

Uso de Inteligência Artificial na Pecuária: Revisão de literatura

Use of Artificial Intelligence in Livestock: Literature review

Uso de Inteligencia Artificial en Ganadería: Revisión de la Literatura

Recebido: 28/02/2023 | Revisado: 20/03/2023 | Aceitado: 22/03/2023 | Publicado: 27/03/2023

Adriana Moreira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0330-0637>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: adriana.silva2@sou.ufmt.br

Francieli Kovalski dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8638-1235>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: francieli.santos@sou.ufmt.br

Pamella Biazzi Machado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3025-4613>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: pamella.machado@sou.ufmt.br

Luísa Götz Berghahn

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8507-0846>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: luisa.berghahn@sou.ufmt.br

Gilberto Pedroso de Campos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7452-0752>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: gilberto.campos@sou.ufmt.br

Cláudio Vieira de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9378-7348>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: cvaufmt@gmail.com

Simone Inoe Araújo

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8125-6774>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: araujoine@bol.com.br

Flávio Luiz de Menezes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4009-9338>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: flm.zootecnista@gmail.com

Resumo

O uso de soluções tecnológicas concede melhorias na eficiência e sustentabilidade de sistema em agropecuária, como o uso da inteligência artificial (IA), que é um campo interdisciplinar alterando o paradigma agrícola para algo diferente do atual. As soluções baseadas em IA não apenas permitem que os produtores façam mais com menos, mas também melhoram a qualidade e garantem que as safras cheguem ao mercado mais rapidamente. Diante da relevância do tema e das informações apresentadas, o presente trabalho de revisão integrativa de literatura tem como objetivo abordar e evidenciar a importância e possibilidade de uso da Inteligência Artificial na Pecuária. Foi realizado uma revisão bibliográfica para o levantamento de informações e de dados disponíveis sobre o uso e aplicação da inteligência artificial na pecuária, onde a busca e compilado dos dados ocorreu através das ferramentas de pesquisa do Google, Google Acadêmico, SCIELO –Scientific Eletronic Library e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ao observarmos a utilização da inteligência artificial na pecuária podemos inferir que a implementação desta proporciona a possibilidade de identificação e contagem de animais de forma remota, comportamento animal e formação de um banco de dados, de forma mais precisa, de um animal individual ou de uma propriedade, permitindo ao produtor e técnico responsável traçar estratégias que maximizem a produção e reduza os custos, além de desenvolver um negócio sustentável.

Palavras-chave: Agronegócio; Eficiência produtiva; Gestão; Tecnologia.

Abstract

The use of technological solutions improves the efficiency and sustainability of agricultores system, such as the use of artificial intelligence (AI), which is an interdisciplinary field that can change the agricultural paradigm to something different from the current one. AI-powered solutions not only allow producers to do more with less, they also improve

quality and ensure crops reach market faster. Given the relevance of the topic and the information presented, this integrative literature review aims to address and highlight the importance and possibility of using Artificial Intelligence in Livestock. A bibliographic review was carried out to collect information and data available on the use and application of artificial intelligence in livestock, where the search and compilation of data occurred through the search tools of Google, Google Scholar, SCIELO - Scientific Electronic Library and Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. When observing the use of artificial intelligence in livestock, we can infer that its implementation provides the possibility of remote identification and counting of animals, animal behavior and the formation of a database, more precisely, of an individual animal or a property, allowing to the producer and responsible technician to outline strategies that maximize production and reduce costs, in addition to developing a sustainable business.

Keywords: Agribusiness; Productive efficiency; Management, Technology.

