



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROPRIEDADE
INTELECTUAL E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA
PARA INOVAÇÃO**

RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO

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

Autora: Fernanda Ferreira Alves

Orientador (a): Dr^a Minelly Azevedo da Silva

Coorientador: Dr. Marcio Rodrigues Miranda



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.

42 f. : il.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Minelly Azevedo da Silva.

Coorientador(a): Prof. Dr. Marcio Rodrigues Miranda.

Produto Educacional (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. Algoritmos. 2. Amazônia. 3. Inovação. 4. Inteligência artificial. 5. Viveiros. 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

PREFÁCIO

O presente relatório técnico conclusivo apresenta os resultados da pesquisa intitulada “Prospecção tecnológica sobre a aplicação da inteligência artificial no monitoramento de mudas em viveiros”, desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia.

Este trabalho busca explorar o potencial da inteligência artificial como ferramenta para aprimorar o monitoramento e a gestão de mudas em viveiros, contribuindo para práticas mais eficientes e sustentáveis.

A elaboração deste relatório permitiu consolidar conhecimentos teóricos e práticos adquiridos durante o curso de pós-graduação, além de proporcionar reflexão sobre a aplicação de tecnologias inovadoras no contexto de preservação ambiental e desenvolvimento tecnológico.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação, aos professores e colegas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa, bem como ao Instituto Federal de Rondônia pelo apoio institucional.

RESUMO

O relatório técnico apresenta uma prospecção sobre o uso da inteligência artificial (IA) no monitoramento de mudas em viveiros, com foco na identificação, catalogação e gestão eficiente de espécies vegetais. A pesquisa adotou metodologia composta por revisão sistemática da literatura, análise de componentes tecnológicos – incluindo sensores, câmeras RGB e multiespectrais, algoritmos de aprendizado de máquina como redes neurais convolucionais (CNNs), SVM, e plataformas de processamento em nuvem ou locais – e recomendações práticas para implementação em ambientes brasileiros, principalmente na Amazônia. Os resultados evidenciam avanços em precisão e agilidade, redução de erros humanos, integração com sistemas digitais e aplicações de IA em projetos-pilotos e soluções de campo, promovendo impactos positivos nas dimensões social, ambiental e econômica. Destacam-se a capacitação de profissionais, a automação de processos, a sustentabilidade ambiental e a redução de perdas produtivas. A conclusão ressalta que a adoção de IA é estratégica para a modernização dos viveiros, exigindo investimentos em infraestrutura, qualificação técnica e governança de dados, alinhando-se às metas de sustentabilidade e inovação. As perspectivas reforçam o potencial de integração com IoT e recomendam ampliação de parcerias institucionais para fortalecer o ecossistema de inovação florestal brasileiro.

Palavras-chave: Algoritmos; Amazônia; Inovação; Inteligência artificial; Viveiros.

ABSTRACT

The technical report presents an overview of the use of artificial intelligence (AI) in monitoring changes in nurseries, with a focus on the identification, cataloging, and efficient management of plant species. The research adopted a methodology consisting of a systematic literature review, analysis of technological components – including sensors, RGB and multispectral cameras, machine learning algorithms such as convolutional neural networks (CNNs), SVM, and cloud or local processing platforms – and practical recommendations for implementation in Brazilian environments, particularly in the Amazon. The results demonstrate advances in precision and agility, reduction of human error, integration with digital systems and AI applications in pilot projects and field solutions, promoting positive impacts in the social, environmental and economic dimensions. Highlights include professional training, process automation, environmental sustainability, and reduced production losses. The conclusion emphasizes that AI adoption is strategic for the modernization of nurseries, requiring investments in infrastructure, technical qualifications, and data governance, aligning with sustainability and innovation goals. The perspectives reinforce the potential for integration with IoT and recommend expanding institutional partnerships to strengthen the Brazilian forestry innovation ecosystem.

Keywords: Algorithms; Amazon; Innovation; Artificial intelligence; Nurseries.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. JUSTIFICATIVA.....	2
3. OBJETIVOS.....	4
3.1 Objetivo Geral.....	4
3.2 Objetivos Específicos.....	4
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
5. METODOLOGIA.....	5
5.1 Revisão exploratória da literatura e prospecção tecnológica.....	6
5.2 Descrição dos principais componentes usados para o monitoramento de mudas utilizando a inteligência artificial.....	7
5.3 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.....	9
5.4 Matriz de validação/amarração.....	10
6. RESULTADOS E IMPACTOS.....	11
6.1 Resultados.....	11
6.1.1 Revisão exploratória da literatura existente sobre a aplicação da inteligência artificial no monitoramento de mudas, identificando estudos relevantes, avanços tecnológicos e tendências recentes.....	12
6.1.2 Descrição dos principais componentes usados para o monitoramento de mudas utilizando a inteligência artificial.....	16
6.1.3 Recomendações práticas para a implementação da inteligência artificial no monitoramento e catalogação de mudas em viveiros, incluindo estratégias de implantação, seleção de tecnologias e treinamento de pessoal.....	21
6.1.3.1 O Cenário AgTech Brasileiro: Uma Abordagem de Motor Duplo.....	23
6.2 Impactos.....	25
7. CONCLUSÃO.....	28
8. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	29

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 30

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório técnico tem como objetivo apresentar uma prospecção tecnológica sobre a aplicação da IA no monitoramento de mudas em viveiros, com ênfase na melhoria da identificação, catalogação e gestão das espécies vegetais. A prospecção tecnológica constitui uma abordagem sistemática para identificar e mapear avanços científicos e tecnológicos que possam impactar de forma significativa uma determinada área de atuação, possibilitando a antecipação de tendências e a identificação de oportunidades emergentes (Mayerhoff, 2008; Oliveira; Costa, 2014).

A Amazônia, reconhecida mundialmente por sua rica biodiversidade vegetal, apresenta desafios significativos para a identificação correta das espécies, dado o grande número de espécies e a variação regional de nomes vernaculares (Frickmann; Villas Bôas, 2015; Procópio; Secco, 2008). Tradicionalmente, a identificação das mudas em viveiros é realizada manualmente, baseada no conhecimento empírico dos viveiristas, o que pode gerar inconsistências e prejuízos econômicos, além de comprometer esforços de conservação (Procópio; Secco, 2008).

Nesse contexto, a aplicação da IA oferece uma oportunidade para automatizar e aprimorar a identificação de mudas, por meio de técnicas como aprendizado de máquina, redes neurais e processamento de imagens, capazes de detectar características visuais e padrões das plantas com maior precisão (Costa, 2006). Além disso, algoritmos de processamento de linguagem natural podem auxiliar na extração de informações de documentos científicos e bancos de dados, ampliando a base de conhecimento para tomada de decisões estratégicas no manejo de viveiros.

O estudo considera ainda a importância de ambientes estruturados para a produção de mudas, como os viveiros, que oferecem condições controladas de cultivo e facilitam a coleta de dados para o treinamento e aplicação de modelos de IA (Góes, 2006). Ao integrar prospecção tecnológica e inteligência artificial, este relatório busca fornecer subsídios técnicos para o monitoramento eficiente de mudas, contribuindo para a otimização da produtividade, a redução de erros no monitoramento das espécies e o fortalecimento das ações de conservação e restauração ecológica na região de Rondônia (Flores et al., 2013).

Dessa forma, a prospecção tecnológica apresentada neste relatório permite uma visão abrangente das soluções inovadoras que a IA pode oferecer ao setor de viveiros, destacando seu potencial de aplicação prática e impacto positivo na preservação ambiental e no desenvolvimento sustentável da Amazônia.

2. JUSTIFICATIVA

A aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas florestais representa um avanço significativo, ao proporcionar maior eficiência e precisão nesse processo, aspecto essencial para o manejo sustentável e o plantio adequado na região amazônica. Contudo, a adoção prática dessas tecnologias exige não apenas o domínio aprofundado de técnicas avançadas de IA, mas também a compreensão detalhada das características fenotípicas e morfológicas das espécies em fase inicial de desenvolvimento. Nesse cenário, a prospecção tecnológica assume um papel estratégico, pois possibilita identificar soluções inovadoras, mapear tendências emergentes, analisar o estado da arte em bases científicas e tecnológicas, e apoiar instituições como a Fundação de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa de Rondônia (FAPERO) e o Centro de Estudos Rioterra (CES Rioterra) na definição de estratégias de adoção tecnológica. Ao preencher essa lacuna, a pesquisa oferece subsídios científicos e tecnológicos que fortalecem a conservação ambiental, o avanço acadêmico e a promoção do desenvolvimento sustentável da região.

