

RELAÇÃO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E MELIPONICULTURA: PROPOSTAS DE INOVAÇÃO – UMA REVISÃO DE LITERATURA

THE RELATIONSHIP BETWEEN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MELIPONICULTURE: PROPOSALS FOR INNOVATION – A LITERATURE REVIEW

Elaine da Silva Santos¹; Michelliny Pinheiro de Matos Bentes²; Daniel Santiago Pereira²

¹Rede BIONORTE/Universidade Federal do Pará (UFPA), Pará, Brasil.

²Rede BIONORTE/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Pará, Brasil.

Resumo

Introdução: A produção científica a respeito dos desafios para inovação tecnológica com a utilização da Inteligência Artificial (IA) tem se tornado um tema relevante para muitos pesquisadores da atualidade. A Ciência Ambiental uma área que mais utiliza IA como inovação, e, ao se tratar da meliponicultura, a combinação dessas tecnologias emergentes pode até mesmo transformar a forma como o mel é produzido. **Objetivo:** Realizar a revisão sistemática dos principais métodos inovadores utilizando a IA na meliponicultura, para análise da disseminação dessas novas tecnologias no âmbito da produção dessas abelhas. **Metodologia:** Os artigos foram classificados após a leitura do título e do resumo com concordância ao tema de estudo. As buscas foram realizadas no Science direct e nas ferramentas de IA Elicit e Scispace, selecionando-se 12 artigos para o desenvolvimento da pesquisa. **Resultados:** Dentre os trabalhos encontrados, 5 trabalhos foram realizados no Brasil, 3 da Malásia, 1 do Quênia, 1 da Indonésia, e 2 revisões de literatura. Os principais assuntos abordados referiam-se na criação de sensores para coleta de dados de voo e auxílio no manejo das caixas, referentes a medição de temperatura e umidade das caixas e identificação e classificação de espécies. **Conclusão:** Foi possível observar que já existe um interesse no desenvolvimento de pesquisas que visam à utilização de métodos com IA buscando inovar o manejo das colmeias de abelhas sem ferrão, principalmente dentro do cenário brasileiro.

Palavras-chave: Abelhas sem ferrão; Desenvolvimento econômico; IA; Inovação tecnológica

Abstract

Introduction: Scientific research on the challenges of technological innovation using Artificial Intelligence (AI) has become a relevant topic for many researchers today. Environmental Science is one of the areas that most uses AI as an innovation, and when it comes to meliponiculture, the combination of these emerging technologies may even transform the way honey is produced. **Objective:** To conduct a systematic review of the main innovative methods using AI in meliponiculture, to analyze the dissemination of these new technologies in the context of honeybee production. **Methodology:** The articles were classified after reading the title and abstract in accordance with the study topic. Searches were conducted on Science Direct and the AI tools Elicit and Scispace, selecting 12 articles for the development of the research. **Results:** Among the studies found, five were conducted in Brazil, three in Malaysia, one in Kenya, one in Indonesia, and two were literature reviews. The main topics addressed were the creation of sensors for collecting flight data and assisting in the management of hives, referring to the measurement of temperature and humidity in the hives and the identification and classification of species. **Conclusion:** It was possible to observe that there is already interest in developing research aimed at using AI methods to innovate the management of stingless bee hives, especially within the Brazilian scenario.

Keywords: Stingless bees; Economic development; AI; Technological innovation

Recebido em: 06-11-2025

Publicado em: 08-10-2026

Autor correspondente

Elaine da Silva Santos

Endereço: Universidade Federal do Pará (UFPA)

Rua Augusto Corrêa nº 01, Guamá, CEP: 66075-110, Belém, PA, Brasil.

Email: elainesantos.agro14@gmail.com

1. Introdução

Nos últimos anos, tem-se observado um rápido avanço no desenvolvimento da IA, devido ao alto desenvolvimento de novas tecnologias para extração, armazenamento, transmissão e processamento de dados, existindo um processo de evolução da Internet das Coisas, surgindo assim a criação de um ambiente favorável para que a IA saísse dos laboratórios de pesquisa passando a implementar diversos produtos e

serviços, incorporada em diferentes setores promovendo ganhos econômicos e, até mesmo, sociais¹.

A realização de produção científica a respeito dos desafios para inovação tecnológica com a utilização da IA tem se tornado um tema relevante para muitos pesquisadores da atualidade, uma vez que a Ciência Ambiental está entre as áreas que mais utiliza IA como inovação².

