



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:
Limitações e possibilidades**



TECNOLOGIAS INTELIGENTES NA PRODUÇÃO AVÍCOLA: TENDÊNCIAS E INOVAÇÕES

LEANDRO CIGANO DE SOUZA THOMAS – leandroct91@gmail.com
UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP

JAIR MINORO ABE - jairabe@uol.com.br
UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP

MARCUS VINICIUS LEITE - marcus.leite@gmail.com
UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP

JONATAS SANTOS DE SOUZA - jonatas1516@gmail.com
UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP

MARCOS LEANDRO HOFFMANN SOUZA - marcosl.hoffmann@yahoo.com.br
UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

ÁREA: 6. ENGENHARIA ORGANIZACIONAL
SUBÁREA: 6.6 - GESTÃO DA INOVAÇÃO

RESUMO: A AVICULTURA ENFRENTA DESAFIOS SIGNIFICATIVOS, INCLUINDO A NECESSIDADE DE AUMENTAR A PRODUTIVIDADE, MELHORAR O BEM-ESTAR ANIMAL E PROMOVER A SUSTENTABILIDADE. TECNOLOGIAS INTELIGENTES (SMART TECHNOLOGIES), COMO INTERNET DAS COISAS (IOT), INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA), BIG DATA, COMPUTAÇÃO EM NUVEM E ROBÓTICA, OFERECEM UM POTENCIAL TRANSFORMADOR PARA ESTE SETOR. NO ENTANTO, A IMPLEMENTAÇÃO DESSAS TECNOLOGIAS ENVOLVE DESAFIOS, COMO ALTOS CUSTOS INICIAIS, NECESSIDADE DE INFRAESTRUTURA ADEQUADA E ADAPTAÇÃO A CONDIÇÕES AMBIENTAIS ADVERSAS. ALÉM DISSO, EXISTE UMA ESCASSEZ DE PESQUISAS ABRANGENTES SOBRE AS APLICABILIDADES DESSAS TECNOLOGIAS NA AVICULTURA. ESTE ESTUDO VISA APRESENTAR UMA VISÃO GERAL SOBRE AS APLICAÇÕES DAS TECNOLOGIAS INTELIGENTES NA OTIMIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE, MELHORA DO BEM-ESTAR ANIMAL E PROMOÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO AVÍCOLA. UTILIZANDO MÉTODOS COMO REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA NAS BASES DE DADOS WEB OF SCIENCE E SCOPUS, O ESTUDO DETALHA OS PRINCIPAIS CASOS DE USO E DESAFIOS ENCONTRADOS. OS RESULTADOS DESTACAM UM AUMENTO SIGNIFICATIVO DO INTERESSE GLOBAL EM PESQUISAS SOBRE O TEMA. O ESTUDO OFERECE UM PANORAMA GLOBAL DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E CONTRIBUIÇÕES SIGNIFICATIVAS PARA O AVANÇO DA PESQUISA CIENTÍFICA E MELHOR COMPREENSÃO DO POTENCIAL DE USO DAS TECNOLOGIAS INTELIGENTES NA AVICULTURA.

PALAVRAS-CHAVES: AVICULTURA INTELIGENTE, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, INTERNET DAS COISAS, BIG DATA, ROBÓTICA

1. INTRODUÇÃO

O setor avícola enfrenta desafios complexos para atender à crescente demanda por carne, ovos e outros produtos avícolas de forma sustentável, com rigorosos padrões de controle de qualidade e preocupações éticas cada vez mais presentes. Nesse contexto, as Tecnologias Inteligentes, em inglês *Smart Technologies* ou *Intelligent Technologies*, surgem como ferramentas promissoras para otimizar a produção, melhorar o bem-estar animal e garantir a segurança alimentar (JACQUINOT, [s.d.]).

As Tecnologias Inteligentes são inovações de grande impacto em diversas áreas econômicas e compreendem a IoT, IA, *Big Data*, Computação em Nuvem, Automação e Robótica. Com capacidades avançadas, essas tecnologias adaptam-se rapidamente a ambientes produtivos em constante mudança, processando grandes volumes de informações em tempo real. Dados coletados por sensores de IoT são distribuídos via Computação em Nuvem e analisados por sistemas de IA em aplicações de *Big Data* para auxiliar na tomada de decisões (VENTURINI, 2022; BROUGHAM; HAAR, 2018). Na avicultura, a adoção dessas tecnologias está em rápida expansão com usos em todas as etapas do processo produtivo visando aumentar a eficiência, produtividade e a sustentabilidade (DIAO; SUN; LI, 2020). Ainda assim, a produção científica sobre o tema é focada em tecnologias específicas e há falta de estudos abrangentes e integrados sobre aplicações específicas e sobre a identificação das tecnologias mais adequadas para diferentes etapas da produção (MUNSHI; DATTA, 2020).

O objetivo deste artigo é apresentar uma visão geral sobre as aplicações das Tecnologias Inteligentes na otimização da produtividade, melhora do bem-estar animal e promoção da sustentabilidade produção avícola. Busca-se discutir os benefícios destas implementações, destacando seu potencial para aumentar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade. Por fim, o artigo visa identificar os desafios e oportunidades para a adoção mais ampla (ZHOU; PANG; SUN, 2020). Para tanto, este artigo realiza uma revisão sistemática da literatura a partir das bases de dados científicas e técnicas da Web of Science e Scopus. Os trabalhos científicos relevantes relacionados ao tema que são coletados e submetidos a uma análise bibliométrica para compreensão do tema na atualidade.