A relevância do estudo também se manifesta em sua aderência ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (PROFNIT), que tem como missão estimular a geração de ativos intelectuais, a inovação tecnológica e a transferência de conhecimento para a sociedade. Embora os viveiros demonstrem crescente interesse por soluções digitais, ainda é limitado o conhecimento sobre as potencialidades da IA na identificação e catalogação de espécies. Nesse sentido, a prospecção tecnológica permite identificar softwares, algoritmos e modelos preditivos passíveis de aplicação, configurando ativos intelectuais suscetíveis de proteção legal por meio de direitos autorais ou patentes. Essa perspectiva contribui para fortalecer o diferencial competitivo das instituições, ao mesmo tempo em que reflete o caráter interdisciplinar do PROFNIT, que integra conhecimentos de Tecnologia da Informação, Engenharia Florestal, Inovação e Gestão Tecnológica.

Os impactos da adoção da inteligência artificial nesse campo extrapolam a esfera operacional, estendendo-se às dimensões social, ambiental e econômica. A automação do processo de identificação permite reduzir significativamente o tempo necessário para o reconhecimento das espécies, além de fornecer informações adicionais sobre as mudas, como padrões de crescimento e necessidades específicas de manejo. Essa tecnologia também favorece a formação e capacitação de profissionais locais para o uso e manutenção de sistemas inteligentes, fortalecendo o capital humano e promovendo benefícios diretos às comunidades. Ao mesmo tempo, a iniciativa está alinhada à Agenda 2030 da ONU,

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

especialmente ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 9, que trata da promoção da inovação tecnológica e infraestrutura sustentável, e ao ODS 15, que aborda a conservação da biodiversidade e o manejo sustentável da vida terrestre.

A aplicabilidade da IA na identificação de mudas em viveiros é ampla e prática, uma vez que possibilita não apenas a catalogação automatizada das espécies, mas também o monitoramento contínuo de seu crescimento e desenvolvimento. A análise de soluções existentes e de casos de sucesso em âmbito nacional e internacional oferece ao CES Rioterra um panorama abrangente, capaz de orientar a adoção de tecnologias de ponta, adaptadas às necessidades regionais. Além de otimizar processos internos e melhorar a qualidade dos serviços, essa perspectiva amplia a capacidade de atendimento aos usuários, que passam a dispor de informações detalhadas e confiáveis sobre as espécies.

A dimensão inovadora desta pesquisa reside no desenvolvimento de soluções inéditas, especialmente no contexto amazônico. Em caráter prospectivo, destaca-se o potencial de utilização de redes neurais convolucionais treinadas com imagens de mudas nativas da região, capazes de automatizar o reconhecimento das espécies com elevada precisão, superando limitações de modelos genéricos disponíveis no país. Essa abordagem pode reduzir em até 70% o tempo de identificação e aumentar a assertividade no manejo adequado, sobretudo quando integrada a aplicativos móveis que possibilitam o cadastro, o georreferenciamento e o monitoramento em tempo real das mudas. Trata-se, portanto, de uma solução tecnológica diferenciada, que não apenas promove eficiência e sustentabilidade, mas também se alinha à missão do PROFNIT de impulsionar a inovação e a bioeconomia com foco nas especificidades regionais.

Por fim, cabe destacar que a prospecção tecnológica da aplicação da IA na identificação de mudas envolve elevada complexidade metodológica. A coleta de informações em bases científicas e patentárias especializadas, como EspaceNET e ORBIT, requer rigor na organização e interpretação crítica dos dados, além da elaboração de relatórios técnicos consistentes que atendam às exigências éticas e acadêmicas. Essa complexidade, entretanto, assegura a robustez e a confiabilidade dos resultados, fornecendo insumos estratégicos para a tomada de decisões institucionais e contribuindo para o fortalecimento da pesquisa científica e da inovação tecnológica no setor florestal.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo prospectivo sobre a utilização da Inteligência Artificial na identificação e no monitoramento de mudas em viveiros.

3.2 Objetivos Específicos

- Revisar a literatura existente sobre a aplicação da inteligência artificial na identificação de mudas, identificando estudos relevantes, avanços tecnológicos e tendências recentes.
- Descrever os principais componentes tecnológicos aplicados ao processo de identificação de mudas.
- Propor recomendações práticas para a implementação da inteligência artificial em viveiros de mudas, contemplando estratégias de implantação, seleção de tecnologias e treinamento de pessoal.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste estudo estrutura-se em três dimensões inter-relacionadas: fundamentos da inteligência artificial aplicados à agricultura, tecnologias para monitoramento de plantas e mudas, e prospecção tecnológica e inovação.

A IA tem se consolidado como ferramenta estratégica na agricultura, permitindo o processamento e a análise de grandes volumes de dados, a automação de processos e o apoio à tomada de decisão (Russell & Norvig, 2010; Liakos *et al.*, 2018). Algoritmos de aprendizado de máquina, redes neurais convolucionais e sistemas de visão computacional têm sido amplamente aplicados à classificação de espécies vegetais, otimização do manejo e monitoramento do crescimento das plantas (Leme, 2021; Labrighli *et al.*, 2022). Essas tecnologias oferecem elevada precisão, rapidez na identificação e redução de erros humanos, além de favorecerem a sustentabilidade e a eficiência operacional em viveiros.

Paralelamente, o avanço de dispositivos tecnológicos, como sensores multiespectrais, drones e aplicativos móveis, possibilita a captura de dados em tempo real e a integração com sistemas inteligentes. Essa abordagem permite o monitoramento detalhado das mudas, a avaliação da saúde vegetal e a rastreabilidade das plantas, contribuindo para práticas de manejo mais assertivas e para a conservação ambiental (Fernandes, 2022; Cardoso *et al.*, 2023).

No âmbito da prospecção tecnológica, a análise sistemática de patentes, registros de softwares e artigos científicos proporciona uma compreensão abrangente das tendências

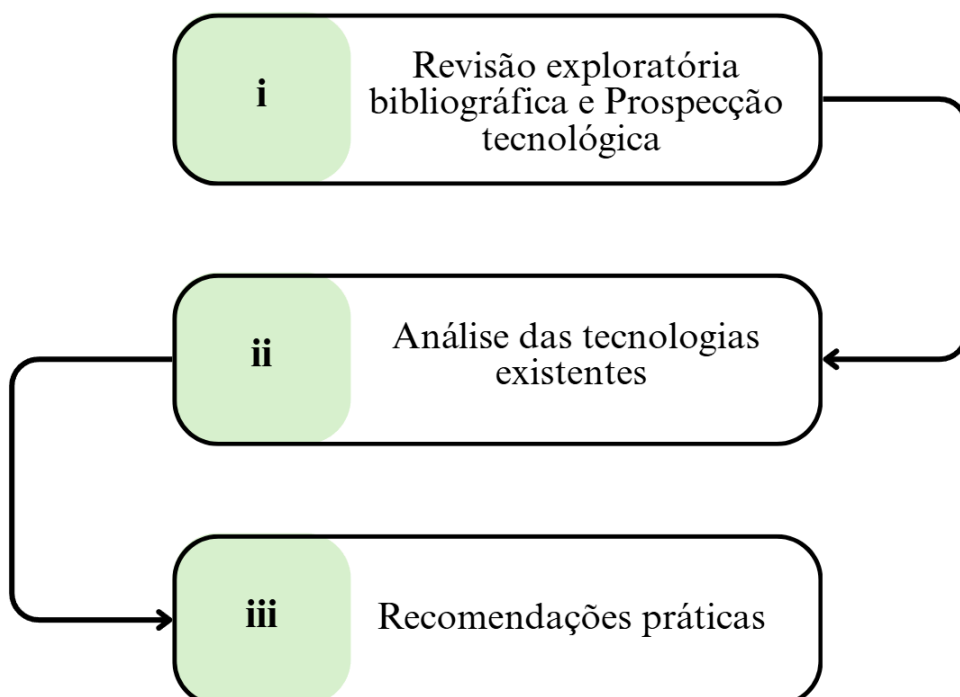
emergentes, permitindo antecipar oportunidades e apoiar estratégias de inovação tecnológica. A identificação de lacunas e a detecção de soluções inovadoras orientam investimentos em pesquisa e desenvolvimento, além de fomentar a criação de ativos intelectuais, como softwares especializados e metodologias protegíveis por direitos de propriedade industrial (Kupfer; Tigre, 2004; Teixeira, 2013; Saraiva *et al.*, 2024).