Ao analisar o papel da IA no contexto

brasileiro, é preciso entender como essas tecnologias afetam a produtividade, o mercado de trabalho e a inovação, haja vista que a IA, com seus sistemas algorítmicos e robôs, tem sido usada de muitas maneiras socialmente benéficas, já afetando vários aspectos da ciência e tecnologia, com desenvolvimento e aplicação ocorrendo em diferentes aspectos das ciências³.

Assim, ferramentas com IA podem ser utilizados em conjunto com outros métodos aplicados em ecologia, por exemplo, a realização de monitoramento das abelhas, podendo atuar no combate ao declínio das espécies, cooperando com estudos que envolvem o forrageamento, características do pólen, comportamento da colmeia e espécies invasoras⁴.

A combinação dessas tecnologias emergentes, como a IA e a Internet das Coisas (IoT), a chamada ecoinovação pode até mesmo transformar a forma como o mel é produzido, processado e comercializado, considerando que o desenvolvimento sustentável, principalmente na agricultura familiar também necessita do acesso a tecnologias e inovações que aumentem a eficiência e a resiliência das práticas agrícolas, fortalecendo o conceito de que a integração de práticas agroecológicas na agricultura familiar pode ser facilitada pela utilização de tecnologias avançadas, pois essa integração na agricultura resulta em sistemas inteligentes buscando otimizar processos produtivos, melhorando a eficiência do uso de recursos e atuando na redução de impactos ambientais⁵.

O Brasil aparece em 9º posição, em relação à quantidade de publicações que envolvem o monitoramento de colônias de abelhas, conhecida como apicultura

de precisão⁶.

Considerando o estudo de inovação e a utilização de técnicas dentro da produção agrícola de IA, o presente trabalho objetiva realizar a revisão sistemática dos principais métodos inovadores utilizando a IA na meliponicultura, tentando entender como está ocorrendo a disseminação dessas novas tecnologias no âmbito da produção de abelhas sem ferrão, com enfoque no cenário brasileiro. As buscas foram realizadas também em ferramentas de IA buscando avaliar o quanto essas ferramentas são eficazes no processo de triagem de trabalhos científicos.

2. Desenvolvimento

As restrições orçamentárias em nível governamental no Brasil limitam os novos investimentos em várias áreas estratégicas, incluindo a área de pesquisa & desenvolvimento (P&D), o país tende a adotar um modelo de investimento mais centrado na oferta de ciência básica do que em desenvolvimento tecnológico, porém, com a intensidade crescente dos seus investimentos em P&D, o Brasil já apresenta resultados significativos em termos de inovação e aumento de produtividade⁷.

Já é observada uma crescente demanda para implementação de regulamentações de IA que visam minimizar os riscos para a segurança e preservação dos direitos humanos, de forma a garantir que seus benefícios contribuam para a solução de desafios globais, como desenvolvimento econômico, desigualdade e mudança climática, com o conceito de governança da IA buscando entender a interconexão

entre ciência, tecnologia e sociedade para compreender e supervisionar as repercussões dos algoritmos de IA sobre indivíduos, comunidades e instituições³.

Com a capacidade de processar bilhões de informações e transformá-las em dados estruturados, a IA vem ocasionando grandes transformações na forma como as pessoas se relacionam com a tecnologia em seu dia a dia, haja vista que os sistemas de IA já desenvolvem funções e habilidades inimagináveis, diante da imprevisibilidade de onde ela pode chegar e o que pode fazer, também já é notado um movimento mundial para que diretrizes e padrões éticos sejam observados⁸.

A produção científica sobre os desafios para a inovação tecnológica com o uso da IA vem se apresentando como um tema relevante para vários pesquisadores da atualidade, a identificação e o conhecimento de seus desafios é o primeiro passo para chegarmos a ações que possibilitam amenizar seu impacto na inovação tecnológica com IA².

Diante desse cenário, surge a apicultura com inovações de equipamentos e técnicas que atuam na melhoria da produtividade no setor, que está relacionada, principalmente, ao manejo adequado e às condições da flora apícola, adicionada às novas técnicas e à eficiência na comercialização, podem fazer com que a atividade alcance destaque entre as atividades agropecuárias, considerando que a adoção de novas tecnologias pode elevar os níveis de produtividade de uma empresa, independente do setor que atua, beneficiando positivamente a economia, pois a constante inovação tecnológica pode determinar a criação

ou manutenção da competitividade de uma empresa em determinada região⁹.

