada, apesar do enorme potencial representado pela biodiversidade nacional, o que reforça a relevância de iniciativas de inovação local.

O estudo também detalhou os componentes essenciais para a implementação da IA em viveiros, incluindo hardware de coleta de dados, como câmeras RGB e sensores, softwares de visão computacional, como OpenCV, algoritmos de classificação e a infraestrutura necessária, seja local ou em nuvem. Essa abordagem proporcionou um panorama claro e estruturado das ferramentas indispensáveis para o desenvolvimento e operação de sistemas inteligentes de identificação de mudas.

Além disso, foram apresentadas recomendações práticas para a implementação, sugerindo uma estratégia gradual, com projetos-piloto, integração com sistemas existentes e, de forma crucial, capacitação das equipes técnicas. Tais recomendações evidenciam que a adoção da IA não deve se restringir a uma aplicação técnica, mas constituir um processo de inovação e transferência tecnológica sustentável.

Dessa forma, este trabalho contribui diretamente para a missão do PROFNIT, ao demonstrar que softwares, algoritmos e bancos de dados resultantes dessas iniciativas podem ser considerados ativos de propriedade intelectual, capazes de fortalecer o diferencial estratégico de instituições como o CES RIOTERRA.

Conclui-se que a incorporação da IA na identificação de mudas representa uma inovação estratégica, capaz de gerar impactos econômicos, ao reduzir custos e minimizar erros; impactos ambientais, ao aumentar a precisão na catalogação e apoiar práticas de conservação; e impactos sociais, ao promover a capacitação da mão de obra local. O estudo, portanto, oferece subsídios técnicos e estratégicos para que o CES RIOTERRA e outros

viveiros realizem decisões mais assertivas em investimentos de P&D, promovendo eficiência, sustentabilidade e o fortalecimento da bioeconomia na região amazônica.

## **12. PERSPECTIVAS FUTURAS**

A partir dos resultados e desafios identificados nesta prospecção tecnológica, é possível delinear perspectivas promissoras para trabalhos futuros e para a evolução do projeto.

Uma recomendação imediata consiste na implementação de um projeto-piloto no CES RIOTERRA, que permitiria validar de forma prática os achados desta pesquisa. Essa iniciativa envolveria a coleta inicial de imagens das espécies nativas mantidas pelo viveiro, seguida pelo treinamento de um modelo de CNN adaptado às características regionais das mudas, fornecendo uma base concreta para testes e ajustes de aplicação da IA no contexto local.

Outro passo estratégico envolve a criação de um banco de dados regional. Um dos principais obstáculos para a aplicação de IA na agricultura amazônica é a escassez de dados de alta qualidade e bem rotulados. O desenvolvimento de um repositório robusto de imagens de mudas de espécies nativas representaria não apenas um ativo intelectual valioso, mas também um recurso essencial para futuras pesquisas e desenvolvimento de aplicações tecnológicas no setor.

Considerando os desafios de conectividade em áreas rurais e remotas da Amazônia, pesquisas futuras também devem explorar o desenvolvimento de aplicações de IA embarcadas. Modelos otimizados para dispositivos móveis permitiriam que viveiristas realizassem o monitoramento de mudas em tempo real, sem depender de conexão constante com a nuvem, promovendo autonomia e eficiência no campo.

A tecnologia prospectada para a identificação de espécies pode, ainda, ser expandida para o monitoramento fitossanitário. Modelos de IA treinados para detectar sinais precoces de doenças, estresses hídricos ou deficiências nutricionais permitiriam automatizar o controle de qualidade no viveiro, aumentando a produtividade e reduzindo perdas.

Adicionalmente, recomenda-se a integração com sensores de IoT, permitindo monitorar variáveis ambientais como umidade, temperatura e luminosidade. A combinação de visão computacional e dados ambientais possibilitaria a criação de um sistema inteligente de gestão de viveiro, otimizando recursos, melhorando a tomada de decisão e promovendo práticas mais sustentáveis.

Desta forma, alinhado à missão do PROFNIT, é importante considerar a proteção da propriedade intelectual nos futuros desenvolvimentos de softwares e algoritmos. Estudos

sobre estratégias de PI garantirão a transferência de tecnologia e a geração de valor para as instituições envolvidas, consolidando o caráter inovador e estratégico do projeto.

### 13. REFERÊNCIAS

ABRANTES, Paula Cotrim de ; GUEDES, Vania Lisboa da Silveira. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: um caminho bifurcado. **P2P E INOVAÇÃO**, v. 11, n. 1, 2024. Disponível em: <https://revista.ibict.br/p2p/article/download/7116/6930/30097?inline=1>. Acesso em: 12 dez 2024.

ALMEIDA, Priscila Gonçalves Couto Sette de. Análise de textura de imagem de alta resolução para a classificação dos estágios sucessionais de mata Atlântica do Sul da Bahia. 2009. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – **Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-8F8FTG>. Acesso em: 14 ago. 2024.

ALONSO, Enrique. Aspectos filosóficos de la inteligencia y la computación. In: FERNÁNDEZ-CABALLERO, Antonio; TOMÉ, Sergio Miguel (org.). 50 años de la inteligencia artificial. Albacete: **Universidad de Castilla-La Mancha**, 2006. p. 25-42. Disponível em: [https://www.dsi.uclm.es/personal/AntonioFdez/nais/nais/investigacion/publicaciones/libros\\_2006/EVI2006.pdf](https://www.dsi.uclm.es/personal/AntonioFdez/nais/nais/investigacion/publicaciones/libros_2006/EVI2006.pdf). Acesso em: 20 ago. 2024.

ALVES, Fernanda Ferreira; MIRANDA, Marcio Rodrigues; SILVA, Minelly Azevedo da. Inteligência artificial na identificação automatizada de mudas de plantas: prospecção tecnológica e aplicações na agricultura. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 18, n. 2, p. 514–525, abr. 2025. DOI: 10.9771/cp.v18i2.61219. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/61219>. Acesso em: 26 jun. 2025.