Assim, a convergência entre inteligência artificial, tecnologias digitais e prospecção tecnológica cria um arcabouço teórico robusto para a aplicação de soluções inovadoras em viveiros florestais. Esse referencial sustenta o desenvolvimento de estratégias para otimizar o manejo, melhorar a qualidade das mudas e promover a sustentabilidade ambiental, oferecendo subsídios para a tomada de decisão em políticas de inovação e na implementação de tecnologias de ponta no setor.

5. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada em três etapas principais, visando à análise aprofundada da aplicação da inteligência artificial (IA) na identificação de mudas em viveiros. As etapas compreendem: (i) revisão sistemática da literatura, (ii) análise dos principais componentes tecnológicos utilizados na identificação automatizada de mudas, e (iii) desenvolvimento de recomendações práticas para a implementação da IA em ambientes produtivos. A Figura 01 apresenta o fluxograma com a organização metodológica do estudo.

Figura 01: Fluxograma da metodologia.



Fonte: Autora, 2025.

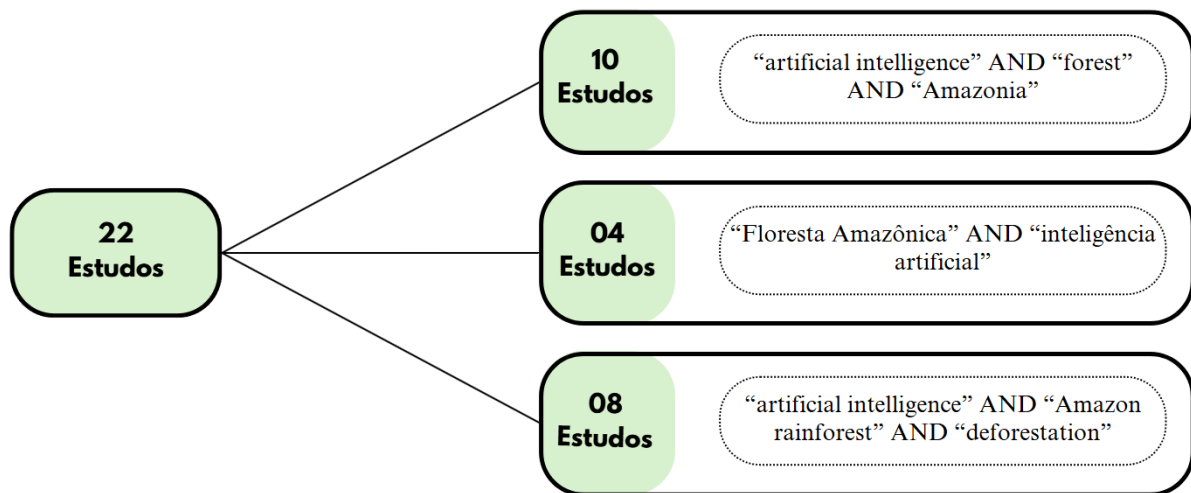
5.1 Revisão exploratória da literatura e prospecção tecnológica

A primeira etapa consistiu em uma revisão bibliográfica sistemática, com o objetivo de identificar estudos científicos, artigos, teses, dissertações e monografias sobre a aplicação da IA na identificação de mudas. Foram utilizadas bases de dados acadêmicas, incluindo Google Scholar e Periódicos CAPES.

Para a busca, foram empregados os descritores em português e inglês: “*forest*”, “*Amazon rainforest*”, “*artificial intelligence*”, “*deforestation*”, “inteligência artificial” e “Floresta Amazônica”. O recorte temporal considerou publicações de 2011 a 2023, priorizando trabalhos que abordassem diretamente o monitoramento automatizado de mudas e suas aplicações em viveiros e sistemas agrícolas.

A seleção dos estudos seguiu critérios preestabelecidos, como ilustrado na Figura 02.

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



Fonte: Autora, 2025.

Além da revisão de literatura, para conduzir o estudo de prospecção tecnológica de aplicativos de identificação de imagens, adotou-se uma abordagem baseada em análise de patentes, utilizando a base de dados do *European Patent Office* (EPO) como fonte primária. Esta escolha foi fundamentada na abrangência e na qualidade dos dados disponíveis, bem como na reputação do EPO como fonte confiável de informações patentárias.

Inicialmente, foi realizada uma revisão do setor de interesse para identificar palavras-chave em inglês relevantes para o campo de identificação de imagens utilizando IA. As palavras-chave foram selecionadas com base em sua representatividade e abrangência em

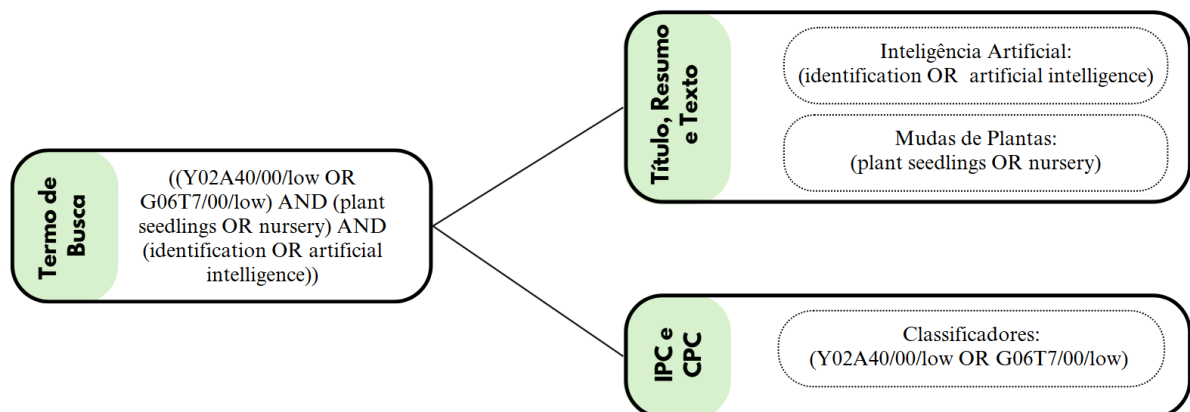
RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

relação ao tema de pesquisa. Também foram definidos os classificadores de patente, *International Patent Classification* (IPCs) e *Cooperative Patent Classification* (CPCs), para direcionar o levantamento às tecnologias específicas dentro do domínio.

Foram utilizados operadores booleanos “AND” e “OR” para refinar a busca, combinando palavras-chave e classificadores de maneira a equilibrar sensibilidade e especificidade. Essa abordagem permitiu direcionar a pesquisa para patentes relevantes que abordassem tanto a identificação de imagens quanto a inteligência artificial, filtrando os resultados de acordo com critérios específicos.

Os campos de título, resumo e reivindicações das patentes foram selecionados como principais locais de pesquisa, dada sua importância na descrição das tecnologias patenteadas. Os classificadores de patentes foram incluídos como componente crucial, permitindo direcionar o escopo de pesquisa para áreas específicas do campo de identificação de imagens, como ilustrado na Figura 02, que apresenta o critério de busca adotado.

Figura 03: Critério de busca.



Fonte: Autora, 2025.

A prospecção tecnológica considerou o período desde a primeira patente depositada em 1998 até o presente, permitindo não apenas identificar tecnologias recentes, mas também traçar a evolução das tecnologias de identificação de imagens ao longo do tempo, fornecendo insights importantes para a inovação e futuras aplicações no contexto de viveiros de mudas.

5.2 Descrição dos principais componentes usados para o monitoramento de mudas utilizando a inteligência artificial.

A segunda etapa da metodologia consistiu na análise dos principais componentes tecnológicos empregados na aplicação da IA para a identificação automatizada de mudas. Com base nos estudos revisados e nas patentes analisadas, foram definidas cinco categorias interdependentes de componentes que, de forma integrada, viabilizam o funcionamento dos sistemas de IA nesse contexto.