Resumen

El uso de soluciones tecnológicas mejora la eficiencia y sostenibilidad de la agricultura, como el uso de la inteligencia artificial (IA), que es un campo interdisciplinario que puede cambiar el paradigma agrícola a algo diferente al actual. Las soluciones impulsadas por IA no solo permiten a los productores hacer más con menos, sino que también mejoran la calidad y aseguran que los cultivos lleguen al mercado más rápido. Dada la relevancia del tema y la información presentada, esta revisión integrativa de la literatura tiene como objetivo abordar y resaltar la importancia y la posibilidad de utilizar la Inteligencia Artificial en Ganadería. Se realizó una revisión bibliográfica para recolectar información y datos disponibles sobre el uso y aplicación de inteligencia artificial en ganadería, donde la búsqueda y recopilación de los datos se dio a través de las herramientas de búsqueda de Google, Google Scholar, SCIELO - Biblioteca Electrónica Científica y Ministerio de Educación. Agricultura, Ganadería y Abastecimiento. Cuando observamos el uso de la inteligencia artificial en la ganadería, podemos inferir que su implementación brinda la posibilidad de identificar y contar de forma remota los animales, el comportamiento animal y la formación de una base de datos, más precisamente, de un animal individual o una propiedad, lo que permite al productor y técnico responsable de trazar estrategias que maximicen la producción y reduzcan costos, además de desarrollar un negocio sustentable.

Palabras clave: Agronegocios; Eficiencia productiva; Gestión; Tecnología.

1. Introdução

Os índices brasileiros em termos de produção de carne, são relativamente inferiores quando comparado a países mais eficientes. Em 2021, os Estados Unidos da América lideraram a produção mundial de carne bovina, com cerca de 12,7 milhões de toneladas de equivalente carcaça (TEC), seguida pelo Brasil, com cerca de 9,7 milhões TEC (ABIEC, 2022). Apesar da maior produção de carne, o EUA apresenta aproximadamente 92 milhões de animais, contra os 196 milhões brasileiros, mostrando assim a baixa eficiência produtiva do nosso país (ABIEC, 2022).

No entanto, nos últimos tem evidenciado aumento populacional, com isso, necessitando, também, de aumento da produção de alimentos, em um cenário onde os recursos terrestres são limitados, exigindo então maior eficiência de produção (Berry e Crowley, 2013). De acordo com Bruinsma (2009), e com base nas projeções da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (FAO, 2017), até o ano de 2050 a disponibilidade média de calorias diárias mundial por pessoa pode subir para 3130 calorias. Para que tal feito seja possível, será necessário que a produção agrícola aumente em cerca de 70% a 100% (no caso de países em desenvolvimento) para lidar com um aumento de 40% da população mundial, até essa data (Goedde et al., 2020). Para isso a produção de alimento deverá aumentar, sendo o incremento anual de 1 bilhão de toneladas de grãos e 200 milhões de toneladas extra de produtos de origem animal (De Clercq et al., 2018).

Portanto, usar as soluções tecnológicas mais recentes para melhorar a eficiência e a sustentabilidade da agropecuária continuam sendo uma das principais prioridades. A inteligência artificial (IA) é um campo interdisciplinar que pode mudar o paradigma agrícola para algo diferente do atual (Panpatte, 2018). As soluções baseadas em IA não apenas permitem que os produtores façam mais com menos, mas também melhoram a qualidade e garantem que as safras cheguem ao mercado mais rapidamente (Revanth, 2019). Desta forma, estaremos um passo mais perto de desenvolver um sistema agropecuária mais eficiente e sustentável.

A moderna tecnologia da pecuária que faz a incorporação da inteligência artificial, permite detectar automaticamente o peso de vários animais, bem como os seus estágios de desenvolvimento, permite proceder o fornecimento adequado de alimento de acordo com a necessidade ou desejo dos animais, e monitorar o efeito desta alimentação sobre o desempenho com o objetivo de obter melhores resultados e maior eficiência (Olejnik, et al., 2022).

Do ponto de vista da produção agrícola e alimentação humana, esta tecnologia possibilita a rastreabilidade de todo o sistema produtivo, desde o produtor até o consumidor final, o que proporciona maior segurança alimentar, e onde este tipo de comprovação pode se tornar um diferencial no mercado e vantagem competitiva (Patel et al., 2022).

Diante da relevância do tema e das informações apresentadas, o presente trabalho de revisão integrativa de literatura tem como objetivo abordar e evidenciar a importância e possibilidade de uso da Inteligência Artificial na Pecuária.