ANTUNES, Guilherme. Classificação de espécies de plantas a partir de imagens das componentes folha e flor. 2021. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, **Universidade Estadual de Ponta Grossa**, Ponta Grossa, 2021. Orientador: Alceu de Souza Britto Júnior. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UEPG\\_e0d43b539f2f821a8001d94067729d87](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UEPG_e0d43b539f2f821a8001d94067729d87). Acesso em 29 ago 2024.

ARAÚJO, Voncarlos Marcelo de. Reconhecimento de espécies de plantas a partir da imagem da folha e do uso da aprendizagem profunda. 2021. **Tese (Doutoramento em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGIa), Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)**, Curitiba, 2021. Orientadores: Prof. Dr. Alceu de Souza Britto Júnior; Prof. Dr. Alessandro L. Koerich. Disponível em: [https://www.ppgia.pucpr.br/pt/arquivos/doutorado/teses/2021/Tese\\_Voncarlos\\_Marcelo\\_de\\_Araujo.pdf](https://www.ppgia.pucpr.br/pt/arquivos/doutorado/teses/2021/Tese_Voncarlos_Marcelo_de_Araujo.pdf). Acesso em 28 ago. 2024.

BARBOSA, Xênia de Castro. Breve introdução à história da inteligência artificial. **Jamaxi**, Rio Branco, v. 4, n. 1, 2 jun. 2020. Disponível em: <https://teste-periodicos.ufac.br/index.php/jamaxi/article/view/4730>. Acesso em: 28 ago. 2024.

BARONE, Dante Augusto Couto. Sociedades artificiais: a nova fronteira da inteligência nas máquinas. **Bookman**, Porto Alegre, 2003. 332 p. Acesso em: 29 ago. 2024

BARROS, Quétilla Souza; BRITO, Livia Rocha de; CARVALHO, Henrique Pereira de; PINHEIRO, Romário de Mesquita; FERREIRA, Evan. Utilização de drones em estudos

florestais: uma revisão sistemática. **Diversitas Journal**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 1435–1450, 2024. DOI: 10.48017/dj.v9i3.2887. Disponível em: [https://diversitasjournal.com.br/diversitas\\_journal/article/download/2887/2613/20876](https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/download/2887/2613/20876). Acesso em: 27 jun. 2025

BELO JUNIOR, Joel Eloi. A utilização de drones na agricultura atual. In: *Tecnologia e Inovação em Ciências Agrárias e Biológicas: Avanços para a sociedade atual*. Capítulo 17. [s.l.]: **Seven Publicações**, 2023. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/download/1786/2208/5958>. Acesso em: 06 jun. 2025.

BORBA, Marcelo da Costa; RAMOS, Josefa Edileide Santos; RAMBORGGER, Bibiana Melo; MARQUES, Eluário Oliveira; MACHADO, João Armando Dessimon. Gestão no meio agrícola com o apoio da Inteligência Artificial: uma análise da digitalização da agricultura. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 15, n. 3, p. 1–22, jul./set. 2022. DOI: 10.17765/2176-9168.2022v15n3e9337. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/9337>. Acesso em: 9 jun. 2025.

BORGES. Mário Neto. As fundações estaduais de amparo à pesquisa e o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação no Brasil. **Revista USP**, São Paulo, n.89, mar/mai. 2011.

BRASIL. Lei nº 2.528, de 25 de julho de 2011. Cria a Fundação Rondônia de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e a Pesquisa do Estado de Rondônia, nos termos do artigo 201 da Constituição Estadual. Disponível em: [https://sapl.al.ro.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2011/5384/5384\\_texto\\_integral.pdf](https://sapl.al.ro.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2011/5384/5384_texto_integral.pdf). Acesso em: 13 jul. 2023.

CARDOSO, Valbérico de Albuquerque; PAZ JÚNIOR, Francisco Braga da; GOMES, Laura Ingrid da Silva; ARAUJO, Maria Eduarda Carvalho de; SILVA, Vanessa de Sales. Uso de aplicativo como ferramenta para identificação de plantas em aulas práticas de biologia no ensino médio. In: **IX CONEDU – Congresso Nacional de Educação, Campina Grande, 11 dez. 2023. Anais... Campina Grande: Realize Editora**, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/96030>. Acesso em: 06 jun. 2025.

CARRER, Helaine; BARBOSA, André Luiz; RAMIRO, Daniel Alves. Biotecnologia na agricultura. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 69, p. 45-60, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/rckkXMJ7cc6hxPhbNFhVWGm/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 14 set. 2025.

CARVALHO, Jhonatan; GUIMARÃES, Núbia Rosa da Silva. Utilizando sensores de IoT e Big Data para aprimorar a produção de culturas de precisão: uma análise. In: **Simpósio de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Catalão**, 2024, Catalão. Anais. Catalão: UFG – Instituto de Engenharia de Produção, 2024. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/UTILIZANDO\\_SENsoRES\\_DE\\_IOT\\_E\\_BIG\\_DATA\\_PARA\\_APRIMORAR\\_A\\_PRODU%C3%87%C3%83O\\_DE\\_CULTURAS\\_DE\\_PRECIS%C3%83O\\_UMA\\_ANALISE.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/UTILIZANDO_SENsoRES_DE_IOT_E_BIG_DATA_PARA_APRIMORAR_A_PRODU%C3%87%C3%83O_DE_CULTURAS_DE_PRECIS%C3%83O_UMA_ANALISE.pdf). Acesso em: 27 jun. 2025.

CASAROTTO, Eduardo Luis; BINOTTO, Erlaine; PAGÁN MARTÍNEZ, Marta; MALAFAIA, Guilherme Cunha. Evidências de utilização de Big Data no agronegócio.