A primeira categoria refere-se aos dispositivos de coleta de dados, que desempenham papel fundamental no início do processo. Incluem-se nessa categoria as câmeras RGB, utilizadas para capturar imagens em alta resolução; as câmeras multiespectrais, que possibilitam a análise de aspectos não perceptíveis a olho nu, como o estado nutricional das plantas; e os sensores ambientais, responsáveis pela medição de variáveis como temperatura, umidade e luminosidade – fatores que influenciam diretamente o desenvolvimento das mudas.

A segunda categoria compreende os sistemas de visão computacional, responsáveis por processar as imagens coletadas e extrair características visuais relevantes, como cor, formato, textura e padrões específicos. Esses sistemas são baseados em softwares e bibliotecas especializadas, que permitem a automatização da análise de imagens, garantindo maior agilidade e precisão ao processo de identificação.

A terceira categoria abrange os algoritmos de inteligência artificial e aprendizado de máquina, responsáveis pela interpretação dos dados processados e pela classificação automatizada das mudas. Entre os algoritmos mais utilizados destacam-se as CNNs, reconhecidas pela alta acurácia na análise de imagens; as Máquinas de Vetor de Suporte (SVM), eficazes na categorização de dados complexos; e o Random Forest, conhecido por sua robustez e capacidade de lidar com conjuntos de dados heterogêneos.

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

Por último, a quinta categoria corresponde às interfaces de usuário, voltadas à visualização e interação com os resultados obtidos pelos sistemas de IA. Dashboards e aplicativos móveis são empregados para apresentar as análises de forma clara e acessível,

permitindo que técnicos, viveiristas e gestores tomem decisões em tempo real, fundamentadas nas informações geradas pelos modelos inteligentes.

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

5.3 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 nas etapas anteriores e na análise de casos de sucesso identificados. 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 execução de projetos piloto. Essa abordagem permite avaliar a viabilidade e os benefícios da IA em ambientes controlados, possibilitando 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 à rastreabilidade das mudas. A escolha adequada das ferramentas tecnológicas assegura maior eficiência e integração com os processos produtivos.

O sucesso da adoção da IA também depende do planejamento e execução de programas de capacitação voltados ao 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 interpretação adequada dos resultados gerados. Dessa forma, garante-se que a equipe esteja preparada para lidar com as novas demandas tecnológicas.

Além disso, é essencial assegurar a interoperabilidade dos sistemas utilizados, permitindo 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, colaborativa e orientada por dados.

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

Por fim, destaca-se a importância da adoção de boas práticas de governança de dados, que envolvem a implementação de medidas voltadas à segurança, qualidade e ética no uso das informações, protegendo tanto os dados sensíveis quanto a reputação das instituições envolvidas.

Essas diretrizes 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 apresentado no Quadro 01.

Quadro 01: Diretrizes para Adoção da Inteligência Artificial na Identificação e Catalogação de Mudas 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

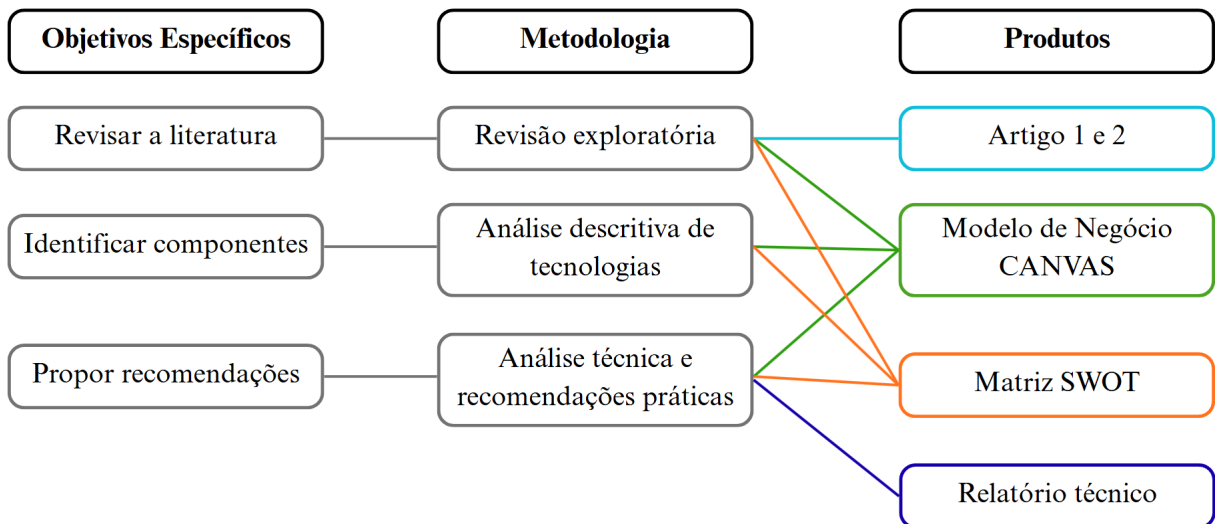
Fonte: Autora, 2025.

5.4 Matriz de validação/amarração

Para evidenciar a coerência entre objetivos, metodologia e produtos gerados, foi elaborada a matriz de amarração (Figura 04), que demonstra como cada etapa da pesquisa contribuiu para o cumprimento dos objetivos gerais e específicos do estudo.

A matriz reforça o alinhamento do trabalho aos princípios da pesquisa aplicada e à orientação para inovação tecnológica, evidenciando a relação entre levantamento bibliográfico, análise de componentes, proposição de recomendações e produção científica (artigos e relatórios técnicos).

Figura 04: Fluxograma da metodologia.



Fonte: Autora, 2025.

6. RESULTADOS E IMPACTOS

6.1 Resultados

A análise desenvolvida neste estudo baseou-se em três etapas principais: revisão da literatura, análise dos componentes tecnológicos e proposição de recomendações, cujos resultados são apresentados e discutidos a seguir. Essas etapas possibilitaram identificar avanços científicos e tecnológicos relacionados à aplicação da IA no monitoramento de mudas, lacunas de pesquisa ainda existentes e tendências emergentes no uso de soluções baseadas em IA para o setor de viveiros.

Os resultados obtidos refletem a consolidação de um panorama atualizado sobre o estado da arte, evidenciando o crescimento das investigações e o interesse crescente na adoção de tecnologias inteligentes para aprimorar a produção, o monitoramento e a gestão de

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

mudas, especialmente em contextos voltados à restauração ecológica e à sustentabilidade ambiental.

A seguir, são apresentados os resultados da revisão exploratória da literatura e da prospecção tecnológica, seguidos da discussão sobre as potenciais aplicações e recomendações para o contexto amazônico.

6.1.1 Revisão exploratória da literatura existente sobre a aplicação da inteligência artificial no monitoramento de mudas, identificando estudos relevantes, avanços tecnológicos e tendências recentes.

A revisão exploratória da literatura evidenciou o avanço contínuo da IA como ferramenta estratégica para o monitoramento de mudas de plantas, especialmente no contexto da agricultura de precisão e da restauração ecológica. Entre os principais métodos identificados, destacam-se as CNNs, amplamente aplicadas em tarefas de visão computacional para análise e classificação de imagens vegetais (OSCO *et al.*, 2020). Essas técnicas permitem identificar características morfológicas das mudas com elevado grau de precisão, reduzindo erros humanos e acelerando o processo de seleção e monitoramento.

Além disso, foram selecionados estudos relevantes que abordam diferentes aplicações da IA no monitoramento de mudas de plantas, demonstrando avanços tecnológicos e tendências recentes no setor. Esses estudos são apresentados no Quadro 1.

Quadro 01 – Artigos selecionados para revisão exploratória.