O desenvolvimento de novas tecnologias nas atividades apícolas possibilitam a gestão e práticas de manejo, com o monitoramento das colônias possibilitando o desenvolvimento e aplicação de novas propostas tecnológicas para o setor, é um grande desafio enfrentado, tornando possível a coleta e organização dos dados dos apiários, aumento do conhecimento dos apicultores quanto ao comportamento individual de suas colônias no decorrer do tempo e aumento da eficiência da atividade, otimizando o processo e coletando dados que possam ser relevantes para seu empreendimento¹⁰.

Considerando que o processo de inovação é implementado primordialmente pelas empresas, os ganhos de produtividade e o crescimento econômico de países dependem também de empresas inovadoras, o conhecimento tecnológico desempenha um papel importante na formulação da agenda científica, para que empresas inovem, sejam competitivas e gerem uma contribuição significativa ao crescimento do país, torna-se necessário que acumulem capacidades tecnológicas inovadoras⁷.

Neste trabalho, o critério para inclusão do artigo foi a realização de estudos apenas com abelhas sem ferrão, foram descartados aqueles trabalhos realizados com o gênero *Apis* ou outras espécies de abelhas, considerando-se apenas aqueles com acesso aberto. A avaliação de quais artigos seriam classificados se deu com a leitura do título e do resumo conforme concordância ao tema de estudo¹¹.

Inicialmente, no Science direct, utilizou-se o termo: "Stingless bees and Artificial

Intelligence”, encontrando-se 48 resultados, destes, após análise, foram classificados 3 trabalhos.

Utilizou-se também a ferramenta Elicit para comparação em buscas de estudos por meio da pergunta: “Quais estudos existentes sobre a utilização de IA em abelhas sem ferrão?” Foram avaliados 50 artigos pela ferramenta, com 47 excluídos, realizando a inclusão de 3 trabalhos que se enquadravam dentro do escopo da pesquisa.

Na ferramenta Scispace realizou-se a mesma pergunta: “Quais estudos existentes sobre a utilização de IA em abelhas sem ferrão?”. A ferramenta selecionou 203 artigos relevantes de 1050 artigos. Para o trabalho, foram avaliados

os 20 primeiros considerados mais relevantes, e foram selecionados 6 que se encontravam com acesso aberto.

A pergunta norteadora da pesquisa foi: Como tem ocorrido a introdução da IA no setor da meliponicultura? Quais técnicas estão sendo mais utilizadas?

Após a realização das análises dos artigos que se referiam ao tema de estudo e exclusão de duplicados, selecionou-se 12 artigos para desenvolvimento da pesquisa (Tabela 1).

A análise dos artigos possibilitou entender a distribuição dos principais estudos que abordaram a temática do uso da IA com trabalhos entre os anos de 2017 e 2025.

Tabela 1. Trabalhos selecionados para desenvolvimento da pesquisa.

Nº	TÍTULO	LOCAL	ANO	AUTOR	MÉTODO
1	Internet of Things (IoT) Application in Meliponiculture ¹²	Malásia	2017	Yunus et al.	Aplicação de Internet das Coisas (IoT) na instalação de sensores de umidade e temperatura para avaliar a influência desses fatores no voo das abelhas.
2	An Amazon stingless bee foraging activity predicted using recurrent artificial neural networks and attribute selection ¹³	Amazônia - Brasil	2020	Gomes et al.	Modelos de previsão buscando prever nível de atividades das abelhas, considerando dados ambientais.
3	Detecção de Abelhas Nativas em Colmeias em Campo Utilizando Visão Computacional ⁴	Brasil	2021	Leocádio et al.	Detector de objetos, um modelo de machine learning, baseado em visão computacional para detectar abelhas da espécie <i>Melipona seminigra</i> .
4	Hierarchical classification of pollinating flying insects under changing environments ¹⁴	Quatiguá e Tomazina - Paraná	2022	Parmezan et al.	Utilização de sensor óptico para coletar dados de voos de espécies de abelhas e vespas