O estudo está estruturado em quatro sessões: "Desenvolvimento", que apresenta o referencial teórico; "Metodologia", que discute os métodos e procedimentos de pesquisa; "Resultados e Discussões", que apresenta e analisa os principais achados; e "Considerações Finais", que consolida os resultados e recomendações para futuras pesquisas.

Desta forma, este artigo fornece uma visão abrangente das aplicações da Tecnologia Inteligente na Avicultura, identificando tecnologias promissoras para cada etapa da produção e discutindo os benefícios e desafios de sua implementação, contribuindo para o avanço da pesquisa científica e uma melhor compreensão do uso dessas tecnologias na avicultura.

2. DESENVOLVIMENTO

Esta sessão contempla um corpo teórico relacionado ao uso da Tecnologia Inteligente na Avicultura. As aplicações na avicultura para as tecnologias de IoT, IA, *Big Data*, Computação em Nuvem e Robótica são abordadas. São analisadas as tendências e inovações, os casos de uso e os desafios das implementações.

2.1 Internet das Coisas (IoT)

A IoT refere-se à interconexão de dispositivos através da internet, permitindo a coleta e troca de dados em tempo real. Equipados com sensores e software, esses dispositivos comunicam-se entre si e com sistemas centrais, oferecendo *insights* e automatizando processos. Na avicultura, a IoT proporciona controle preciso sobre diversos aspectos da produção (PORTER; HEPPELMANN, 2014). A aplicação de IoT em sistemas de produção animal, incluindo a avicultura, melhora o monitoramento e controle das condições ambientais nos aviários (GARCÍA; MARTÍNEZ, 2019).

Os sensores e o monitoramento em tempo real são componentes essenciais para a aplicação da IoT na avicultura, oferecendo eficiência no controle das condições ambientais dentro dos galpões avícolas (MARTINEZ *et al.*, 2021). Suas principais funções são a detecção de variações críticas e o envio de alerta imediatos, permitindo ajustes para manutenção de um ambiente ideal para o desenvolvimento das aves (GARCÍA; MARTÍNEZ, 2019). Sensores de temperatura, umidade e qualidade do ar, que monitoram parâmetros como níveis de amônia e dióxido de carbono, previnem problemas ligados ao estresse térmico e problemas respiratórios das aves, o que melhora a produtividade e reduz a mortalidade (GÓMEZ; PRENDES; VALCARCEL, [s.d.]). Sensores instalados em bebedouros e comedouros detectam mudanças nos padrões de consumo, indicando possíveis problemas de saúde ou estresse, ajudando a otimizar a alimentação e o manejo das aves (PORTER; HEPPELMANN, 2014).

Embora os benefícios da IoT na avicultura sejam amplamente reconhecidos, sua implementação enfrenta desafios significativos. Nas áreas rurais onde, a falta de infraestrutura

de comunicação adequada e as condições ambientais adversas complicam a instalação e a operação eficiente desses sistemas. A distância de centros urbanos também impede a manutenção rápida e eficiente dos equipamentos, afetando o bem-estar das aves. Além disso, a dependência de um fornecimento de energia elétrica confiável em áreas remotas é um obstáculo significativo para o funcionamento contínuo dos sistemas automatizados (CURI, 2014; BRENNAN; SOLOMON, 2008). A conectividade de dispositivos aumenta a vulnerabilidade a ataques cibernéticos, comprometendo dados sensíveis e a operação das granjas (LI; LIU; WANG, 2020). Portanto, a adoção de IoT para monitoramento em tempo real requer investimentos iniciais elevados, dificultando a implementação por pequenos produtores (BRENNAN; SOLOMON, 2008).

A IoT oferece um potencial significativo para otimizar a produção avícola através do monitoramento e controle em tempo real, melhorando a eficiência operacional e o bem-estar animal. No entanto, para que esses benefícios sejam plenamente realizados, é essencial superar desafios relacionados à infraestrutura e altos custos iniciais.

2.2 Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina (ML)

A IA refere-se à capacidade dos sistemas computacionais de realizar tarefas que normalmente requerem inteligência humana, como reconhecimento de padrões, tomada de decisões e resolução de problemas. O ML, um subcampo da IA, envolve a criação de algoritmos que permitem aos computadores aprenderem a partir de dados e melhorarem seu desempenho ao longo do tempo sem serem explicitamente programados para cada tarefa. Na avicultura, a IA e o ML podem otimizar processos como alimentação, monitoramento de saúde, controle ambiental e seleção genética, contribuindo para a melhoria do bem-estar animal e a maximização da produtividade (RIBEIRO; SILVA; OLIVEIRA, 2020).

Apesar dos claros benefícios da IA e do ML na avicultura, a implementação dessas tecnologias ainda apresenta desafios consideráveis. A aplicação bem-sucedida de IA requer grandes volumes de dados de alta qualidade, o que pode ser um obstáculo para pequenos produtores. A falta de infraestrutura adequada e a necessidade de investimentos iniciais elevados podem limitar a adoção dessas tecnologias em larga escala (ZHANG; WANG; LI, 2019). Além disso, regulamentações e diretrizes claras são necessárias para garantir o uso responsável das tecnologias, protegendo a privacidade dos dados e assegurando a segurança das operações (PARK; KIM; CHOI, 2021).

A IA e o ML oferecem um potencial significativo para otimizar a produção avícola

através de uma gestão mais eficiente e precisa, promovendo o bem-estar animal e a sustentabilidade. No entanto, para que esses benefícios sejam plenamente realizados, é essencial superar desafios relacionados à qualidade dos dados, infraestrutura e regulamentação. Estudos futuros devem focar em soluções que tornem essas tecnologias mais acessíveis e seguras, especialmente para pequenos produtores.