Nº	Título	Autores e Ano	Objetivo	Principais resultados
01	<i>The Smart Forest Conundrum: Contextualizing Pitfalls of Sensors and AI in Conservation Science for Tropical Forests</i>	Sarkar; Chapman (2021).	Explorar os desafios associados à transformação de florestas em locais tecnológicos de produção de dados para a conservação otimizada da biodiversidade.	O artigo aborda a detecção e resposta em tempo real a eventos florestais, a saúde das florestas, a carga de combustível e a saúde do solo por meio de redes de sensores e drones. Além disso, o artigo ressalta a automação da gestão ambiental para tornar os processos mais eficientes e econômicos, mas destaca a incerteza sobre o impacto ambiental a longo prazo do plantio em massa de árvores em um curto espaço de tempo. Os autores

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

				<p>forneem uma visão crítica sobre o uso de sensores e IA na conservação de florestas tropicais, destacando tanto os benefícios quanto as preocupações associadas a essa abordagem.</p>
02	<p><i>Forest Cover Estimation in Ireland Using Radar Remote Sensing: A Comparative Analysis of Forest Cover Assessment Methodologies</i></p>	<p>Devaney et al. (2015)</p>	<p>Investigar o uso do Radar de Abertura Sintética (SAR) para estimar a cobertura florestal em paisagens com cobertura florestal altamente esparsa e fragmentada.</p>	<p>O artigo avalia duas abordagens de aprendizado de máquina (<i>Random Forests</i> e <i>Extremely Randomised Trees</i>) e constata que ambas as abordagens apresentam altas precisões de classificação (98.1 – 98.5%). Os resultados indicam que o radar espacial pode auxiliar inventários em regiões com baixos níveis de cobertura florestal em paisagens fragmentadas. A pesquisa fornece insights valiosos sobre a eficácia do uso de SAR para estimativas de cobertura florestal e destaca a utilidade potencial dessa abordagem em contextos de monitoramento florestal.</p>
03	<p><i>Machine learning with remote sensing data to locate uncontacted indigenous villages in Amazonia.</i></p>	<p>Walker; Hamilton (2019)</p>	<p>Utilizar técnicas de aprendizado de máquina aplicadas a dados de sensoriamento remoto para localizar aldeias indígenas não contatadas na Amazônia.</p>	<p>O estudo relata a identificação de três aldeias previamente desconhecidas por meio dessa abordagem. Os resultados destacam a eficácia do uso de dados de sensoriamento remoto e aprendizado de máquina na localização de aldeias indígenas não contatadas, o que pode contribuir para aprimorar as políticas de proteção e conservação dessas populações.</p>

Fonte: Autora, 2025.

Além das CNNs, estudos recentes apontam o uso de aprendizado profundo (*deep learning*) e aprendizado de máquina (*machine learning*) em modelos híbridos, integrados a

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

sensores ópticos e multiespectrais para captura e processamento de dados em tempo real. A integração com drones e sensoriamento remoto tem ampliado as possibilidades de coleta de informações sobre o desenvolvimento vegetal, otimizando a identificação e o monitoramento das mudas em viveiros e áreas de reflorestamento (Santos, 2014).

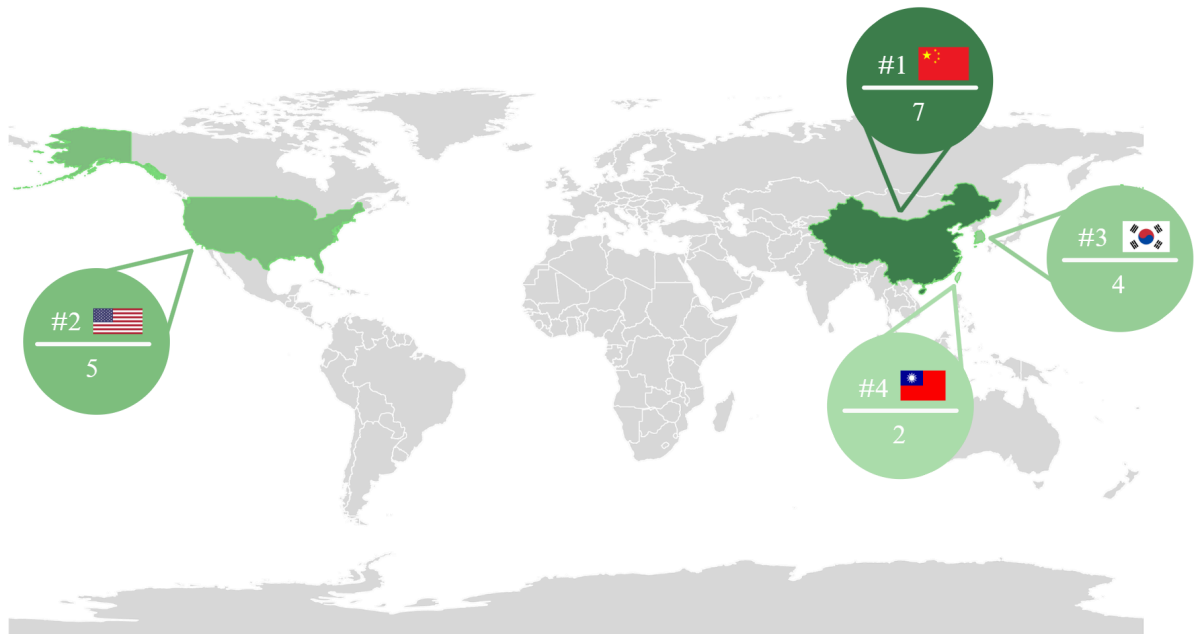
As tendências emergentes incluem ainda o uso de dispositivos móveis e plataformas inteligentes para o reconhecimento automatizado de espécies em campo, tornando as tecnologias mais acessíveis e aplicáveis a diferentes contextos produtivos. Essas inovações apontam uma evolução significativa no monitoramento ambiental e na gestão de recursos naturais, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis (Leme, 2021; Oliveira; Silva, 2023).

Estudos como os de Massruhá *et al.* (2020) e Leite *et al.* (2022) reforçam que a incorporação da IA no setor agrícola contribui não apenas para o aumento da produtividade, mas também para a sustentabilidade, uma vez que permite o uso racional de insumos, a seleção de mudas mais resistentes e o controle automatizado de irrigação e fertilização. Por outro lado, Quaresma (2023) destaca que a eficiência desses sistemas depende da qualidade dos dados de treinamento e da adaptação dos algoritmos às condições ambientais locais.

A literatura também evidencia desafios éticos e técnicos relacionados à adoção dessas tecnologias. Entre os principais estão a privacidade dos dados agrícolas, a interoperabilidade entre sistemas, e a resistência de produtores rurais à adoção de novas metodologias (BRASIL, 2018; Leme, 2021). Tais obstáculos reforçam a necessidade de políticas públicas e programas de capacitação tecnológica que promovam a inclusão e o uso responsável da IA no campo (Ferrari *et al.*, 2023).

No contexto internacional, observa-se crescente interesse pela aplicação da IA na agricultura, com China, Estados Unidos, Coreia do Sul e Taiwan liderando o número de estudos e patentes registradas sobre o tema (Arbix *et al.*, 2018; Suttmeier, 2018). Essa tendência reflete o papel da IA como vetor de inovação e competitividade, além de indicar o surgimento de colaborações interinstitucionais e internacionais voltadas à pesquisa e ao desenvolvimento de soluções agrícolas baseadas em dados (Packer; Santos, 2019; BRASIL, 2023).

Figura 05: Distribuição geográfica das famílias de patentes.

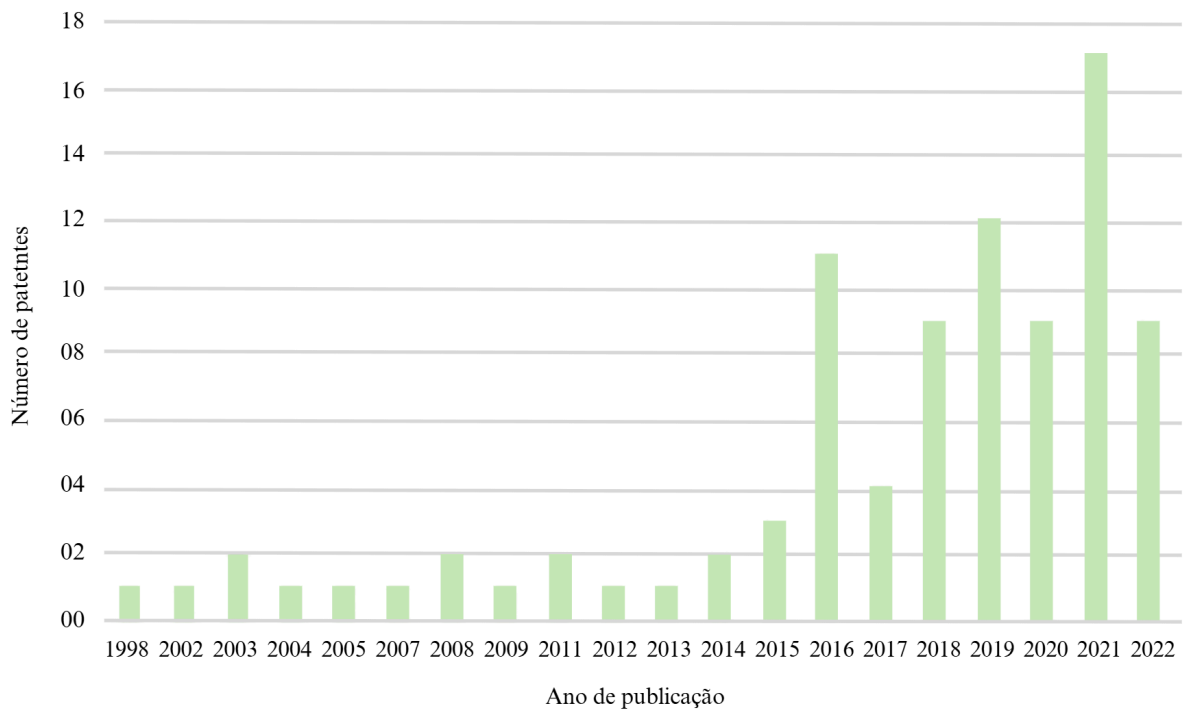


Fonte: Alves *et. al*, 2025.