5	Intelligent Classification Of Stingless Bee Honey Using Enose ¹⁵	Malásia	2022	Nasir et al.	Analisar perfil de odor usando nariz eletrônico para classificação de mel de abelha sem ferrão.
6	A framework for better sensor-based beehive health monitoring ¹⁶	Revisão de literatura	2023	Zaman e Dorin	Estrutura para classificar e esclarecer o potencial do monitoramento assistido por sensores para informar a apicultura e, em última análise, melhorar o manejo e a saúde das abelhas.
7	Classificação de predadores de abelhas melíferas utilizando redes neurais convolucionais e transferência de conhecimento ¹⁷	Brasil	2023	Pereira et al.	Modelo computacional baseado em IA para diferenciar abelhas de predadores.
8	Native Bee Scan: App Inteligente para Identificação de Abelhas Nativas Utilizando Técnicas de IA ¹⁸	Pará - Brasil	2023	Neto et al.	Um aplicativo embarcado em dispositivos móveis chamado Native Bee Scan, para reconhecimento de Uruçu-amarela e Uruçu-cinzenta.
9	A Study of Embedded Fuzzy Logic to Determine Artificial Stingless Bee Hive Condition and Honey Volume ¹⁹	Malásia	2024	Che Ali et al.	Sistema de lógica fuzzy, buscando medir a temperatura e umidade interna das caixas.
10	Innovative hive intelligence: Stingless bee products and machine learning advancements in agriculture and medicine: A review ²⁰	Revisão de literatura	2024	Ramos et al.	Avanços em aprendizado de máquina relacionados com abelhas sem ferrão.
11	Klasifikasi Stingless Bee Menggunakan Metode Image Classification Berbasis OpenCV ²¹	Indonésia	2024	Zulfachmi et al.	Desenvolver um sistema automático baseado em tecnologia de processamento de imagens para a identificação de espécies de abelhas sem ferrão

						utilizando Redes Neurais Convolucionais (CNN), TensorFlow e o Detector MultiBox de Disparo Único (SSD) implementado com OpenCV.
12	Data Augmentation and Machine Learning algorithms for multi-class imbalanced morphometrics data of stingless bees ²²	Quênia	2025	Salifu et al.	et	Técnicas de balanceamento de dados; SMOTE e ADASYN com algoritmos de aprendizado de máquina; Random Forest (RF) e Support Vector Machine (SVM) para inferir identidades de abelhas sem ferrão

Conforme foi possível observar, a utilização de ferramentas de IA ajuda na otimização do tempo de busca e, também no aprimoramento dos trabalhos encontrados. A ferramenta Scispace apresentou maior quantidade de resultados, com grande diversidade de artigos, classificando conforme a relevância, facilitando a escolha daqueles mais adequados para utilização no estudo.

Por sua vez, a ferramenta de IA Elicit também se apresentou como grande aliada na busca por trabalhos sobre o tema, porém, com menor raio de busca, informando um menor número de artigos. Ambas as ferramentas foram úteis para desenvolvimento da pesquisa, haja vista a indicação dos principais trabalhos que os pesquisadores podem utilizar no desenvolvimento de sua pesquisa.

Entre os artigos classificados, 5 trabalhos foram realizados no Brasil, 3 da Malásia, 1 do Quênia, 1 da Indonésia, e 2 revisões de literatura. Os principais assuntos abordados tratava-se da composição de

mecanismos com a criação de sensores para coleta de dados de voo e auxílio no manejo das caixas, referentes a medição de temperatura e umidade das caixas e identificação ou a classificação de espécies.

O Brasil precisa acelerar o seu desenvolvimento tecnológico e aumentar a sua taxa de inovação para agregar valor à produção nacional, uma vez que já ocorreu a introdução de inovações relevantes com histórias de grande êxito, e, por meio dessas experiências bem-sucedidas pode-se aprender como o desenvolvimento e a difusão de tecnologias podem impactar positivamente a agregação de valor, pois, no longo prazo, a capacidade do Brasil de atender aos justos anseios dos seus cidadãos dependerá de como o país conseguirá proceder à alavancagem do desenvolvimento tecnológico e da inovação e sua difusão⁷.

Conforme observado, o Brasil já apresenta algum desenvolvimento referente ao desenvolvimento de tecnologias que busquem o

aprimoramento da meliponicultura no país, porém, ainda incipiente.

A realização do monitoramento de colmeias auxilia no combate ao declínio das abelhas, relacionadas ao forrageamento, características do pólen, comportamento da colmeia e espécies invasoras, no trabalho, utilizou-se um modelo de *machine learning*, baseado em visão computacional para detectar abelhas da espécie *Melipona seminigra*, alcançando resultado positivo com o detector que foi capaz de realizar a identificação da espécie⁴.