**Revista Terceira Margem Amazônia**, Campo Grande, v. 8, n. 19, p. 223–240, 2022. DOI: 10.36882/2525-4812.2022v8i19p223-240. Disponível em: <https://revistaterceiramargem.com/index.php/terceiramargem/article/view/501>. Acesso em: 9 jun. 2025.

CES RIOTERRA. Projeto Plantar Rondônia. Disponível em: <https://rioterra.org.br/site/projetoplantar-rondonia/>. Acesso em: 15 jun. 2023a

CES RIOTERRA. Quintais Amazônicos. Disponível em: <https://rioterra.org.br/site/quintais-amazonicos/>. Acesso em: 15 jun. 2023b.

CES RIOTERRA. Projeto Plantar Rondônia. Disponível em: <https://rioterra.org.br/site/projeto-plantar-rondonia/>. Acesso em: 15 jun. 2023c.

COELHO, Felipe de Moura. Inteligência artificial aplicada ao agronegócio: uma revisão acerca dos resultados obtidos após sua implementação. 2024. 37 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP)**, Sorocaba, 28 ago. 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/09aa7fe1-10c0-4f6a-aed7-c16c048b9402/content>. Acesso em: 11 jun. 2025.

COLAÇO, A. F. et al. “How will the next-generation of sensor-based decision systems look in the context of intelligent agriculture? A case-study”. **Field Crops Research**, v. 270, fev./2021, pp. 108-205. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429021001519>. Acesso em 22 dez 2024.

COSTA, Herbert Rodrigues do Nascimento. Aplicação de técnicas de inteligência artificial em processos de fabricação de vidro. 2006. 248 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – **Escola Politécnica**, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3139/tde-09032007-171929/en.php>. Acesso em: 14 jul. 2023.

DU, Xinwu; SI, Laiqiang; JIN, Xin; LI, Pengfei; YUN, Zhihao; GAO, Kaihang. Classification of plug seedling quality by improved convolutional neural network with an attention mechanism. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, e967706, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.967706>. Acesso em 14 ago 2025.

EM RONDÔNIA. Rioterra e Sedec assinam termo de cooperação para fomentar economia verde em RO. **Em Rondônia**, [s.d.]. Disponível em: <https://www.emrondonia.com/capa/rioterra-e-sedec-assinam-termo-de-cooperacao-para-fomentar-economia-verde-em-ro/>. Acesso em: 13 jul. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. Inteligência artificial: aplicações na agropecuária. 1. ed. Belo Horizonte: **EPAMIG**, 2023. Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/02/IA-300.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2025.

FAPERO. Sobre a Fundação. Disponível em: <https://rondonia.ro.gov.br/fapero/sobre/sobre-a-fundacao/>. Acesso em: 13 jul de 2023.

FÉLIX, Francival Cardoso. Análise de sementes associada a aprendizagem de máquina para identificar espécies florestais nativas. 2023. 212 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal do Paraná**, Curitiba, 2023. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/84112>. Acesso em: 14 set. 2025.

FERNANDES, Pablo. Imagens multiespectrais e inteligência artificial para predição da densidade de plantas espontâneas em plantio de Eucalyptus saligna. 2022. 131 f. **Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal de Santa Maria**, Santa Maria, 2022. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/26770>. Acesso em: 21 ago. 2025.

FERREIRA, Jéssica Alves; BARBOSA, José Moraes; LIMA, Samuel Krisley Rodrigues; CABRAL NETO, Otavio. O uso da inteligência artificial na agricultura. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, Teófilo Otoni, v. 9, n. 1, 2024. DOI: 10.61164/rmm.v9i1.2907. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2907>. Acesso em: 9 jun. 2025.

FLORES, Thiago Bevilacqua; COLLETTA, Gabriel Dalla; SOUZA, Vinicius Castro; IVANAUSKAS, Natalia Macedo; TAMASHIRO, Jorge Yoshio; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. Guia ilustrado para identificação das plantas da Mata Atlântica: legado das Águas: Reserva Votorantim. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. ISBN 9788579752049. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002726882>. Acesso em: 19 jul. 2023.

FRICKMANN, Fabiana dos Santos e Souza; VILLAS BÔAS, Glauco Kruse. Identificação e análise da base científica em medicamentos da biodiversidade amazônica. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 283–288, 2015. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/far-2147>. Acesso em: 16 jul. 2023.

FURQUIM, Maria Gláucia Dourado; NASCIMENTO, Abadia dos Reis; COSTA, João Vitor Silva; FERREIRA, Manuel Eduardo; CORCIOLI, Graciella; BORGES, Lino Carlos. Remotely piloted aircraft systems with RGB camera to map commercial table tomato nurseries. **Mercator (Fortaleza)**, Fortaleza, v. 22, e22001i, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2023.e22001i>. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/e22001i>. Acesso em: 29 jun. 2025.

GALVÃO, Noemi Dreyer; MARIN, Heimar de Fátima. Técnica de mineração de dados: uma revisão da literatura. **Acta Paulista de Enfermagem**, São Paulo, v. 22, n. 5, p. 686–690, out. 2009. DOI: 10.1590/S0103-21002009000500014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ape/a/Lzj9vW6Fp4QVdXyNKhmtfvv/?lang=pt>. Acesso em: 9 jun. 2025.

GHELER-COSTA, Carla; LOPES, Juliana; CRUZ, Gabriela Mota da. Agricultura regenerativa no Brasil: desafios e oportunidades. **São Paulo: CEBDS**, 2023. Disponível em: [https://cebds.org/wp-content/uploads/2023/12/CEBDS\\_AgriculturaRegenerativa\\_2023.pdf](https://cebds.org/wp-content/uploads/2023/12/CEBDS_AgriculturaRegenerativa_2023.pdf). Acesso em: 14 set. 2025.

GRAMMATIKOPOULOS, Tamirez Dornelles; TEIXEIRA, Maria Gracinda Carvalho. Public Policy And Conflicts: Outlining Perspectives In The Socio-Environmental Relationships In

The Environmental Protection Areas. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 16, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/5357>. Acesso em: 30 jun. 2025.