2. Metodologia

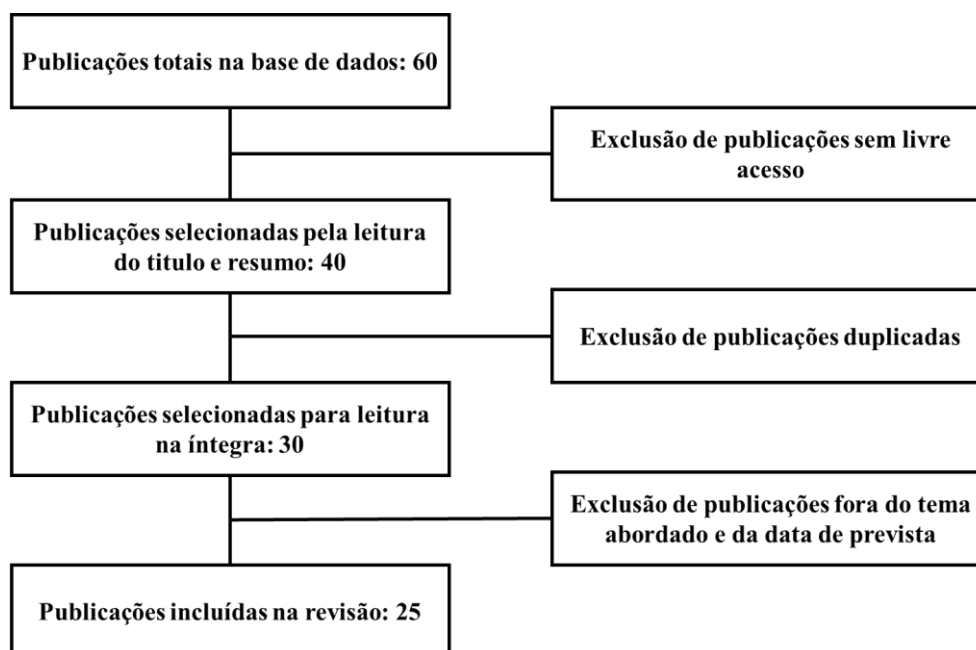
O presente trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica que tem por objetivo fazer o levantamento de informações e de dados disponíveis sobre o uso e aplicação da inteligência artificial na pecuária, onde os trabalhos apresentados estão datados entre 2006 e 2022. Este trata-se de uma revisão narrativa, na qual foram apresentados os resultados obtidos com base em leituras e observações de informações técnico-científicas disponíveis, trazendo uma revisão dos dados mais atuais do tema abordado (Cuha et al., 2014).

A pesquisa foi realizada durante os meses de novembro e dezembro de 2022, pautando-se na rescisão de literatura de artigos científicos e publicações acadêmicas de universidades e instituições de pesquisa nacionais e internacionais. A busca e compilado dos dados ocorreu através das ferramentas de pesquisa do Google, Google Acadêmico, SCIELO –Scientific Electronic Library e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. As palavras chaves e indexadores utilizados durante a busca foram inteligência artificial, uso da inteligência artificial, inteligência artificial na pecuária, pecuária 4.0 e inovações aplicadas a pecuária.

Após a leitura dos materiais encontrados, arquivos nos idiomas português e inglês com relevância no tema a ser discutido foram pré-selecionados e posteriormente utilizados como base de dados na escrita da revisão. Os critérios para seleção dos arquivos foram a data de publicação dentro do período estipulado, preferencialmente as mais recentes, de acesso livre para a comunidade e a coerência com o tema estudado.

Já a exclusão dos artigos ocorreu nos que após a leitura crítica e analítica do título e resumo do trabalho, os mesmos apresentavam informações duplicados, não eram de livre acesso ao público, fora do tema central analisado, ou que estavam com data de publicação relativamente antiga. O percurso metodológico aplicado neste estudo para a seleção dos artigos e trabalhos acadêmicos está esquematizado na Figura 1.

Figura 1 - Esquema de seleção das publicações inclusas.



Fonte: Autoria própria.

3. Revisão de Literatura

Inteligência artificial (IA)

A inteligência artificial ou IA foi criada em 1956 no Simpósio de Dartmouth por John McCarthy, o pai da IA, que descreveu a IA como sendo uma nova disciplina transversal (Li e Du, 2017). A mesma pode ser definida como uma simulação da capacidade de pensamento abstrato, criativo e dedutivo, e particularmente da capacidade de aprender, usando a lógica digital e binária dos computadores (Marr, 2019). Os equipamentos eletrônicos, tais como os computadores, utilizam bancos de dados armazenados de eventos anteriores juntamente com ferramentas estatísticas para a tomada de decisão, este domínio do universo da IA é conhecido como machine learning (ML) ou aprendizado das máquinas (Russell e Norvig, 2010).