2.3 *Big Data* e Análise Avançada

O termo *Big Data* refere-se ao vasto volume de dados gerados em alta velocidade e variedade, exigindo tecnologias específicas para captura, armazenamento, análise e gestão. Na avicultura, esses dados são coletados de diversas fontes, como sensores ambientais, monitoramento de saúde animal e registros de produtividade. A análise avançada, em inglês *Advanced Analytics*, utiliza técnicas como aprendizado de máquina e algoritmos preditivos para extrair insights significativos desses dados (DAVENPORT; DYCHÉ, [s.d.]). O *Big Data* tem o potencial de otimizar áreas da produção avícola, melhorando o manejo e a produtividade através da análise de dados ambientais e comportamentais das aves, além de aperfeiçoar a seleção genética para criar linhagens mais saudáveis e produtivas (MCAFEE; BRYNJOLFSSON, 2012).

Apesar dos benefícios claros, a implementação de *Big Data* encontra desafios importantes. Nas áreas rurais, a infraestrutura de comunicação e a conectividade são frequentemente inadequadas, dificultando a captura e transmissão de dados. A confiabilidade do fornecimento de energia elétrica em locais remotos também representa um desafio para a qualidade e consistência dos dados (CURI, 2014). A gestão de *Big Data* exige habilidades técnicas avançadas e recursos computacionais significativos, o que pode limitar a adoção apenas para os grandes produtores (GANDOMI; HAIDER, 2015). Além disso, dados imprecisos ou inconsistentes podem levar a análises errôneas e decisões equivocadas, destacando a necessidade de métodos para tratar dados incompletos e ambíguos (KESKAR; YADAV; KUMAR, 2023).

Em síntese, a aplicação de *Big Data* na avicultura tem potencial para melhorar a eficiência e a precisão da produção, oferecendo uma gestão mais sustentável e informada. As soluções baseadas em *Big Data* podem antecipar problemas, aprimorar a seleção genética e aumentar a produtividade. No entanto, para realizar plenamente esses benefícios, é essencial superar desafios técnicos e de infraestrutura, além de desenvolver políticas claras e transparentes para garantir o uso ético e seguro dos dados coletados (BOYD; CRAWFORD,

2012). Estudos futuros devem focar em tornar essas tecnologias acessíveis a produtores de todas as escalas, promovendo uma adoção mais ampla e eficaz.

2.4 Computação em Nuvem

Computação em nuvem refere-se à entrega de serviços de computação via internet, permitindo acesso sob demanda, escalabilidade e pagamento conforme o uso. Na avicultura inteligente, oferece uma infraestrutura robusta para processar grandes volumes de dados de sensores, câmeras e outras fontes, permitindo armazenamento seguro e análise de dados em painéis intuitivos (WU *et al.*, 2023). Apesar de suas vantagens, enfrenta obstáculos como problemas de conectividade e infraestrutura, especialmente em áreas rurais, além de altos custos iniciais e operacionais, dificultando a adoção (HONGQIAN *et al.*, 2016; ZHENG *et al.*, 2021). A computação em nuvem é promissora para otimização do processamento de dados na avicultura, mas superar os desafios técnicos e financeiros é crucial para que seus benefícios sejam acessíveis a todos os produtores (MCCARTHY *et al.*, 2013).

2.5 Automação e Robótica

A automação e a robótica envolvem o design, construção, operação e uso de robôs para tarefas automatizadas na avicultura, como alimentação, limpeza, coleta de ovos e monitoramento das aves, permitindo uma gestão mais eficiente das granjas e reduzindo a carga de trabalho manual (SILVA; RIBEIRO; COSTA, 2018). Esta estratégia melhora a nutrição das aves e reduz o desperdício de ração, contribuindo para a sustentabilidade (ALMEIDA; SILVA; SANTOS, 2019). Além disso, a automação de tarefas repetitivas melhora as condições de trabalho, reduzindo o risco de lesões dos trabalhadores (COSTA; OLIVEIRA; SOUSA, 2021). Não obstante, desafios relacionados aos altos custos iniciais e a necessidade de habilidades especializadas dificultam a adoção destas tecnologias (PEREIRA; LIMA; NUNES, 2020).

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa fundamentou-se em uma análise teórica que investigou o impacto das Tecnologias Inteligentes na Avicultura. Inicialmente realizou-se uma revisão sistemática da literatura focada nas principais Tecnologias Inteligentes seguindo linha de pesquisas de Venturini (2022), Brougham e Haar (2018), Zheng *et al* (2021), Rowe, Dawkins e Gebhardt-Henrich (2019), e Brenwnan e Solomon (2008). Em concordância, Astill *et al.* (2020)

relaciona estas tecnologias com a Avicultura. As tecnologias analisadas são IoT, IA, *Big Data*, Computação em Nuvem, Automação e Robótica. Posteriormente, conduziu-se uma análise bibliométrica para quantificar e examinar as publicações científicas que discutem o uso dessas tecnologias na Avicultura. Os métodos aplicados neste estudo proporcionaram uma compreensão aprofundada das tendências atuais e emergentes relacionadas ao tema. (ROWE; DAWKINS; GEBHARDT-HENRICH, 2019).