GÓES, Antônio Carlos Pereira. Viveiro de mudas: construção, custos e legalização. 2. ed. atual. e ampl. Macapá: **Embrapa Amapá**, 2006. 32 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/350713>. Acesso em: 15 jul. 2023.

GUARINO, Ernestino de Souza Gomes; FREITAS, Thales Castilhos de; GOMES, Gustavo Crizel; MOLINA, Artur Ramos; MIURA, Adalberto Koiti; HENZEL, Ana Beatriz Devantier; SOUSA, Letícia Penno de; KAISER, Martha; SPIERING, Viviane; SARTORI, César Oneide. Guia para Identificação de Mudas de Espécies Arbóreas Indicadas para Restauração Florestal no Rio Grande do Sul. Brasília, DF: **Embrapa**, 2023 Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1157385/1/Guia-de-mudas-Livro-Cpact.pdf>. Acesso em: 20 out 2024.

GUILHERME, Adriel Soldi; SILVA, André Luiz da; FLORIAN, Fabiana. Estudo da inteligência artificial na agricultura: vantagens, desvantagens e desafios. *Revista FT*, [S. l.], 2024. DOI: 10.69849/revistaft/ch10202411301111. Disponível em: <https://revistaft.com.br/estudo-da-inteligencia-artificial-na-agriculturavantagens-desvantagens-e-desafios/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

GUARNIZO, Jhonnatan Alexander Yepes. Métodos supervisionados de machine learning aplicados à produtividade agrícola de cana-de-açúcar. 2021. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola**, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2021. 110 f. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=507656>. Acesso em: 11 jun. 2025.

HACKENHAAR, Neusa Maria; HACKENHAAR, Celso; ABREU, Yolanda Vieira de. Robótica na agricultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 11, p. 1043-1050, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-70122015110>. Acesso em 20 ago 2025

JORGE, Lúcio André de Castro; OSCO, Lucas Prado; MARCATO JÚNIOR, José; RAMOS, Ana Paula Marques; GONÇALVES, Wesley Nunes; SPERANZA, Eduardo Antonio; VAZ, Carlos Manoel Pedro; INAMASU, Ricardo Yassushi. Inteligência artificial aplicada na agricultura de precisão e digital. In: BASSOI, Luiz Henrique; BERNARDI, Andréa Cristina de Castro; VAZ, Carlos Manoel Pedro; PIRES, José Luiz Ferreira; GEBLER, Léa; JORGE, Lúcio André de Castro; INAMASU, Ricardo Yassushi (Ed.). Agricultura de precisão: um novo olhar na era digital. **São Carlos, SP: Cubo**, 2024. Cap. 3, p. 52–64. DOI: 10.4322/978-65-86819-38-0.1000082. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1170729/1/P-Inteligencia-artificial-aplicada-na.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2025.

KAMILARIS, Andreas; PRENAFETA-BOLDÚ, Francesc X. Deep learning in agriculture: a survey. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 147, p. 70-90, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>. Acesso em 14 ago 2025.

KUPFER, David Sérgio; TIGRE, Paulo B. Prospecção tecnológica. In: CARUSO, L. A.; TIGRE, P. B. (org.). Modelo SENAI de prospecção: documento metodológico. **Montevidéu:**

OIT/CINTERFOR, 2004. Cap. 2. Disponível em <https://www.ie.ufrj.br/images/IE/grupos/GIC/CORPO%20DOCENTE/DAVID%20SERGIO%20KUPFER/Cap%C3%ADulo%20de%20Livros/2004/KUPFER,%20D.;%20TIGRE,%20P.%20B.%20Prospec%C3%A7%C3%A3o%20Tecnol%C3%B3gica.pdf>. Acesso em 20 nov 2024.

KUHN, Odair José; NUNES, Ricardo Vianna; STANGARLIN, José Renato; RAMPIM, Leandro; FEY, Rubens; COSTA, Neumárcio Vilanova da; COSTA, Patrícia Barcellos; GUIMARÃES, Vandeir Francisco; ZAMBOM, Maximiliane Alavarse (orgs.). Ciências agrárias: tecnologias e perspectivas. **Marechal Cândido Rondon, PR: Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste**, 2015. 360 p. ISBN 978-85-68205-03-7. Disponível em: <https://www.uel.br/grupo-pesquisa/gpac/pages/arquivos/Ciencias%20Agrarias%20-%20Tecnologias%20e%20Perspectivas.pdf>. Acesso em 23 nov. 2024.

LEME, Mateus de Campos. Inteligência artificial utilizada na identificação de espécies e prognóstico visual de mudas florestais. 2021. 48 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônomicas) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP)**, Botucatu, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/c6ed421b-99d0-4ecc-803d-9d509fb4ca12/content>. Acesso em: 11 set. 2023.

LABRIGHLI, Khaoula; MOUJAHDI, Chouaib; EL OUALIDI, Jalal; RHAZI, Laila. Artificial Intelligence for Automated Plant Species Identification: A Review. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 13, n. 10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0131097>. Disponível em: <https://thesai.org/Publications/ViewPaper?Code=IJACSA&Issue=10&SerialNo=97&Volume=13>. Acesso em: 14 set. 2025.

LIAKOS, Konstantinos G.; BUSATO, Patrizia; MOSHOU, Dimitrios; PEARSON, Simon; BOCHTIS, Dionysis. **Machine learning in agriculture: a review**. *Sensors*, v. 18, n. 8, p. 2674, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/s18082674>. Acesso em 12 ago 2025

LIRA, Fernanda Guedes Queiroz de; NETO, Elias Jacob de Menezes. O papel da inteligência artificial na prevenção e combate às queimadas e na conservação do meio ambiente. In: **Seminário de Direito, Internet, Tecnologia e Sociedade, GT Direito – Internet, Tecnologia e Sociedade**, Seminário da UFRN, 2024. [S.l.]: UFRN, 2024. Disponível em: <https://seminario.ccsa.ufrn.br/article-named/6685af4c418c450011de82f4.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

LUDERMIR, Teresa Bernarda. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 85-94, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/wXBdv8yHBV9xHz8qG5RCgZd/?format=pdf>. Acesso em: 20 nov 2024.