Para Chimakurthi (2019), o uso da IA no ramo da pecuária tem prosperado em ritmo acelerado nos últimos anos, tendo o potencial de alterar a condição dos produtores, aumentando e melhorando a condição física e a saúde deles e dos animais de sua propriedade, onde esta tecnologia é poderosa e pode auxiliar na obtenção de oportunidades na pecuária, favorecendo o aumento da produção e fortificação da cadeia produtiva. De acordo com Laloë (2019), a IA apresenta diversos programas operacionais em diversas áreas produtivas, como no manejo dos animais; monitoramento da operação de ordenhadeiras; aumento da produção de leite; diagnóstico de doenças, sobretudo em vacas e construção de fazendas inteligentes que são habilitadas para analisar imagens. Esta tecnologia surge oferecendo novas oportunidades e perspectivas que visam a melhoria da qualidade e crescimento da indústria pela incorporação de negócios mais rentáveis e sustentáveis.

A IA foi projetada inicialmente com o intuito de fornecer e proporcionar serviços de forma mais abrangente dentro de uma fazenda, sendo uma ferramenta de grande valia no auxílio dos produtores em manter a saúde do rebanho, aumentar a eficiência produtiva e melhorar os índices de produção agrícola, além de possibilitar o desenvolvimento da indústria e promover modelos de negócio mais lucrativos (Chimakurthi, 2017). Nas fazendas a IA é tida como uma das principais ferramentas utilizadas para o melhoramento genético dos animais, sendo utilizada para selecionar e criar vacas leiteiras e touros de alta qualidade com base nas características dos animais e seu desempenho Chimakurthi (2019).

As tecnologias de IA são capazes de gerar dados que podem ser facilmente acessados de maneira remota e com menor

custo e melhor desempenho, resultando em uma demanda crescente desta tecnologia por parte dos consumidores, e embora os algoritmos de IA tenham se desenvolvido em ritmo acelerado, a falta de padronização é o maior fator limitante para coleta e compartilhamento dos dados em todo o mundo (Chimakurthi, 2019).

Aplicações de IA na agricultura sustentável

A agricultura sustentável pode ser definida como sendo uma forma de melhorar a eficiência produtiva e a qualidade dos produtos agrícolas sem comprometer os recursos naturais, os preservando para o futuro (Schönfeld et al., 2018). Este novo modelo produtivo vem ganhando espaço e pode ser alcançado do investimento em tecnologias que estão sendo desenvolvidas e aprimoradas, como as com utilização da IA e suas derivações, como o big data, que permite otimizar a eficiência agrícola e a redução dos custos (Sarker et al., 2019).

A IA pode ser incorporada em cinco dimensões da sustentabilidade, sendo elas a econômica, tecnológica, social, individual e ambiental, quanto a esfera ambiental, o uso da IA está ligado a possibilidade de ser uma ferramenta útil no auxílio de melhoria da gestão dos resíduos e poluição, adoção de veículos autônomos e desenvolvimento de sistemas de gestão de conhecimento integrados para análise de imagens (Khakurel et al., 2018). Além disso, há a possibilidade de explorar a ferramenta preditiva da IA para desenvolver modelos de processos ambientais a partir dos dados obtidos, e assim, otimizar a capacidade de estudar tendências atuais e futuras, como de uso e disponibilidade de água, ecossistemas e poluição ambiental (Rayome, 2019).

Desta forma, as principais formas de implementação da IA na agricultura moderna estão ligadas a monitorização da cultura e do solo (Elahi et al., 2019), gestão de doenças e pragas agravada pela mudança climática, monoculturas e o uso generalizado de pesticidas (Allen, 2018), melhoria da programação e aumento do rendimento da irrigação (Mewes, 2018) e também na detecção de ervas daninhas nas terras agrícolas, de forma a ajudar a reduzir o uso de pesticidas e proteger o ambiente agrícola (Lin et al., 2017).