3.1 Análise Bibliométrica

A análise bibliométrica foi conduzida para compreender o panorama atual relacionado à aplicação das Tecnologia Inteligentes na Avicultura. Neste estudo, optou-se pelo uso das bases de dados de literatura científica e técnica Scopus, operada pela Elsevier, e *Web of Science* (WoS), operada pela *Clarivate Analytics*, devido ao seu reconhecimento acadêmico e confiabilidade. Ambas as bases são reconhecidas por incluírem publicações de alta qualidade, revisadas por pares, essenciais para assegurar a relevância e a validade dos dados analisados. A constantemente atualização com as mais recentes publicações científicas e a cobertura extensa de literatura que abrange diversas disciplinas e temas foram também critérios para escolha. Adicionalmente, as interfaces de usuário e as funcionalidades avançadas de busca e análise de citações oferecidas por essas plataformas permitiram a realização de pesquisas detalhadas como proposto nesta metodologia. Duas pesquisas foram realizadas, sendo a primeira mais restrita utilizando apenas os termos para Avicultura e Tecnologias Inteligentes em qualquer campo da base de pesquisa. Para a segunda pesquisa adicionou termos para cada uma das tecnologias compreendidas como Tecnologias Inteligentes (Tabela 1) também em qualquer campo disponível.

TABELA 1 – Termos completos das pesquisas para bases de dados WoS e Scopus

Pesquisa	Base	Termo completo de pesquisa
Restrita	WoS	ALL= ("poultry farming") AND (ALL= ("smart technology") OR ALL= ("intelligent technology"))
	Scopus	ALL ("poultry farming") AND (ALL ("smart technology") OR ALL ("intelligent technology"))
Ampla	WoS	ALL= ("poultry farming") AND ((ALL= ("smart technology") OR ALL= ("intelligent technology")) OR (ALL= ("IoT") OR ALL= ("Internet of things") OR ALL= ("sensor")) OR ALL= ("Big Data") OR ALL= ("artificial intelligence") OR (ALL= ("robotics") or ALL= ("automation")) OR ALL= ("cloud computing"))
	Scopus	ALL ("poultry farming") AND ((ALL ("smart technology") OR ALL ("intelligent technology")) OR (ALL ("IoT") OR ALL ("Internet of things") OR ALL ("sensor")) OR ALL ("Big Data") OR ALL ("artificial intelligence") OR (ALL ("robotics") or ALL ("automation")) OR ALL ("cloud computing"))

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

A data de realização das pesquisas foi 26 de julho de 2024. Os resultados das pesquisas foram exportados em forma CSV e consolidados em um conjunto unificado de resultados. A seguir, procedeu-se à eliminação de duplicidades nos resultados e a adequação dos nomes dos autores para evitar análises incorretas devido à grafia diferente.

Com o conjunto de registros saneado, procedeu-se à análise bibliométrica por meio das visualizações de redes de informação de coautoria, citações, palavras-chave. O software escolhido para esta análise foi o *VOSviewer* desenvolvido pela Universidade de Leiden, na Holanda. A opção pelo *VOSviewer* se deu em função de sua ampla aceitação, e pelas reconhecidas de suas capacidades para manipular conjuntos de dados para oferecer visualizações interativas e detalhadas (VAN ECK; WALTMAN, 2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta sessão apresenta o resultado das pesquisas realizadas nas bases de dados de literatura científica e técnica, bem como as análises bibliométricas realizadas a partir destes resultados. A data de realização das pesquisas foi 26/06/2024.

4.1 Crescimento do interesse pelo tema de Tecnologias Inteligentes e Avicultura

A pesquisa confirmou a escassez de estudos panorâmicos sobre o tema, como pode ser verificado pelo número exíguo de documentos encontrados na pesquisa restrita em comparação com a pesquisa ampla (Tabela 2).

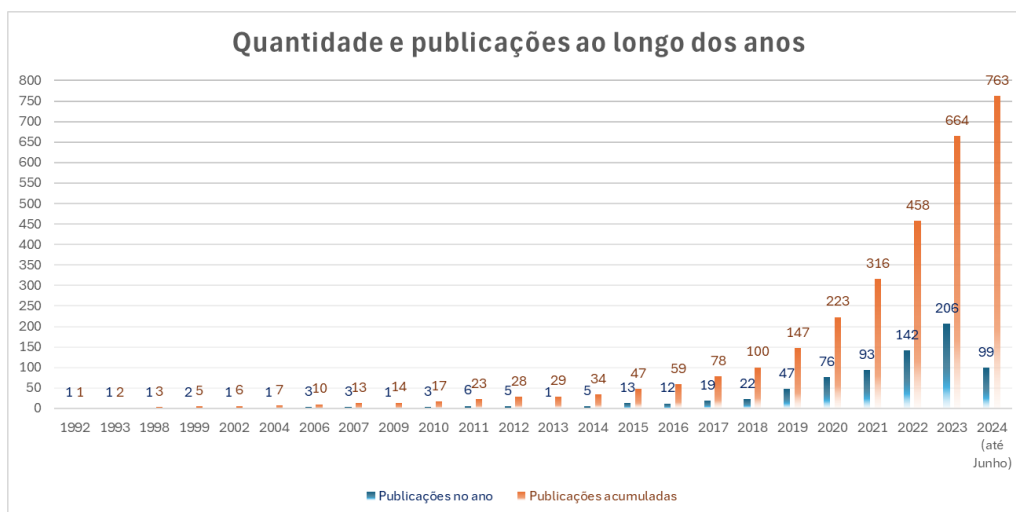
TABELA 2 – Resultados das pesquisas restrita e ampla nas Bases WoS e Scopus

Tipo de pesquisa	Documentos encontrados exclusivamente na WoS	Documentos encontrados em ambas as bases	Documentos encontrados exclusivamente na Scopus	Total
Restrita	0	0	33	33
Ampla	13	57	693	763

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

A pesquisa também revelou um notável aumento no interesse pelo tema nos últimos anos (Figura 1), conforme refletido pelo número crescente de especialmente a partir de 2020, com um crescimento médio ano a ano de 60% no número de publicações.