JIN, Xin; WANG, Chenglin; CHEN, Kaikang; JI, Jiangtao; LIU, Suchwen; Wang, Yawei. A framework for identification of healthy potted seedlings in automatic transplanting system using computer vision. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 691753, 2021. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8362899/>. Acesso em 22 dez. 2024.

JORGE, Lúcio André de Castro; OSCO, Lucas Prado; MARCATO JÚNIOR, José; RAMOS, Ana Paula Marques; GONÇALVES, Wesley Nunes; SPERANZA, Eduardo Antonio; VAZ, Carlos Manoel Pedro; INAMASU, Ricardo Yassushi. Inteligência artificial aplicada na agricultura de precisão e digital. In: BASSOI, Luiz Henrique; BERNARDI, Andréa Cristina de Castro; VAZ, Carlos Manoel Pedro; PIRES, José Luiz Ferreira; GEBLER, Léa; JORGE, Lúcio André de Castro; INAMASU, Ricardo Yassushi (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar na era digital**. São Carlos, SP: Cubo, 2024. Cap. 3, p. 52–64. DOI: 10.4322/978-65-86819-38-0.1000082. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1170729/1/P-Inteligencia-artificial-aplicada-na.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2025.

KIM, Kwang Gi. Book review: Deep Learning. **Healthcare Informatics Research**, Seoul, v. 22, n. 4, p. 351-354, out. 2016. DOI: 10.4258/hir.2016.22.4.351. Disponível em: <https://doi.org/10.4258/hir.2016.22.4.351>. Acesso em: 25 set. 2025.

LECUN, Yann; BENGIO, Yoshua; HINTON, Geoffrey. **Deep learning**. **Nature**, v. 521, p. 436–444, 2015. Disponível em <https://hal.science/hal-04206682/document>. Acesso em 26 set 2025.

MARTINS, Fernando de Almeida; BANCI, Ricardo Cabral. Detecção e medição do crescimento de plantas por processamento de imagens: aplicação integrada ao SmartCampus e horta automatizada do IMT. 2024. f. **(Trabalho de Conclusão de Curso — Graduação em Engenharia de Computação) – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia (CEUN-IMT), São Caetano do Sul, 2024**. Disponível em: <https://maua.br/files/banci-martins-1702303589.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

MARTINS, Henrique Oliveira. Projeto de fabricação de sistema desentubetador de mudas. 2017. 110 f. **Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2017**. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/aa53324f-e9c6-4b24-b5c0-9e24dcb400b1/HENRIQUE%20OLIVEIRA%20MARTINS%20PME17.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

MAYERHOFF, Z. D. V. L. Uma Análise Sobre os Estudos de Prospecção Tecnológica. **Caderno de Prospecção**, n. 1, p. 7-9, 2008. Disponível em: <http://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/3538>. Acesso em: 16 jul. 2023.

MITCHELL, Tom M. Does Machine Learning **Really Work** **AI Magazine**, v. 18, n. 3, p. 11-20, 1997. DOI: 10.1609/aimag.v18i3.1303. Acesso em 25 set 2025.

MONARD, Maria Carolina; BARANAUSKAS, José Augusto. Aplicações de Inteligência Artificial: uma visão geral. **São Carlos: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC), Universidade de São Paulo, 2000**. 37 p. Disponível em: <https://dcm.ffclrp.usp.br/~augusto/publications/2000-laptec.pdf>. Acesso em: 02 set. 2024.

MONTEIRO, Reinaldo. Identificação de plantas. **Universidade Estadual Paulista - Unesp, 2001**. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/bf39d821-ed32-4a75-aaa3-5c7525a6f5ab>. Acesso em: 20 out 2024.

MONZANI, Rodrigo Martins; BALBO, Fabiano; AMÂNCIO, Indiana; MORALES, Rafael Gustavo Ferreira. Impactos da inteligência artificial na agricultura. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 38, n. 1, p. 5–6, abr. 2025. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/2043>. Acesso em: 18 jun. 2025.

MOSSMANN, Cléria Regina do Nascimento; BINOTTO, Erlaine. O potencial dos drones na Sustentabilidade Agrícola: uma revisão sistemática. **Scientific Journal ANAP**, [S. l.], v. 3, n. 12, mar. 2025. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/article/view/5548>. Acesso em: 9 jun. 2025.

OLIVEIRA, Gustavo Roberto Fonseca de; SALES, Felipe Kuhn Leão de; BATISTA, Thiago Barbosa; SILVA, Márcio Souza da; CICERO, Silvio Moure; GOMES-JUNIOR, Francisco Guilhien. Parâmetros morfológicos de processamento de imagens para caracterização da emergência da raiz primária na avaliação do vigor de sementes de tomate. **Journal of Seed Science**, v. 43, e202143005, 2021. DOI: 10.1590/2317-1545v43245215. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/3Z9KfMDbVhPbCmPVGbFwqYP/?lang=en>. Acesso em: 23 jul. 2025.

OLIVEIRA, Rosana Cavalcante de; COSTA, Terezinha Carolina Piani das Neves. Prospecção tecnológica aplicada à pesquisa agropecuária na Embrapa Amazônia Oriental – Belém, PA : **Embrapa Amazônia Oriental**, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/983412>. Acesso em: 16 jul. 2023.