O componente solo possui fundamental importância no sistema produtivo, onde a gestão inadequada do mesmo pode levar a perdas produtivas e a degradação do solo (Bannerjee et al., 2018). Diante disso, é de fundamental importância o conhecimento de suas características e condições, para isso, nos últimos anos o uso de IA vem sendo feito com o intuito de selecionar e identificar propriedades do solo desejadas como na investigação de salinidade e previsão de humidade (Kouadio et al., 2018).

Já a gestão das culturas se inicia no momento da produção das sementes, semeadura, crescimento, colheita e armazenamento (Alreshidi, 2019). O uso do deep learning, ramo da IA, está sendo feito com o intuito de identificação do stress biótico das plantas com uma faixa de classificação de 95% a 99% (Pantazi et al., 2020b). O uso destas ferramentas na agricultura são fundamentais para atender as necessidades geradas com relação às informações sobre os novos produtos agrícolas e são capazes de garantir e avaliar a segurança das culturas e alimentos (Pantazi et al., 2020a).

Um dos principais desafios agrícolas que precisam ser sanados é quanto ao uso eficiente da água. A gestão inadequada do uso da água na irrigação leva a degradação do solo (Bannerjee et al., 2018). Com isso, o uso de máquinas associadas a IA com informações sobre o padrão climático da região, qualidade do solo e tipo de cultura, podem automatizar a irrigação e aumentar o seu rendimento (Dharmaraj & Vijayanand, 2018), levando a economia de água.

Plantas daninhas constituem uma das principais ameaças as atividades agrícolas, pois reduz o lucro e a produtividade (Eli-Chukwu, 2019), onde a perda de produção ocasionada por plantas daninhas é de aproximadamente 9% (Pérez-Ortiz et al., 2016). Para redução da poluição ambiental pelo uso de herbicidas, atualmente são utilizados implementos agrícolas dotados de IA, com uso de sensoriamento e identificação por machine learning, que permite a identificação de daninhas em tempo real e a aplicação localizada de herbicidas, promovendo gestão adequada e precisa no controle de invasoras (Pantazi et al., 2020b).

Semelhante a isso, é necessário a detectar e gerir a propagação de pragas e doenças, pois as mesmas propiciam elevadas taxas de perda à produção agrícola (Charania & Li, 2020).

As pragas consistem em qualquer criatura viva que seja invasiva ou danifique as culturas, animais ou estruturas humanas, surgindo de forma geral em grandes quantidades, em detrimento dos produtos agrícolas (Alreshidi, 2019). A machine vision (MV) e a IA podem ser usadas para identificar e distinguir entre uma variedade de doenças com sintomas semelhantes e reduzir o tempo e o custo do diagnóstico (Abdulridha et al., 2018). Além disso, a análise dos dados agrícolas com o uso de drones e sensores podem fornecer informações sobre incidência de pragas e/ou doenças nas culturas e possibilitam a aplicação precisa de insrticidas/pesticidas em tempo real e de forma localizada (Lakshmi & Corbett, 2020).

Aplicações da IA na pecuária

A inteligência artificial apresenta efeito positivo ao ser implementada no manejo e produção animal, além de ser útil na execução dos processos em uma fazenda, onde o uso de sensores para verificar o peso de animais vivos oferece resultados precisos, e há também a possibilidade de verificar o estado de saúde dos animais (Patel et al., 2022).

Pacheco (2019) realizou um estudo avaliando a temperatura infravermelha para monitorar a temperatura da superfície dos animais, os resultados mostraram que a área da testa e dos olhos tende a ter uma correlação maior com a frequência respiratória e a temperatura retal, e com os dados obtidos a rede neural foi capaz de determinar as vacas que estavam estressadas pelo calor ao longo do experimento, reduzindo o risco de perdas e melhorando o bem-estar animal.

Borchers e Bewley (2015) afirmam que a maioria dos fabricantes que usam esse software baseado em IA geralmente não entende todos os dados fornecidos pelas RNAs e acabam prestando atenção apenas nos parâmetros com os quais estão familiarizados. Embora as informações fornecidas pelas redes levem a conclusões mais fortes sobre a avaliação dos animais, os produtores tendem a rejeitar a maioria dessas informações, primeiro por falta de familiaridade e, segundo, para evitar confusão na execução da tarefa ou problema. distinção. Os autores afirmam também que os produtores tendem a verificar os animais para confirmar os resultados obtidos pelos cálculos dos sistemas, reforçando a necessidade de modificação a aprimoramento da apresentação dos resultados obtidos pelas máquinas com IA, de forma a serem de fácil entendimento pelos produtores e técnicos.