Dentre os trabalhos analisados, destacamos a criação de modelo de classificação hierárquica e sensor óptico para o monitoramento das espécies, a fim de realizar a diferenciação de abelhas e vespas, alcançando alta taxa de acerto utilizando padrões de batidas de asas retirados de sinais de áudio gravados em condições ambientais naturais¹⁴.

Outro trabalho buscou realizar o desenvolvimento de técnicas computacionais para identificar padrões que possibilitem a diferenciação entre abelhas e outras espécies de insetos, visando a detecção do instante de ataque das colmeias por predadores, propuseram um modelo computacional baseado em IA e treinado em uma base de dados de imagens de abelhas e predadores, utilizando diferentes extratores de características baseados em redes neurais convolucionais (CNNs) para extrair características das imagens, onde os resultados indicaram que o modelo se mostrou eficaz na diferenciação de abelhas de predadores com alta precisão¹⁷.

O desenvolvimento de um aplicativo chamado Native Bee Scan para reconhecimento de Uruçu-amarela e

Uruçu-cinzenta, duas abelhas do gênero *Melipona* de elevada importância econômica na Amazônia e, em especial, no estado do Pará, foi um dos trabalhos analisados, utilizando redes neurais convolucionais para a classificação de imagens e reconhecimento de padrões típicos para cada espécie de abelha, com resultados obtidos nas etapas de validação do modelo de rede neural permitiram verificar a adequação do banco de dados Nbees_Dataset, com a realização de testes de campo, utilizando o aplicativo desenvolvido, os autores alcançaram um desempenho adequado com uma boa resposta de inferência na classificação das espécies, mesmo com a complexidade de coletar imagens de animais vivos, que possuem características defensivas e são bastante sensíveis¹⁸.

Discutindo que os modelos de aprendizado de máquina podem ser aprimorados selecionando-se os melhores recursos em um determinado contexto, a utilização de várias topologias de redes neurais conhecidas como LSTM (Memória de Longo Prazo) e GRU (Unidade Recorrente Fechada) podem ser utilizadas para prever o nível de atividades das abelhas, levando em consideração dados ambientais¹³.

A utilização de técnicas que utilizam do aprendizado de máquina, por meio da utilização de IA dentro do setor da meliponicultura tem se mostrado promissor, não somente no Brasil, mas em outros países. A utilização de IA se mostra eficiente na criação de técnicas que facilitem o manejo das espécies, facilitando a observação das colmeias e o andamento das colônias, principalmente referentes aos fatores ambientais, não deixando de destacar também a crescente preocupação atual com as mudanças climáticas, que influenciam

diretamente os polinizadores.

3. Conclusão

A utilização de IA na pesquisa de literatura de novos estudos se mostra eficiente, haja vista a otimização de tempo de busca e a seleção dos trabalhos considerados mais relevantes na área em que se tem interesse.

Grande parte dos estudos que foram analisados envolvem a criação de sensores para coletar dados de voos e medição de umidade e temperatura no interior das caixas, buscando facilitar o manejo das abelhas e evitando o desgaste do processo de abrir as caixas para manutenção, além de buscas de métodos eficazes na identificação de espécies. Porém, no Brasil, principalmente, ainda são necessários mais estudos que envolvam as abelhas sem ferrão e práticas inovadoras que valorizem o sistema de produção de abelhas nativas no país.

4. Declaração de conflito de interesses

Os autores confirmam não existir conflito de interesse na elaboração do trabalho.

5. Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE (PPG-BIONORTE) e a Universidade Federal do Pará (UFPA).

6. Referências

1. CARVALHO AC. **Inteligência Artificial: riscos, benefícios e uso responsável.** Estudos Avançados. 2021; 35(101):21–35.
2. MACHADO JS, HOLANDA FSR, BANDEIRA AA, MENEZES AC, NOGUEIRA TA, SANTOS JB, et al. **Inovação tecnológica e os desafios representados pela Inteligência Artificial.** Revista Thema. 2023; 22(1):151–168.
3. ALMEIDA V, FREEPIK EN. **Desafios da IA responsável na pesquisa científica.** Revista USP. 2024; (141):17-28.
4. LEOCÁDIO RRV, SEGUNDO AKR, SOUZA JR, GALASCHI-TEIXEIRA J, SOUZA P, PESSIN G. **Deteção de Abelhas Nativas em Colmeias em Campo Utilizando Visão Computacional.** In: Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais, jul; 2021.
5. STROPARO TR, HRYCYNA HM. **EcoInovação, inteligência artificial e internet das coisas na cadeia de valor do mel e da erva-mate: repercussões e perspectivas para a sustentabilidade.** In: Anais do Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia; 2024.
6. ALLERI M, AMOROSO S, CATANIA P, LO VERDE G, ORLANDO S, RAGUSA E, et al. **Recent developments on precision beekeeping: A systematic literature review.** Journal of Agriculture and Food Research. 2023;14(100726).
7. LEAL CIS, FIGUEIREDO PN. **Technological innovation in brazil: Challenges and inputs for public policies.** Revista de Administracao Publica. 2021; 55(3):512–537.
8. DAMILANO CT. **Inteligência artificial e inovação tecnológica: as necessárias**