PRADO, Eduardo Vicente do. Monitoramento de culturas agrícolas utilizando visão artificial. **Revista Gestão em Foco**, Amparo (SP), n. 13, p. 232–243, 2021. Disponível em: <https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2021/10/MONITORAMENTO-DE-CULTURAS-AGR%C3%8DCOLAS-UTILIZANDO-VIS%C3%83O-ARTIFICIAL-P%C3%A1g-232-%C3%A0-243.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

PELLIZZARO, Patrícia Costa; HARDT, Letícia Peret Antunes; HARDT, Carlos; HARDT, Marlos; SEHLI, Dyala Assef. Gestão e manejo de áreas naturais protegidas: contexto internacional. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, p. 19-36, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/yqHG3gkhqfLzZrCDyn7MblH/?lang=pt>. Acesso em: 02 set. 2024.

PORNPANOMCHAI, Chomtip; SUPAPATTRANON, Chawin Kuakiatngam Pitchayuk; SIRIWISESOKUL, Nititat. Leaf and Flower Recognition System (e-Botanist). **International Journal of Engineering and Technology**, [S.L], v. 3, n. 4, p. 347-351, ago. 2015. Disponível: <http://www.ijetch.org/papers/251-JT351.pdf>. Acesso em 14 jun 2023.

PRADO, Eduardo Vicente do. Monitoramento de culturas agrícolas utilizando visão artificial. **Revista Gestão em Foco**, Amparo (SP), n. 13, p. 232–243, 2021. Disponível em: <https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2021/10/MONITORAMENTO-DE-CULTURAS-AGR%C3%8DCOLAS-UTILIZANDO-VIS%C3%83O-ARTIFICIAL-P%C3%A1g-232-%C3%A0-243.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

PROCÓPIO, Lílian Costa; SECCO, Ricardo de Souza. A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do "tauari" (Couratari spp. e Cariniana spp. - Lecythidaceae) em duas áreas manejadas no estado do Pará. **ACTA AMAZONICA**, AM, v.

38, n. 1, p. 31-44, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/rxJVzbmhCPgqMyQLmV7ycdp/abstract/?lang=pt>. Acesso em 14 jun 2023.

RAMOS, Leticia Torcheto. Internet das Coisas na Agricultura: um protótipo para monitoramento ambiental com sensores integrados. 2024. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação) – Universidade Federal de Santa Catarina**, Campus Araranguá, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/262521>. Acesso em: 27 jun. 2025.

ROCHA, Isabela F.; KISSIMOTO, Kumiko O. Barriers and benefits in the adoption of artificial intelligence and IoT in operations management (Inteligência artificial e Internet das Coisas na gestão da operação: barreiras e benefícios). *Revista de Administração Mackenzie*, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 1–32, out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-6971/eRAMR220119.en>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ram/a/mGpm3mhb5vZ5VLPbmmfYBwt/?format=html&lang=en>. Acesso em 14 jun 2024.

RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3. ed. **Upper Saddle River: Prentice Hall**, 2010. Disponível em: [http://repo.darmajaya.ac.id/5272/1/Artificial%20Intelligence-A%20Modern%20Approach%20\(3rd%20Edition\)%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](http://repo.darmajaya.ac.id/5272/1/Artificial%20Intelligence-A%20Modern%20Approach%20(3rd%20Edition)%20(%20PDFDrive%20).pdf). Acesso em: 20 ago. 2024.

RUSSO, Inês Filipa Duarte. O impacto da inteligência artificial na sustentabilidade ambiental: uma agricultura sustentável. 2020. **Dissertação (Mestrado em Gestão de Sistemas de Informação) – Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa**, Lisboa, nov. 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/21023>. Acesso em: 11 jun. 2025.

SANTOS, Darlison Medeiros. Redes neurais convolucionais para classificar a maturação de frutos de café. 2022. 63 f. **Dissertação (Mestrado em Agricultura e Informações Geoespaciais)** — Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.359>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/36614>. Acesso em: 14 set. 2025.

SANTOS, Flavia Cristina dos; NEVES, Julio Cesar Lima; NOVAIS, Roberto Ferreira; ALVAREZ V., Víctor Hugo; SEDIYAMA, Carlos Sigueyuki. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1773–1784, ago. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400031>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/HQcZQq3LZ3vB3Tm4gQ3qNgq/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SARAIVA, Fernando Santos Osório; COLAÇO, André Freitas; DRUCKER, Debora Pignatari; MENDIONDO, Eduardo Mario; CORRÊA, Fernando Elias; SOARES, Filipi Miranda; MOLIN, José Paulo; BENSO, Marcos Roberto; MARQUES, Patricia Angélica Alves; DA SILVA, Roberto Fray; DE MIRANDA, Sílvia Helena Galvão; COSTA, Willian França; DELBEM, Alexandre Cláudio Botazzo. A inteligência artificial na pesquisa agrícola. *Revista USP*, n. 141, p. 91-106, abril/maio/junho 2024. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.i141p91-106>. Disponível em: <https://revistas.usp.br/revusp/article/view/225254>. Acesso em: 20 ago. 2024.

SILVA, Erika Matias da; SILVA, Ana Flávia da; ARAÚJO, José Lúcio de. Prospecção tecnológica acerca da produção e da aplicação de biofertilizantes no cultivo de leguminosas. **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 3, p. 999-1014, 2021. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v14i3.38223>

. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/38223>. Acesso em: 14 set. 2025.

SILVA, Luiz Otávio Lamardo Alves. Classificação visual de mudas de plantas ornamentais: análise da eficácia de técnicas de seleção de atributos. 2013. 103 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) – Escola Politécnica**, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.3.2013.tde-04112014-105007>. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-04112014-105007/pt-br.php>. Acesso em: 29 jun. 2025.

SILVA, Malithi de; BROWN, Dane. Early Plant Disease Detection Using Infrared and Mobile Photographs in Natural Environment. In: Arai, K. (ed.). **Intelligent Computing. Lecture Notes in Networks and Systems**, vol. 711. Cham: Springer Nature, 2023. p. 307-321. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-37717-4\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-031-37717-4_21). Acesso em 15 ago 2025

SILVA NETO, Antonio Pedro da. Identificação de espécies vegetais por meio de inteligência artificial no campus da UFERSA em Angicos. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) – **Universidade Federal Rural do Semi-Árido**, Campus Angicos, Angicos, 11 out. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/d25878b6-9afe-4a7f-bdc3-9b8dc84bd1ce>. Acesso em 14 jun 2024.