A Figura 05 ilustra a distribuição geográfica das famílias de patentes relacionadas à aplicação da inteligência artificial no monitoramento de mudas de plantas, destacando o protagonismo da China, seguida por Estados Unidos, Coreia do Sul e Taiwan. Essa dispersão evidencia o caráter global da inovação tecnológica no setor, bem como o interesse estratégico de diferentes países em desenvolver soluções baseadas em IA para o agronegócio e a silvicultura.

O acompanhamento da evolução temporal das patentes também é fundamental para compreender as tendências de inovação. Conforme apresentado no Figura 06, observa-se um crescimento progressivo no número de patentes depositadas ao longo dos anos, com pico em 2021, evidenciando o aumento do interesse e do investimento em tecnologias de IA para o monitoramento de mudas. Esse crescimento reflete não apenas a consolidação de técnicas avançadas, como CNNs e aprendizado profundo, mas também a ampliação de aplicações práticas em agricultura de precisão, reflorestamento e monitoramento ambiental.

Figura 06: Patentes depositadas por ano.



Fonte: Alves *et. al*, 2025.

Em síntese, a revisão exploratória demonstra que a aplicação da inteligência artificial no monitoramento de mudas de plantas constitui um campo em franca expansão, caracterizado por avanços tecnológicos significativos e potencial impacto socioambiental positivo. A combinação de algoritmos avançados, sensores inteligentes e análise de dados em larga escala redefine os paradigmas da produção agrícola e da conservação ambiental, consolidando a IA como um elemento central para o desenvolvimento de uma agricultura mais precisa, sustentável e orientada por dados.

6.1.2 Descrição dos principais componentes usados para o monitoramento de mudas utilizando a inteligência artificial.

O monitoramento automatizado 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 utiliza 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, que garantem que as informações sejam processadas de maneira eficiente e disponibilizadas 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, permitindo que agricultores e técnicos tomem 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 monitoramento de mudas mais precisos e eficientes, contribuindo para a modernização da agricultura e o aumento da produtividade.

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

O Quadro 02 a seguir sintetiza os principais componentes tecnológicos identificados neste estudo, incluindo suas funções, requisitos técnicos, custo-benefício e aplicabilidade no contexto amazônico.

Quadro 02: Componentes tecnológicos aplicados ao monitoramento de mudas com IA.

Categoria	Tecnologia / Ferramenta	Função	Requisitos Técnicos	Custo-Benefício	Aplicabilidade na Amazônia	Nível de Maturidade
Coleta de dados	Câmera RGB HD	Captura de imagens coloridas de mudas	Resolução > 1080p, iluminação adequada	Alto	Alta (baixo custo, fácil aquisição)	Alta
	Câmera Multiespectral	Captção 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
Visão computacional	OpenCV	Biblioteca para processamento de imagens	Conhecimento técnico, integração com IA	Alto	Alta (uso em sistemas personalizados)	Alta

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

	PlantCV	Processamento voltado a fenotipagem vegetal	Mais técnico, voltado à pesquisa	Médio	Média (uso mais acadêmico)	Média-alta
IA e Aprendizado de Máquina	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
Infraestrutura	<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
Interface de usuário	Dashboard com Power BI / Dash / Streamlit	Visualização dos resultados	Conexão com banco de dados e API's	Alto	Alta (interfaces amigáveis)	Alta

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

	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.

6.1.3 Recomendações práticas para a implementação da inteligência artificial no monitoramento e catalogação de mudas em viveiros, incluindo estratégias de implantação, seleção de tecnologias e treinamento de pessoal.

A terceira etapa do estudo concentrou-se na elaboração de recomendações práticas para a adoção da IA no monitoramento de mudas, fundamentando-se nas evidências obtidas nas etapas anteriores e na análise de casos de sucesso observados. Essas recomendações têm como objetivo 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 particularidades de cada viveiro e contexto regional.

Outro aspecto fundamental refere-se à seleção criteriosa das tecnologias a serem adotadas. É imprescindível considerar fatores como a infraestrutura existente, as espécies vegetais trabalhadas e os objetivos específicos relacionados à identificação e à rastreabilidade das mudas (Leme, 2021). A escolha adequada das ferramentas tecnológicas assegura maior eficiência, integração e durabilidade dos sistemas implantados.

O sucesso da adoção da IA depende diretamente da capacitação do 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 interpretação correta dos resultados gerados. Dessa forma, garante-se que a equipe esteja apta a lidar com as novas demandas tecnológicas e a aproveitar plenamente o potencial das soluções implementadas.

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

Por fim, destaca-se a importância da adoção de boas práticas de governança de dados, o que 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, quando seguidas de forma integrada e contextualizada, contribuem para a consolidação de um ambiente propício à inovação, fortalecendo a adoção da IA no

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

monitoramento de mudas e impulsionando o desenvolvimento de uma agricultura mais tecnológica, inteligente e sustentável, conforme apresentado no Quadro 03.

Quadro 03: Diretrizes para Adoção da Inteligência Artificial na Monitoramento 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 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). A instituição vem empregando técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina para o monitoramento e identificação de mudas em viveiros, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Amazônica. Esses esforços têm contribuído para otimizar a produção, melhorar a rastreabilidade e fortalecer a sustentabilidade dos viveiros florestais no país.

Entretanto, observa-se que a adoção dessas tecnologias ainda é incipiente em regiões mais remotas, o que reforça a importância de seguir as diretrizes propostas para ampliar a disseminação e o impacto positivo dessas soluções no território nacional.

6.1.3.1 O Cenário AgTech Brasileiro: Uma Abordagem de Motor Duplo

O avanço das diretrizes propostas para a implementação da IA no monitoramento de mudas pode ser compreendido à luz do cenário AgTech brasileiro, que combina a sólida pesquisa pública com a inovação ágil do setor privado, constituindo um modelo de motor duplo. Nesse contexto, o Brasil, apesar de ainda ter participação limitada no cenário global de patentes, desenvolveu um ecossistema de inovação AgTech capaz de transformar avanços científicos em soluções aplicáveis ao campo, fortalecendo a competitividade e a sustentabilidade do setor agrícola.

A Embrapa desempenha papel central nesse ecossistema, atuando como espinha dorsal da pesquisa e desenvolvimento no agronegócio nacional. A instituição tem promovido o desenvolvimento de tecnologias de base que servem como plataforma para inovações futuras, como a Plataforma AGLIBS, que utiliza IA e Espectroscopia de Emissão Óptica com Plasma Induzido por Laser (LIBS) para análises de solo de alta precisão, incluindo o estoque de carbono, habilitando produtores a participarem de mercados de crédito de carbono com dados verificáveis (EMBRAPA, 2024; Babos *et al.*, 2024). Outro projeto relevante é o MultiCER, que aplica IA para mapear a intensificação agrícola no bioma Cerrado com até 97% de acurácia a partir de imagens de satélite (EMBRAPA, 2023). A Iniciativa Semear Digital, por sua vez, visa reduzir a exclusão digital no campo, adaptando soluções baseadas em IA às necessidades de pequenos e médios produtores rurais (Dibbern *et al.*, 2025). Essas iniciativas evidenciam que a agricultura brasileira está entrando em uma nova era digital, impulsionada pela ciência de dados e pela inteligência artificial.