FIGURA 1 – Crescimento anual: Publicações sobre Avicultura e Tecnologias Inteligentes

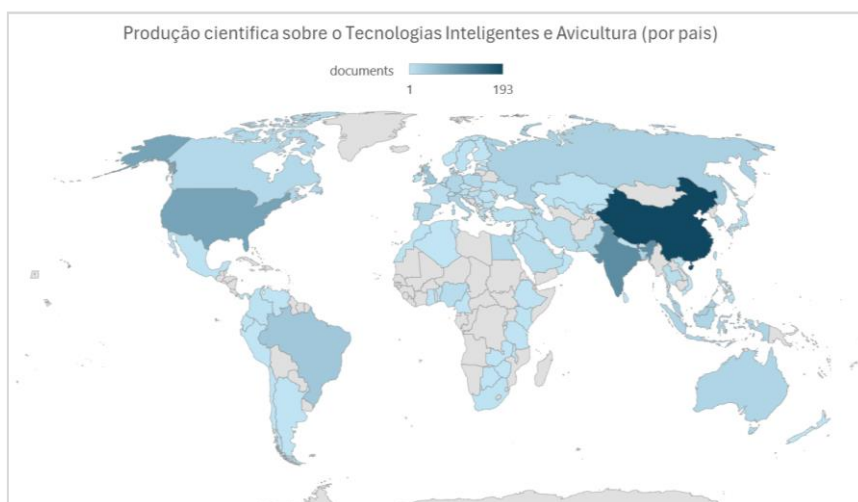


Fonte: Elaborada pelos autores

4.2 Principais pesquisadores sobre Tecnologias Inteligentes e Avicultura

A análise revelou que os países que lideram a pesquisa nos temas de Tecnologias Inteligentes para Avicultura são China, Índia, Estados Unidos, Reino Unido e Brasil, com cerca de 50% de todas as publicações sobre o tema. A análise também revelou que embora este grupo de 5 países liderem as pesquisas sobre o tema, este é um assunto tratado globalmente, sendo que 90 países em todos os continentes possuem produção relevante. Globalmente a Ásia se destaca com cerca de 51% de toda a produção científica no tema, seguida pela Europa com 27%, América do Norte com 10%, América do Sul e África, ambos com 5% e a Oceania com 2% dos artigos publicados (Figura 2).

FIGURA 2 – Países líderes na pesquisa científica sobre Tecnologias Inteligentes e Avicultura



Fonte: Elaborada pelos autores.

Do ponto de vista das organizações de pesquisa, a pesquisa revelou 177 publicadoras envolvidas, sendo que 7 destas são responsáveis por mais de 50% das publicações. Quanto aos periódicos, foram identificados 478 no total, sendo que 20% destes foram responsáveis por 50% das publicações. As tabelas 3 e 4 destacam os principais responsáveis pelos artigos publicados no tema.

TABELA 3 – Ranking das 10 principais publicadoras

Publicadora	Quantidade de publicações
Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.	120
Elsevier B.V.	65
MDPI	58
Elsevier Ltd	43
Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)	40
Springer Science and Business Media Deutschland GmbH	30
Springer	26
MDPI AG	18
Elsevier Inc.	13
John Wiley and Sons Inc	12

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

TABELA 4 – Ranking dos 10 principais periódicos

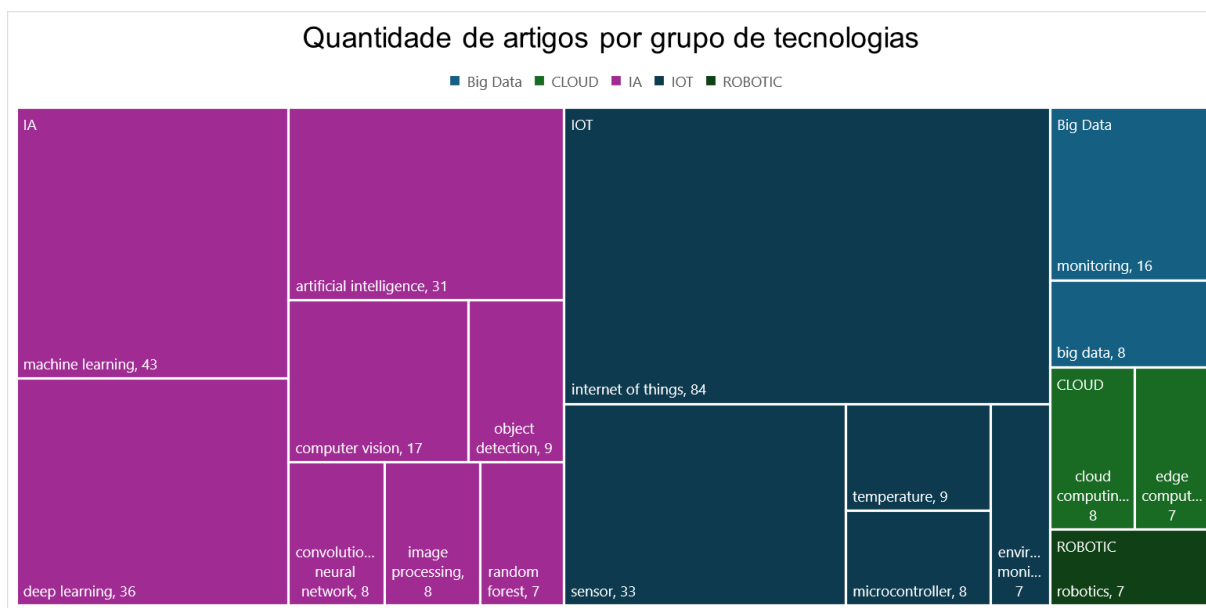
Periódico	Quantidade de publicações
Animals	38
Computers and Electronics in Agriculture	25
Sensors	12
Sustainability (Switzerland)	11
IEEE Access	9
Poultry Science	9
Agriculture (Switzerland)	8
IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	8
Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering	8
Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery	7

Fonte: Desenvolvido pelos autores.