SICHMAN, Jaime Simão. Inteligência artificial e sociedade: avanços e riscos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 35, n. 101, p. 37–50, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/c4sqrthGMS3ngdBhGWtKhh/?format=pdf>. Acesso em: 02 set. 2024.

SOUZA, Guilherme Silveira Aquino de; SOARES, Vicente Paulo; LEITE, Hélio Garcia; GLERIANI, José Márcio; DO AMARAL, Cibele Hummel; FERREIRA, André Silveira; SILVEIRA, Marcos Vinícius Ferreira; DOS SANTOS, José Francisco Costa; VELLOSO, Simone Gleriani Silveira; DOMINGUES, Guilherme Ferreira. Multi-sensor prediction of Eucalyptus stand volume: A support vector approach. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 156, p. 135–146, out. 2019. DOI: 10.1016/j.isprs.2019.08.002 . Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isprs.2019.08.002>. Acesso em: 23 jul. 2025.

TEIXEIRA, Luciene Pires. Prospecção tecnológica: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013. 34 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; ISSN online 2176-5081, n. 317). Disponível em: [http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/versaomodelo/html/2013/doc/doc\\_317.shtml](http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/versaomodelo/html/2013/doc/doc_317.shtml). Acesso em: 06 jun. 2025.

TORNISIELLO, Victor Rozzatti. Sistema de Identificação e Classificação de Mudas de Plantas para Controle de Pragas em Plantações. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – **Universidade de São Paulo**, São Carlos, 2020. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/6518a85f-35f7-4c34-9503-11a1859e7055/TCC%20Vi>

ctorTornisielo.pdf. Acesso em: 04 jul. 2025.

VIANA, Marcela Esteves. Calibração de sistemas de visão computacional para aplicação em automação e robótica. 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – **Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2011. Disponível em [https://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EngMecanica\\_ViannaME\\_1.pdf](https://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EngMecanica_ViannaME_1.pdf). Acesso em 28 set 2025.

VIEIRA, Jaqueline Santos; CAMARGO, Maria Emília. Agricultura sustentável e inteligência artificial: análise de contribuições e desafios. **Revista Eletrônica Científica ITPAC (RECIT)**, Curitiba, v. 16, n. 39, p. 124–136, 2025. DOI: 10.3895/recit.v16.n39. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/recit/article/download/19217/19217%20pdf>. Acesso em: 9 jun. 2025.

## ANEXO A – Comprovante de publicação de artigo

Título do Artigo publicado: O potencial da inteligência artificial na preservação da Floresta Amazônica: resultados e implicações.

Revista: Revista Caderno Pedagógico

Publicado em 22-10-2024

Revista Caderno Pedagógico:

<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/9551/5558>

DOI: <https://doi.org/110.54033/cadpedv21n10-265>



### DECLARAÇÃO

Caderno Pedagógico, ISSN 1983-0882, declara para os devidos fins, que o artigo intitulado O potencial da inteligência artificial na preservação da Floresta Amazônica: resultados e implicações de autoria de Fernanda Ferreira Alves, Marcio Rodrigues Miranda, Minelly Azevedo da Silva, foi publicado no v.21, n.10, de 2024.

A revista é on-line, e os artigos podem ser encontrados ao acessar o link:

<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/issue/view/124>

DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n10-265>

Por ser a expressão da verdade, firmamos a presente declaração.

Curitiba, outubro 22, 2024.

Equipe Editorial



Título do Artigo publicado: Inteligência Artificial na Identificação Automatizada de Mudanças de Plantas: prospecção tecnológica e aplicações na agricultura

Revista: Cadernos de Prospecção

Publicado em 01-04-2025

Cadernos de Prospecção: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/61219/36982>

DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v18i2.61219>



Fernanda Alves <fernandafalv3s@gmail.com>

---

### Publicação da Revista Cadernos de Prospecção V. 18 n. 2, Abril de 2025

---

Denise Bunn <projetos.lede@gmail.com>  
Cco: fernandafalv3s@gmail.com

1 de abril de 2025 às 08:13

Prezados autores, bom dia!

Parabéns!

A Revista Cadernos de Prospecção (v. 18 n. 2 (2025)) já está publicada e temos a contribuição do seu artigo. Informamos que a autenticação do DOI já foi solicitada a equipe da UFBA.

<https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/index>

Boa leitura!

Atenciosamente,

Denise

## Inteligência Artificial na Identificação Automatizada de Mudanças de Plantas: prospecção tecnológica e aplicações na agricultura

*Artificial Intelligence in the Automated Identification of Plant Seedlings:  
technological prospection and applications in agriculture*

Fernanda Ferreira Alves<sup>1</sup>, Marcio Rodrigues Miranda<sup>1</sup>, Minelly Azevedo da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Porto Velho, RO, Brasil

### Resumo

A prospecção tecnológica na identificação de mudas de plantas utilizando inteligência artificial revela um cenário dinâmico e promissor, com um aumento significativo no número de patentes registradas, se destacando a China e os Estados Unidos. Com o objetivo de identificar as inovações relacionadas ao desenvolvimento da identificação de mudas, o estudo apresenta uma prospecção tecnológica relacionada com a identificação de mudas, analisando 91 patentes com foco nos anos de aplicação, situação legal e distribuição geográfica dos inventores. Os resultados evidenciaram a ausência do Brasil nesse contexto, o que sugere a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre a viabilidade e os benefícios dessa tecnologia para o setor agrícola no país. Além disso, a colaboração global é fundamental para impulsionar o desenvolvimento responsável dessas tecnologias, com foco na sustentabilidade e na eficiência agrícola. A escassez de patentes registradas no Brasil indica uma lacuna significativa que, se abordada, pode trazer avanços consideráveis ao setor. Portanto, é essencial apresentar evidências sobre os impactos positivos que essa tecnologia pode ter, a fim de incentivar investimentos e políticas de inovação que promovam uma participação mais ativa do Brasil nesse cenário.