Paralelamente, o setor privado contribui de maneira decisiva para a inovação no campo, traduzindo ciência em soluções comerciais de alto impacto. Startups como a Cromai aplicam visão computacional em imagens de drones para identificar e mapear infestações de plantas daninhas, permitindo pulverização localizada e redução de custos e impactos ambientais (CROMAI, 2025). A Kalliandra desenvolveu sistemas de monitoramento baseados em sensores que operam em redes *MESH* proprietárias, dispensando internet ou energia elétrica, solução crucial para áreas remotas (KALLIANDRA, 2025). Plataformas como a *Agrosmart* fornecem insights em tempo real para a gestão de lavouras, enquanto a *Psyche Aerospace* integra imagens de drones de alta resolução a bancos de dados proprietários, oferecendo recomendações preditivas instantâneas (AGROSMART, 2025; PSYCHE AEROSPACE, 2025). O vigor deste setor é evidenciado pelo significativo aporte de capital de

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

risco, com investimentos que totalizam US\$199 milhões desde 2018, demonstrando maturidade e potencial de crescimento das *AgTechs* brasileiras (Moura, 2024).

A combinação entre a sólida base de pesquisa conduzida pelo setor público e a inovação ágil do setor privado configura um ecossistema *AgTech* robusto, capaz de acelerar a adoção de tecnologias de IA na agricultura brasileira, contribuindo para a modernização do setor, a sustentabilidade ambiental e o aumento da produtividade, reforçando o valor estratégico das recomendações práticas apresentadas na seção anterior.

A tabela abaixo oferece uma análise comparativa dessas iniciativas, ilustrando a diversidade e a especialização do ecossistema brasileiro.

Quadro 04: Análise Comparativa das Principais Iniciativas Brasileiras de *IA-AgTech*

Iniciativa / Empresa	Entidade Líder	Tecnologia Central	Aplicação Alvo	Modelo de Negócio	Diferencial / Inovação Chave
Plataforma AGLIBS	Embrapa / Agrorobótica	IA + LIBS	Análise de solo (carbono e fertilidade)	Plataforma de P&D / Equipamento	Medição de carbono certificada para mercados de crédito.
Cromai Scan Weed	Cromai	Visão Computacional + Drones	Manejo de precisão de plantas daninhas	Software como Serviço (SaaS)	Líder de mercado com alta precisão na identificação e classificação de daninhas.
Sistema Kalliandra	Kalliandra	Sensores IoT + Rede MESH	Monitoramento climático e de solo	Hardware como Serviço (Comodato)	Operação autônoma sem necessidade de internet ou rede elétrica.

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

Plataforma Turing	Psyche Aerospace	IA generativa + Drones	Análise preditiva e gestão da fazenda	Plataforma (anunciada como gratuita)	Integração de imagens de ultra-alta resolução com banco de dados próprio.
Projeto MultiCER	Embrapa	IA + Sensoriamento Remoto	Mapeamento de uso da terra	Pesquisa e Desenvolvimento público	Alta acurácia (97%) no mapeamento de grandes áreas (bioma Cerrado).

Fonte: Autora, 2025.

6.2 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

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

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

Categoria do Desafio	Risco Específico	Impacto na Adoção	Estratégia de Mitigação Proposta	Partes Interessadas Chave
-----------------------------	-------------------------	--------------------------	---	----------------------------------

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

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.

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

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.

7. CONCLUSÃO

Este relatório técnico conclui que a aplicação da IA no monitoramento de mudas em viveiros representa um avanço tecnológico significativo, capaz de transformar práticas tradicionais de identificação, catalogação e manejo dessas espécies vegetais. A pesquisa demonstrou que técnicas avançadas, como redes neurais convolucionais, aprendizado profundo e o uso integrado de sensores ópticos e multiespectrais, promovem maior precisão, agilidade e eficiência no reconhecimento das mudas, reduzindo erros manuais e otimizando os processos produtivos.

Além dos benefícios operacionais, a adoção da IA oferece impactos positivos nas dimensões social, ambiental e econômica. No aspecto social, reforça a capacitação e inclusão digital de profissionais locais, fortalecendo o capital humano e criando novas oportunidades. Já na perspectiva ambiental, a automação e monitoramento contínuo facilitam práticas

sustentáveis e a recuperação de áreas degradadas, essenciais para a conservação da biodiversidade amazônica. Economicamente, os sistemas inteligentes contribuem para a diminuição de perdas e desperdícios, elevando a competitividade do setor florestal e promovendo o uso racional dos recursos.

Contudo, a implementação prática dessas tecnologias depende de investimentos em infraestrutura adequada, qualificação técnica do pessoal envolvido e adoção de boas práticas de governança de dados para garantir segurança e ética no uso das informações. A pesquisa também identifica a importância da realização de projetos-piloto e da seleção criteriosa das ferramentas tecnológicas, para assegurar sua efetividade e adaptação ao contexto regional. Portanto, este estudo enfatiza a relevância da prospecção tecnológica como ferramenta estratégica para antecipar tendências e fomentar inovação na área de viveiros florestais, alinhando desenvolvimento tecnológico à sustentabilidade e ao avanço científico. Recomenda-se que futuras iniciativas aprofundem a integração da IA com outras tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT), e incentivem parcerias interinstitucionais para ampliar o impacto e a difusão dessas soluções inovadoras na gestão de mudas em viveiros.

8. PERSPECTIVAS FUTURAS

As perspectivas futuras para a aplicação da inteligência artificial no monitoramento de mudas em viveiros apontam para avanços significativos que prometem ampliar a eficiência e a sustentabilidade do setor florestal. Entre as principais tendências destaca-se a integração da IA com sistemas de IoT, possibilitando o monitoramento contínuo e em tempo real das condições ambientais e do desenvolvimento das mudas. Essa convergência tecnológica deverá proporcionar uma gestão mais proativa e precisa, facilitando intervenções rápidas e reduzindo perdas produtivas.

O desenvolvimento e a popularização de aplicativos móveis inteligentes, acessíveis para viveiristas e técnicos, também se mostram promissores. Essas ferramentas facilitarão a identificação e o monitoramento das mudas diretamente no campo, aumentando a escalabilidade das soluções e democratizando o acesso à tecnologia. Adicionalmente, a ampliação das parcerias entre universidades, centros de pesquisa e o setor produtivo será essencial para fomentar a inovação, promover o desenvolvimento de novos algoritmos e modelos adaptados às condições regionais e estimular a formação de capital humano qualificado.

Outro aspecto relevante para o futuro é o incentivo a registros de propriedade intelectual no Brasil, que pode estimular a criação de ativos tecnológicos nacionais, fortalecer o ecossistema de inovação e garantir vantagens competitivas para as instituições brasileiras. A consolidação dessas iniciativas, aliada a políticas públicas que promovam a capacitação tecnológica e a governança ética dos dados, contribuirá para a difusão ampla e responsável das tecnologias baseadas em IA, alinhando o desenvolvimento científico e tecnológico aos objetivos de sustentabilidade ambiental e socioeconômica.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROSMART. Agrosmart Nexus: plataforma de insights. [S.l.]: **Agrosmart**, 2025. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/nexus-pt/>. Acesso em: 08 out. 2025.

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.

ARBIX, Glauco; MIRANDA, Zil; TOLEDO, Demétrio Cirne de; ZANCUL, Eduardo de Senzi. Made in China 2025 and Industrie 4.0: the difficult Chinese transition from catching up to an economy driven by innovation. **Tempo Social**, [s.l.], v. 30, p. 143-170, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ts/a/DgPg3vCJFB9TJFLwGsYLnDK/abstract/?lang=en>. Acesso em: 25 fev. 2024.

BABOS, Diego Victor; GUEDES, Wesley Nascimento; FREITAS, Vitor Silveira; SILVA, Fernanda Pavani; TOZO, Marcelo Larsen de Lima; VILLAS-BOAS, Paulino Ribeiro; MARTIN-NETO, Ladislau; MILORI, Débora Marcondes Bastos Pereira. Laser-induced breakdown spectroscopy as an analytical tool for total carbon quantification in tropical and subtropical soils: evaluation of calibration algorithms. **Frontiers in Soil Science**, v. 3, p. 1242647, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsoil.2023.1242647>. Acesso em: 7 out. 2025.