4.3 Tendências de pesquisas identificadas nas principais palavras-chave associadas

A análise bibliométrica revelou a preponderância pela pesquisa no campo das aplicações de Internet das Coisas, sublinhando o papel crucial da automação da coleta de dados e do monitoramento em tempo real na avicultura. Igualmente notável é o interesse pela pesquisa em IA e suas subdivisões de aprendizado de máquina, aprendizado profundo, redes neurais artificiais (Figura 3).

FIGURA 3 – Rede de palavras chaves



Fonte: Elaborada pelos autores

A análise das coocorrências das palavras-chave nos artigos científicos analisados revelou 5 agrupamentos indicando que produção científica sobre Tecnologias Inteligentes na Avicultura é altamente interdisciplinar, envolvendo técnicas de IA, aprendizado de máquina, visão computacional, IoT, e computação em nuvem.

O primeiro agrupamento (Figura 4) está destacado em vermelho e indica foco nas pesquisas em tecnologias específicas como IoT e Computação em Nuvem aplicadas à Avicultura com uma ênfase particular em sustentabilidade.

Destacado em verde, o segundo agrupamento aborda técnicas de visão computacional e processamento de imagens aplicadas à Avicultura com tecnologias de aprendizado profundo e de redes neurais convolucionais.

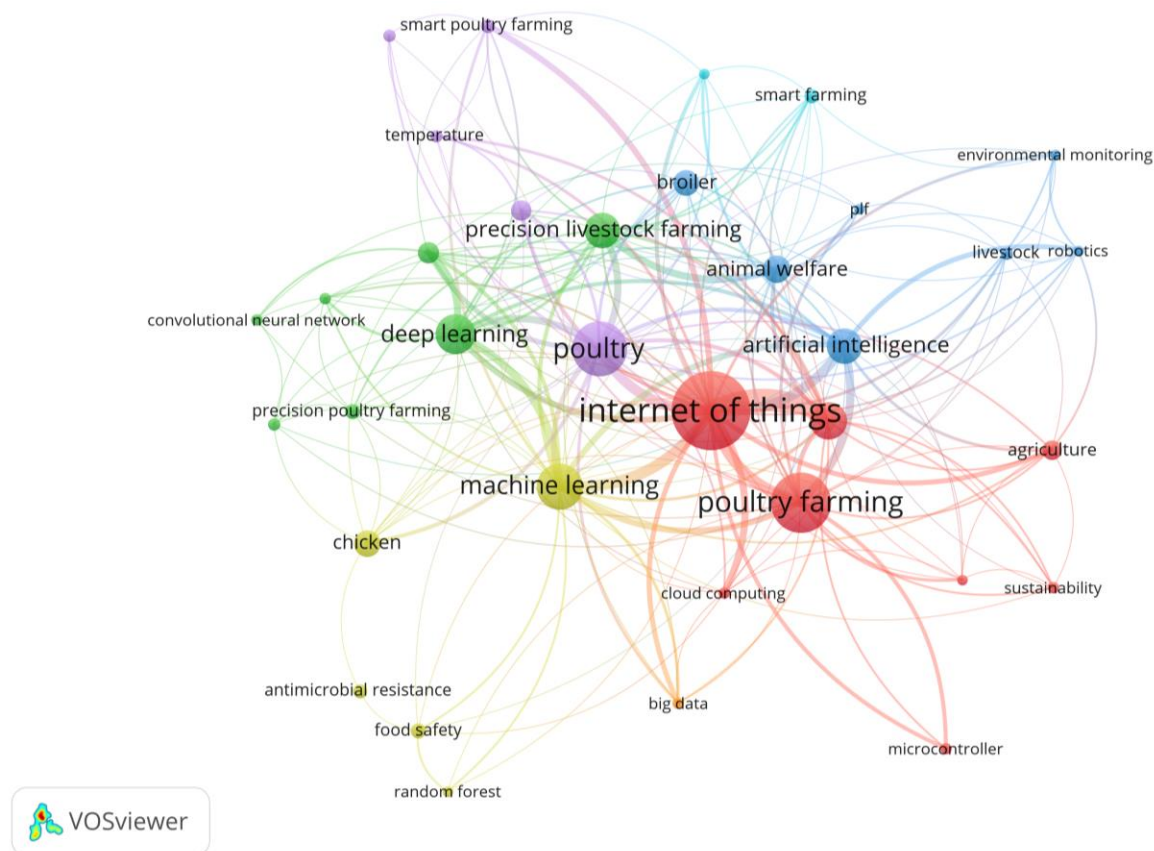
O foco do terceiro agrupamento, destacado azul, é o bem-estar animal e o monitoramento ambiental, utilizando IA e Robótica. A presença de "*broiler*" (frango de corte) e "*PLF*" (*Precision Livestock Farming*) indica uma aplicação específica na avicultura e criação de gado.

Já o quarto agrupamento, sinalizado em amarelo, destaca a segurança alimentar e a resistência antimicrobiana, usando técnicas de aprendizado de máquina como "*random forest*" além de *Big Data* e computação em nuvem. Foca-se na segurança do frango, refletindo preocupações sobre a saúde pública e eficiência produtiva

O quinto agrupamento, o lilás, está relacionado ao monitoramento de condições ambientais como amônia e temperatura na avicultura inteligente. Indica um foco na

manutenção de condições ótimas para o bem-estar animal e produtividade.