Eckelamp e Bowley (2020) realizaram um estudo com diferentes produtores que fizeram a aquisição de máquinas de precisão para gado de leite, onde estas conseguem fazer a identificação de animais doentes, como com mastite, por meio de “machine learning”, por meio da sua mudança de comportamento.

Lal et al. (2022) indicaram o uso de novas tecnologias baseadas em inteligência artificial, onde estas tem tido rápido desenvolvimento e perspectivas de que no futuro será muito prático a utilização de bases de dados para atuar na pecuária leiteira com maior precisão. Os autores apresentam a utilização das tecnologias baseadas em lógica fuzzy, que é um método de inteligência artificial, visam a classificação de leites de acordo com seus atributos e detecção de adulterantes no leite.

Já para a pecuária de corte, o desenvolvimento e adesão de tecnologias com uso de inteligência artificial ainda é baixo. Alguns estudos estão avaliando o uso de visão computacional, este é considerado um grande avanço para auxiliar na medição das diferentes partes corporais do animal, com o intuito de proporcionar mensurações biométricas de forma rápida, e sem causar estresse excessivo nos animais devido ao manejo aplicado nas condições tradicionais (Gomes et al., 2016; Kashiha et al., 2014; Wang et al., 2008). Essas mensurações são gravadas automaticamente, gerando uma base de dados que permite o cálculo do peso dos animais, sem a necessidade de movimentação dos mesmos ao curral para realizar a pesagem em balança (Gomes et al., 2016; Kashiha et al., 2014; Wang et al., 2008).

Equipamentos com tecnologias baseadas em “Machine Learning” estão sendo desenvolvidos nos últimos anos, as quais proporcionam as mensurações desejadas com menor taxa de erro (Gianola et al., 2011). Atualmente, as medições

realizadas por meio de tecnologias com redes neurais artificiais (RNAs) são mais precisas, no entanto há a necessidade de realização de mais estudos, com o intuito de validar sua aplicabilidade em diferentes raças bovinas, desenvolvendo maior acurácia (Cominotte et al., 2020).

Brenneke (2007), utilizou RNAs com o intuito de prever o teor de proteína bruta e de suas frações, para isso utilizou uma base de dados das variáveis desejadas, como tamanho, cor das folhas, média de altura, latitude e longitude, perfilho novos e remanescentes, como resultado o autor pode estabelecer uma relação entre as variáveis que foram fornecidas à base de dados, possibilitando realizar o cálculo de proteína bruta acurado e de forma mais rápida, ao compararmos com os métodos laboratoriais tradicionais.

Foram realizadas poucas pesquisas destinadas a pequenos ruminantes. Ghotbaldini, et al. (2019) avaliaram o uso de RNAs em ovelhas jovens com a finalidade de prever o peso corporal, obtendo como resultados a ajuste de modelos com dados e acurácia satisfatórios para as características de produtividade, como conclusão os autores apontaram que os métodos de predição que fazem uso da IA proporcionam menor taxa de erro que os métodos tradicionais, embora os mesmos já apresentem resultados satisfatórios.

Os touros leiteiros geralmente são criados com muita interação humana, o que resulta em tranquilidade no manuseio por se tornarem dóceis, esta característica também resulta em bezerras mais calmas, que são mais facilidade de manusear no rebanho. Os animais acostumados ficam menos estressados quando são acostumados com manuseio e não têm medo e relutam em liberar sua testosterona provocativa. Quando as fazendas dependiam de touros para reprodução, a coleta de sêmen era realizada perto das vacas no local que ocorria a inseminação, levado ao aumento do grau de perigo de ocorrer acidentes de trabalho pelo manuseio dos coletores de sêmen cerca de duas vezes ao dia, risco que é eliminado ao utilizar os processos de reprodução Chimakurthi (2019).