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. Acesso em: 27 jun. 2025

BRASIL. Lei n. 13.709, de 14 de agosto de 2018. **Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 1, p. 1, 15 de agosto de 2018**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 22 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Guia de orientação para acordos**

de parceria para pesquisa, desenvolvimento e inovação: termos do marco legal de ciência, tecnologia e inovação. Brasília, DF: MCTI, 2023. Disponível em: https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/5255/3/2023_guia_orientacao_acordos_parceria_a_pesquisa_desenvolvimento_inovacao_termos_marco_legal_ciencia_tecnologia_inovacao.pdf. Acesso em: 22 fev. 2024.

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.

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.

CROMAI. Cromai: inteligência artificial para o agro. **[S.l.]: Cromai**, 2025. Disponível em: <https://www.cromai.com/>. Acesso em: 07 out. 2025.

DEVANEY, John; BARRETT, Brian; BARRETT, Frank; REDMOND, John; O'HALLORAN, John. Forest cover estimation in Ireland using radar remote sensing: a comparative analysis of forest cover assessment methodologies. **PLOS ONE**, v. 10, n. 8, p. e0133583, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133583>. Acesso em: 07 fev 2024.

DIBBERN, Thais; ROMANI, Luciana A. S.; MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira. Drivers and barriers to digital agriculture adoption: a mixed-methods analysis of challenges and opportunities in Latin American. **Sustainability**, v. 17, n. 8, p. 3676, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17083676>. Acesso em: 07 out. 2025.

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.

EMBRAPA ACRE. Webinar aborda impacto da inteligência artificial no manejo florestal. **Embrapa Acre**, 22 ago. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/91854086/webinar-aborda-impacto-da-inteligencia-artificial-no-manejo-florestal>. Acesso em: 22 ago. 2025.

EMBRAPA. Artificial intelligence makes mapping agricultural intensification in the Cerrado more precise : pioneering methodology can inform agro-environmental planning. Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/83327528/artificial-intelligence-makes-mapping-agricultural-intensification-in-the-cerrado-more-precise>. Acesso em: 07 out. 2025

EMBRAPA. Tecnologia avalia pegada de carbono na lavoura e habilita certificação internacional. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2024. Disponível em:

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/80039228/tecnologia-avalia-pegada-de-carbono-na-lavoura-e-habilita-certificacao-internacional>. Acesso em: 07 out. 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.

FERRARI, Renata Fermino; SANTOS, Domingos Sávio dos; CORREA, Fernanda; FIGUEIRÔA, Lindalva Mendonça de; MAGALHÃES, Márcio Santana. O Impacto Das Tecnologias Digitais no Processo de Ensino Aprendizagem. **Revista Ilustração**, [s.l.], v. 4, n. 6, p. 21-27, 2023. DOI: 10.46550/ilustracao.v4i6.215. Disponível em: <https://journal.editorailustracao.com.br/index.php/ilustracao/article/view/215>. Acesso em: 28 fev. 2024.

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.

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.

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.

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.

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.

LEITE, Maria Angélica de Andrade; SANTOS, Thiago Teixeira dos; MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; BOLFE, Edson Luís. Avanços no uso das tecnologias no processo de

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

transformação digital no meio rural. **Plataforma Visão de futuro do Agro**. 2022. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/documents/10180/80209220/Avan%C3%A7os+no+uso+das+tecnologias+no+processo+de+transforma%C3%A7%C3%A3o+digital+no+meio+rural+-+mega+3.pdf/78e33c01-4924-c1ee-f62e-23d9de868794> Acesso em: 26 fev. 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.

KALLIANDRA. Tecnologia de manejo de irrigação. [S.l.]: **Kalliandra**, 2025. Disponível em: <https://kalliandra.com.br/>. Acesso em: 08 out. 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%ADtulo%20de%20Livros/2004/KUPFER,%20D.;%20TIGRE,%20B.%20Prospec%C3%A7%C3%A3o%20Tecnol%C3%B3gica.pdf>. Acesso em 20 nov 2024.

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.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, Maria Angélica de Andrade; LUCHIARI JUNIOR, Ariovaldo; EVANGELISTA, Sílvio Roberto Medeiros. A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. In: **EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**. Agricultura Digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. [S.l.]: Embrapa, 2020. p. 20-45. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126214/1/LV-Agricultura-digital-20-cap1.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2024.

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.

MOURA, Marcelo. AgTechs brasileiras de IA receberam US\$ 199 milhões em investimentos, segundo Distrito. **AgFeed**, 3 set. 2024. Disponível em: <https://agfeed.com.br/agtech/agtechs-brasileiras-de-ia-receberam-us-199-milhoes-em-investimentos-segundo-distrito/>. Acesso em: 22 out. 2025.

OSCO, Lucas Prado; ARRUDA, Mauro dos Santos de; MARCATO JÚNIOR, José; SILVA,

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

Neemias Bucéli da; RAMOS, Ana Paula Marques; MORYIA, Érika Akemi Saito; IMAI, Nilton Nobuhiro; PEREIRA, Danilo Roberto; CRESTE, José Eduardo; MATSUBARA, Edson Takashi; LI, Jonathan; GONÇALVES, Wesley Nunes. A convolutional neural network approach for counting and geolocating citrus-trees in UAV multispectral imagery. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, [S.l.], v. 160, p. 97–106, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.12.010>. Acesso em: 23 fev. 2024

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.

OLIVEIRA, Silvia Regina Siqueira Loureiro; SILVA, Victor Santos da. Sustentabilidade ambiental e inovação tecnológica: caminhos àecoinovação. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Paraná, v. 14, n. 1, p. e233, 2023. DOI: 10.7213/revdireconsoc.v14i1.25834. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/direitoeconomico/article/view/25834>. Acesso em: 26 fev. 2024.

PACKER, Abel L.; SANTOS, Solange. Ciência aberta e o novo modus operandi de comunicar pesquisa. **SciELO em Perspectiva**, [s.l.], 2019. Disponível em: <https://blog.scielo.org/blog/2019/08/01/ciencia-aberta-e-o-novo-modus-operandi-de-comunicar-pesquisa-parte-i/>. Acesso em: 25 fev. 2024.

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.

PSYCHE AEROSPACE. Psyche Aerospace. [S.l.]: **Psyche Aerospace**, 2025. Disponível em: <https://psycheaerospace.com/>. Acesso em: 08 out. 2025.

QUARESMA, Henry Uliano. O impacto da Inteligência Artificial no Agronegócio. **LinkedIn**, 28 de setembro de 2023. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/o-impacto-da-inteligência-artificial-agronegócio-uliano-quaresma/>. Acesso em: 25 fev. 2024.

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.

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

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.

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.

SANTOS, Thiago Teixeira; BASSOI, Luís Henrique; OLDONI, Henrique; MARTINS, Roberto Luvisutto. Automatic grape bunch detection in vineyards using deep learning. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO**, 2017, São Pedro. Anais [...]. São Pedro: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/169609/1/Automatic-grape-SBIAgro.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2024.

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.

SARKAR, Dipto; CHAPMAN, Colin A. The Smart Forest Conundrum: contextualizing pitfalls of sensors and AI in conservation science for tropical forests. **Environmental Sociology**, v. 7, n. 3, p. 246–257, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/19400829211014740>. Acesso em: 7 fev. 2024.

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. Acesso em 15 ago 2025

SUTTMEIER, Richard P. How China Is Trying to Invent the Future as a Science Superpower. **Sign Up for Our Daily Newsletter**, [s.l.], 2018. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/how-china-is-trying-to-invent-the-future-as-a-science-superpower/>. Acesso em: 25 fev. 2024.

RTC – PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE A APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO MONITORAMENTO DE MUDAS EM VIVEIROS

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. 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%20VictorTornisiello.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2025.

VIVEIROS, José Matheus Segre Moneva; SINEGALIA, Melodie Kern Sarubu Dorth; VIANI, Ricardo Augusto Gorne; MOLIN, Paulo Guilherme. Aplicação de inteligência artificial na identificação e delineamento de mudas de restauração florestal em imagens RGB e multiespectrais provenientes de RPA. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2023. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2023/05.10.17.00/doc/155856.pdf>. Acesso em: 22 set. 2025.

WALKER, Robert S.; HAMILTON, Marcus J. Machine learning with remote sensing data to locate uncontacted indigenous villages in Amazonia. **PeerJ Computer Science**, v. 5, e170, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.170>. Acesso em: 07 fev 2024.