FIGURA 4 – Rede coocorrências de palavras-chave



Fonte: Elaborada pelos autores

Adicionalmente, identificou-se uma forte interconexão entre Avicultura e Internet das Coisas, com uma ênfase crescente na incorporação de tecnologias IoT nas práticas avícolas em uma tendência para uma avicultura conectada e baseada em dados.

Esta pesquisa evidenciou que há uma notável interconexão entre as Tecnologias Inteligentes e as aplicações na Avicultura, o que pode indicar o crescimento das demandas de eficiência operacional com uso de monitoração preditiva, reconhecimento de padrões e identificação de anomalias nos processos da cadeia de suprimento da avicultura.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa desenvolveu uma visão abrangente do impacto das Tecnologias Inteligentes na Avicultura, detalhando inovações, benefícios e desafios, e oferecendo insights para sua implementação com foco na otimização da produtividade, bem-estar animal e promoção da sustentabilidade.

Embora as Tecnologias Inteligentes apresentem grandes benefícios para a Avicultura, há desafios que precisam ser considerados. O uso de sensores e monitoramento em tempo real pode ser custoso e suscetível a problemas de conectividade e precisão, especialmente em áreas rurais (BRENNAN; SOLOMON, 2008; LI; LIU; WANG, 2020). A IoT exige investimentos iniciais significativos, dificultando a adoção por pequenos produtores (LI; LIU; WANG, 2020; BRENNAN; SOLOMON, 2008). A análise de *Big Data* enfrenta desafios de qualidade e consistência dos dados, além de exigir habilidades técnicas avançadas e infraestrutura robusta (GANDOMI; HAIDER, 2015; KESKAR; YADAV; KUMAR, 2023). IA e o ML demandam grandes volumes de dados de alta qualidade e investimentos elevados, limitando sua adoção (ZHANG; WANG; LI, 2019). A computação em Nuvem enfrenta desafios de conectividade, segurança e custos elevados, especialmente em regiões rurais (HONGQIAN *et al.*, 2016; ZHENG *et al.*, 2021). Automação e robótica, embora eficientes, têm altos custos iniciais e exigem manutenção especializada (PEREIRA; LIMA; NUNES, 2020).

A análise bibliométrica mostrou que IoT e IA são as tecnologias foco de pesquisa o que destaca seu papel na automação e monitoramento em tempo real na Avicultura. Revelou também crescente interesse global sobre estes temas, com a Ásia liderando na produção científica. A interconexão entre Tecnologias Inteligentes e suas aplicações na Avicultura indica uma demanda crescente por eficiência operacional, monitoramento preditivo, reconhecimento de padrões e identificação de anomalias, destacando a importância da automação e do monitoramento em tempo real.

A análise das coocorrências de palavras-chave nos artigos revelou agrupamentos focados em IoT e Computação em Nuvem com ênfase em sustentabilidade, visão computacional e processamento de imagens com aprendizado profundo, bem-estar animal e monitoramento ambiental com IA e Robótica, segurança alimentar e resistência antimicrobiana usando Machine Learning e monitoramento de condições ambientais com IoT. Estes agrupamentos revelaram que a produção científica sobre Tecnologias Inteligentes na Avicultura é altamente interdisciplinar, com uma ênfase crescente na incorporação de tecnologias as práticas avícolas, sugerindo uma tendência para uma avicultura conectada e baseada em dados.

Embora este estudo ofereça insights sobre Tecnologias Inteligentes na Avicultura, possui limitações: a análise bibliométrica, baseada em dados até 26 de junho de 2024, pode não refletir publicações mais recentes; as *strings* de pesquisa nas bases WoS e Scopus cobrem os termos mais comuns, mas variações não consideradas podem afetar as conclusões.

Estudos futuros poderiam focar em soluções que permitam a adoção de Tecnologias Inteligentes por pequenos produtores a custos reduzidos. Sugere-se um *design* de aplicações para otimização do monitoramento ambiental em tempo real, capazes de lidar com imprecisões de dados devido às limitações de infraestrutura. Recomenda-se o uso de lógicas não clássicas, como Lógica *Fuzzy* e Lógica Paraconsistente Anotada, para tratar dados incompletos e conflitantes (MARTINEZ *et al.*, 2021; ABE, AKAMA; NAKAMATSU, 2015). Recomenda-se pesquisas futuras focadas na redução dos custos das Tecnologias Inteligentes, incluindo novos modelos de negócios, subsídios governamentais e cooperativismo para compartilhamento de recursos tecnológicos.

Este estudo alcançou os objetivos propostos ao fornecer uma visão detalhada e abrangente sobre as aplicações das Tecnologias Inteligentes na Avicultura, destacando inovações, benefícios e desafios. Assim, contribui significativamente para a pesquisa científica, oferecendo uma base sólida para futuras investigações e desenvolvimento no campo.