distinções e seus impactos nas relações de trabalho. *Brazilian Journal of Development*. 2019; 5(10): 19985–20001.

9. FREITAS DGF, KHAN AS, SILVA LMR. **Nível Tecnológico e Rentabilidade de Produção de Mel de Abelha (Apis Mellifera) no Ceará**. RER, Rio de Janeiro. 2004; 42(01):171–188.

10. SOARES MK. BEEFARM - **Desenvolvimento de aplicativo para gestão de colméias e seleção de abelhas**. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2022.

11. SILVA JM, SANTOS WM, MARTINS GC, ARAÚJO JG, LOUREIRO JP, SANTOS MA. **Apicultura na Amazônia Brasileira: Revisão sistemática de literatura, 2000 - 2022**. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*. 2023; 26(1):295–312.

12. YUNUS M, IBRAHIM S, KAMAN K, ANUAR NH, OTHMAN N, MAJID MA, ET AL. **Internet of Things (IoT) Application in Meliponiculture**. *International Journal of Integrated Engineering-Special Issue on Electrical Electronic Engineering*. 2017; 9(4):57–63.

13. GOMES PAB, SUHARA Y, NUNES-SILVA P, COSTA L, ARRUDA H, VENTURIERI G, et al. **An Amazon stingless bee foraging activity predicted using recurrent artificial neural networks and attribute selection**. *Scientific Reports*. 2020; 10(9):1-12.

14. Parmezan ARS, Souza VM, Seth A, Zliobaite I, Batista GE. **Hierarchical classification of pollinating flying insects under changing environments**. *Ecological Informatics*. 2022; 101751.

15. NASIR AMM, NAJIB MS, DAUD SM, MOHAMAD M, MOHD CM. **Intelligent Classification Of Stingless Bee Honey Using Enose**. *Mekatronika*. 2022; 4(2):72–

81.

16. ZAMAN A, DORIN A. **A framework for better sensor-based beehive health monitoring**. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023; 210(107906).

17. PEREIRA LT, CHAGAS AM, SILVA DS, MASCENA VM, FRANCO W, SOUZA RW. **Classificação de predadores de abelhas melíferas utilizando redes neurais convolucionais e transferência de conhecimento**. In: *Congresso Brasileiro de Agroinformática*; 2023.

18. NETO MFC, RAMOS AJ, CARDOSO JP, DIREITO W, ALBUQUERQUE V, OLIVEIRA MEC, et al. **Native Bee Scan: App Inteligente para Identificação de Abelhas Nativas Utilizando Técnicas de IA**. In: *Escola Regional de Alto Desempenho Norte (org.)*. Belém, PA: *Escola Regional de Aprendizado de Máquina e Inteligência Artificial Norte*; 2023.

19. CHE ALI MA, ILIAS B, RAHIM NA, SHUKOR AS, ADOM AH, SAAD MA et al. **A Study of Embedded Fuzzy Logic to Determine Artificial Stingless Bee Hive Condition and Honey Volume**. *Journal of Engineering Research and Education*. 2024; 16:36–45.

20. RAMOS JLMC, SARMIENTO JLP, ARBOLEDA ER. **Innovative Hive Intelligence: Stingless Bee Products and Machine Learning Advancements in Agriculture and Medicine - A Review**. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2024; 21(1):2686–2719.

21. ZULFACHMI Z, ZAHARA A, HARDINATA D. **Klasifikasi Stingless Bee Menggunakan Metode Image Classification Berbasis OpenCV**. *Journal Bangkit Indonesia*. 2024; 13(2):7–12.

22. SALIFU D, CHEPKEMOI L, IBRAHIM EA, NKOKA K, TONNANG HEZ. **Data**

Augmentation and Machine Learning
algorithms for multi-class imbalanced
morphometrics data of stingless bees.
Heliyon. 2025; 11(3).