Palavras-chave: Inovação; Classificação de imagens; Aprendizado de máquina.

Áreas Tecnológicas: Prospecção Tecnológica. Classificação de Imagens. Aprendizado de Máquina. Sustentabilidade.

### Abstract

Technological prospecting in the identification of plant seedlings using artificial intelligence reveals a dynamic and promising scenario, with a significant increase in the number of registered patents, particularly in China and the United States. With the objective of identifying innovations related to the development of seedling identification, the study presents a technological prospect related to seedling identification, analyzing 91 patents focusing on the years of application, legal status and geographic distribution of the inventors. The results highlighted the absence of Brazil in this context, which suggests the need for a more in-depth study on the viability and benefits of this technology for the agricultural sector in the country. Furthermore, global collaboration is key to driving the responsible development of these technologies, with a focus on agricultural sustainability and efficiency. The scarcity of patents registered in Brazil indicates a significant gap that, if addressed, could bring considerable advances to the sector. Therefore, it is essential to present evidence on the positive impacts that this technology can have, in order to encourage investments and innovation policies that promote Brazil's more active participation in this scenario.

Keywords: Innovation; Image classification; Machine learning.



Direito autorial e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma Licença Creative Commons. Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra, forneça um link para a licença, e indicar se foram feitas alterações.

Recebido: 04/05/2024  
Aceito: 21/09/2024

## APÊNDICE B – Artigo Publicado

Caderno Pedagógico

Revista  
**CADERNO  
PEDAGÓGICO**

REVISTA CADERNO PEDAGÓGICO – Studies Publicações Ltda.  
ISSN: 1983-0882

**O potencial da inteligência artificial na preservação da Floresta Amazônica: resultados e implicações**

**The potential of artificial intelligence in the preservation of the Amazon Forest: results and implications**

**El potencial de la inteligencia artificial en la conservación del Bosque Amazónico: resultados e implicaciones**

DOI: 10.54033/cadpedv21n10-265

Originals received: 09/17/2024

Acceptance for publication: 10/07/2024

### **Fernanda Ferreira Alves**

Graduada em Sistemas de Informação

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)

Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil

E-mail: fernandafalves1998@gmail.com

### **Marcio Rodrigues Miranda**

Doutor em Ciências Biológicas

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)

Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil

E-mail: marcio.miranda@ifro.edu.br

### **Minelly Azevedo da Silva**

Doutora em Biologia Experimental

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)

Endereço: Porto Velho, Rondônia, Brasil

E-mail: minelly.silva@ifro.edu.br

### **RESUMO**

O presente artigo trata de uma revisão integrativa da literatura, que visa identificar os estudos que analisaram o uso da inteligência artificial (IA) na preservação da Floresta Amazônica. Para a elaboração da revisão foram utilizadas as seguintes etapas: i) identificação do tema, formulação da pergunta norteadora; ii) delimitação dos descritores; iii) seleção das bases de dados; iv) estabelecimento de critérios de exclusão e de inclusão dos trabalhos; v) busca da amostragem na literatura e pré-seleção dos trabalhos; vi) leitura dos estudos selecionados; e vii) interpretação dos resultados. Foram encontrados 22

## APÊNDICE C – Matriz SWOT

### Força

- Eficácia e precisão na identificação das plantas no viveiro;
- Redução de erros humanos e tomada de decisões mais assertivas;
- Potencial para aumentar a produtividade e rentabilidade do viveiro;
- Capacidade de replicação da solução em outros viveiros da Amazônia, o que fortaleceria o impacto regional da proposta.

### Fraqueza

- Necessidade de especialistas qualificados para desenvolvimento e manutenção da inteligência artificial a ser usada;
- Custo inicial para a implementação da tecnologia de inteligência artificial.

## SWOT

### Oportunidade

- Oferecer serviços de consultoria;
- Integração com outras tecnologias, como Internet das Coisas (IoT) e Big Data, para melhorar os resultados;
- Possibilidade de geração de ativos de PI e spin-offs, coerente com o escopo do PROFNIT.

### Ameaça

- O demandante desistir do projeto;
- O demandante não querer seguir as orientações do relatório devido ao custo de implantação;
- Falta de políticas públicas consolidadas para fomento a IA na agricultura familiar.

## APÊNDICE D – Modelo de Negócio CANVAS

<p style="text-align: center;"><b>Parceiros Chave</b></p> <p>Fundação Rondônia de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia - FAPERÓ;</p> <p>Núcleo de Inovação Tecnológica - NIT.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Atividades Chave</b></p> <p>Catalogar as mudas em um banco de dados; Desenvolver um prognóstico de implementação de inteligência artificial; Análise de PI.</p> <p style="text-align: center;"><b>Recursos Chaves</b></p> <p>Conhecimento na área de tecnologia.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Propostas de Valor</b></p> <p>Relatório Técnico Científico;</p> <p>Consultoria personalizada para o Centro de Estudo CES RIOTERRA, com foco na valorização da biodiversidade amazônica.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Relacionamento</b></p> <p>E-mail;</p> <p>Retorno contínuo de atualização do modelo de IA com base nos dados reais do viveiro.</p> <p style="text-align: center;"><b>Canais</b></p> <p>Publicações Científicas; Congressos; Confereências.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Segmentos de Clientes</b></p> <p>Fundação Rondônia de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia - FAPERÓ;</p> <p>Pesquisadores.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Estrutura de Custos</b></p> <p>Equipe; Desenvolvimento do Relatório Técnico-Conclusivo</p>		<p style="text-align: center;"><b>Fluxos de Receita</b></p> <p>Edital 53/2023</p>		

## **APÊNDICE E – Relatório Técnico-Conclusivo**