REFERÊNCIAS

- ABE, J. M.; AKAMA, S.; NAKAMATSU, K. **Introduction to Annotated Logics Foundations for Paracomplete and Paraconsistent Reasoning**. Cham: Springer International Publishing, 2015.
- ALMEIDA, L.; SILVA, J.; SANTOS, R. Automated Feeding Systems in Poultry Farming: Benefits and Challenges. **Journal of Agricultural Engineering**, p. 321–329, 2019.
- ASTILL, J. et al. Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. **Computers and electronics in agriculture**, v. 170, n. 105291, p. 105291, 2020.
- BOYD, D.; CRAWFORD, K. **Critical Questions for Big Data. Information**. [s.l.] Communication & Society, 2012.
- BRENNAN, L.; SOLOMON, M. Emerging technologies in agriculture: Barriers and opportunities. **Journal of Agricultural Technology**, n. 1, p. 14–29, 2008.
- BROUGHAM, D.; HAAR, J. Smart Technology, Artificial Intelligence, Robotics, and Algorithms (STARA): Employees' perceptions of our future workplace. **Journal of management & organization**, v. 24, n. 2, p. 239–257, 2018.
- COSTA, M.; OLIVEIRA, P.; SOUSA, F. Robotic Automation in Poultry Farming: Impacts on Animal Welfare and Labor Conditions. **Poultry Science**, v. 100, p. 1012–1020, 2021.
- CURI, T. M. R. D. C. **Avaliação Do Sistema De Ventilação Em Instalações Para Frangos De Corte Por Meio De Modelos**. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambientais) - Faculdade de Engenharia Agrícola. [s.l.: s.n.].

DAVENPORT, T. H.; DYCHÉ, J. **Big Data in Big Companies. International Institute for Analytics.** [s.l: s.n.].

DIAO, C.; SUN, D.; LI, Y. A Survey on Internet of Things for Smart Agriculture: Opportunities and Challenges. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 22, n. 3, p. 1826–1853, 2020.

GANDOMI, A.; HAIDER, M. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. **International journal of information management**, v. 35, n. 2, p. 137–144, 2015.

GARCÍA, M.; MARTÍNEZ, J. Application of Internet of Things (IoT) in Animal Production Systems. **Journal of Animal Science and Technology**, n. 10, p. 123–134, 2019.

GÓMEZ, D.; PRENDES, A.; VALCARCEL, R. Internet of Things (IoT) for Precision Livestock Farming: A Review of Applications and Challenges. **Sensors**, [s.d.].

HONGQIAN, C. Cloud-based data management system for automatic real-time data acquisition from large-scale laying-hen farms. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 31, n. 9, p. 106–115, 2016.

JACQUINOT, E. **Avicultura 4.0: Desafios e Oportunidades na Era Digital.** [s.l: s.n.].

KESKAR, V. V.; YADAV, J.; KUMAR, A. Enhancing data quality by detecting and repairing inconsistencies in big data. Em: **Smart Innovation, Systems and Technologies**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 185–197.

LI, Y.; LIU, H.; WANG, J. Cybersecurity issues in Internet of Things: A comprehensive survey. **Computer Networks**, p. 295–308, 2020.

MARTINEZ, A. A. G. et al. A mobile application to follow up the management of broiler flocks. **AgriEngineering**, v. 3, n. 4, p. 990–1000, 2021.

MCAFEE, A.; BRYNJOLFSSON, E. Big data: the management revolution. **Harvard business review**, v. 90, n. 10, p. 60–68, 128, 2012.

MCCARTHY, U. Enhanced efficiencies in the poultry industry via real-time monitoring and cloud-enabled tracking. Em: **The 6th European Conference on Precision Livestock Farming.** [s.l: s.n.]. p. 212–222.

MUNSHI, A.; DATTA, S. IoT Applications in Poultry Farming: A Comprehensive Review. **Journal of the Indian Society of Agricultural Engineers**, p. 382–392, 2020.

PARK, S.; KIM, H.; CHOI, Y. The Role of Artificial Intelligence in Promoting Sustainability in Poultry Production. **Sustainability**, 2021.

PEREIRA, A.; LIMA, R.; NUNES, T. Economic Barriers to the Adoption of Robotics in Small-Scale Poultry Farming. **Agribusiness**, n. 1, p. 48–63, 2020.

PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. How smart, connected products are transforming competition. **Harvard Business Review**, 2014.

RIBEIRO, B.; SILVA, J.; OLIVEIRA, M. **Predictive Analytics for Poultry Health Monitoring Using Artificial Intelligence. Computers and Electronics in Agriculture.** [s.l: s.n.].

ROWE, E.; DAWKINS, M.; GEBHARDT-HENRICH, S. A Systematic Review of Precision Livestock Farming in the Poultry Sector: Is Technology Focussed on Improving Bird Welfare? **Animals : an Open Access Journal from MDPI**, n. 9, 2019.

SILVA, M.; RIBEIRO, B.; COSTA, E. Egg Collection Robots: Enhancing Efficiency and Hygiene in Poultry Production. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 150, p. 163–171, 2018.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523–538, ago. 2010.

VENTURINI, F. Intelligent technologies and productivity spillovers: Evidence from the Fourth Industrial Revolution. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 194, p. 220–243, 2022.

WU, B. et al. **An RFID-Assisted Smart Livestock and Poultry Farming System on the Cloud.** 2023 15th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE). **Anais...** Em: 2023 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER AND AUTOMATION ENGINEERING (ICCAE). Sydney, Australia: IEEE, 3 mar. 2023. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/10111202/>>. Acesso em: 28 jun. 2024

ZHENG, H. **Design and Implementation of Poultry Farming Information Management System Based on Cloud Database.** **Animals**, v. 11. [s.l: s.n.].

ZHANG, Z.; WANG, L.; LI, X. **Challenges and Opportunities in Applying Machine Learning to Poultry Farming.** **Frontiers in Veterinary Science.** [s.l: s.n.].

ZHOU, K.; PANG, G.; SUN, Z. Applications of Internet of Things (IoT) in Smart Agriculture: A Survey. **IEEE Access**, p. 171221–171231, 2020.