O conhecimento do desempenho individual de cada vaca e nível de produção médio do rebanho (produção de leite, detecção de doenças, dieta) age de forma integrada com outras fontes de variação, como o clima, que são necessários para fornecer orientações completas para o desenvolvimento dos processos de gerenciamento e decisões baseadas nos dados, em que alguns pesquisadores relataram que a IA pode ser utilizada como ferramenta para ajustar a temperatura de uma vaca em um barracão ou aumentar a perda de calor da mesma em condições de estresse térmico (Kaab et al., 2019).

Os sistemas de IA podem ser usados com investimentos sólidos em pequenos e médios produtores de leite (Rouhiainen, 2018), há estudos com o uso de sistemas robóticos que possuem conexão entre os valores individuais dos animais e dos dados meteorológicos previstos para cada período, onde os modelos podem ser ajustados em determinado volume de produção e qualidade de leite, agindo direcionando as vacas para sistemas de resfriamento ou unidades de ordenha.

Williams, (2018) desenvolveu um sistema por meio da IA que é capaz de identificar e rastrear o comportamento de todos os animais dentro de um curral, cujo as informações são utilizadas para calcular e desenvolver os melhores indicadores de desempenho do gado e da fazenda. Essa tecnologia também pode beneficiar a reprodução, pois os softwares são capazes de aplicar os dados para uma melhor produção de leite, alimentos dietéticos, dentre outras, para dar as melhores sugestões para decisões no setor de cria Chimakurthi (2019).

Além disso, para fornecer dados detalhados sobre os produtos lácteos ao consumidor e garantir sua segurança e qualidade, muitos cientistas introduziram recentemente a plataforma Intelligent Edge-IoT (Internet das Coisas) para monitorar e controlar as condições de criação de bovinos e plantas, a IA também pode ser utilizada, para auxiliar o setor pecuário a fazer as mudanças necessárias como para atender nichos de mercado com a produção em sistemas eficientes, ecologicamente corretos, transparentes e seguros (Chimakurthi, 2018).

Em termos de aplicações de IA na pecuária leiteira, a maioria das pessoas pode ver as aplicações que estão sendo usadas e sugeridas diretamente, pois essas aplicações visam melhorar a saúde do rebanho e garantir a segurança alimentar, pois

há uma grande e crescente necessidade de rastreamento dos produtos lácteos e todos os produtos alimentícios, sonde nesse cenário a IA é de extrema importância para atender aos níveis de rastreabilidade que os consumidores desejam, além disso, nenhum desses sistemas de IA na pecuária leiteira é totalmente funcional sem a tomada de decisão humana em algum nível de execução (Murase, 2000).

Outra aplicação da IA na pecuária é quanto ao seu uso com sensores para monitorar medidas de mudanças nos estados afetivos, onde os mecanismos computacionais de autoaprendizagem fazem a caracterização das emoções, auxiliando os produtores e permitindo melhorar o bem-estar animal pela detecção precoce de estresse e medo, com isso há a melhorar da produtividade e redução da necessidade de assistência técnica nas propriedades (Neethirajan, 2021).

Monitoramento remoto e de comportamento animal

No contexto da pecuária de precisão, a digitalização de animais por meio de imagens pode melhorar a forma como as decisões regulatórias e de manejo são tomadas, fornecendo rapidamente aos produtores informações sobre cada animal (Sharma & Koundal, 2018; Norton et al., 2019). O monitoramento dos animais pode ser facilitado com o uso das ferramentas da Pecuária de Precisão, que é definida como a gestão dos animais, sobretudo dos bovinos, com o uso da Tecnologia da Informação e Comunicação com o objetivo de melhorar e garantir o controle e boas de produção na cadeia produtiva de carne (Cáceres et al., 2011). Seu uso possibilita o controle dos dados individuais de cada animal, auxiliando o processo de rastreabilidade e tomada de decisão, contrastando com o modelo tradicional, que considera o valor médio do rebanho/ lote como representativo (EMBRAPA, 2012).

Com esta tecnologia, é gerado um montante considerável de dados, sendo necessário o uso de identificação automatizada destes para uma interpretação mais assertiva dos resultados. Para isso o uso de técnicas da inteligência artificial, como o Reconhecimento de Padrões, que é um subtópico da Aprendizagem de Máquina, que pode ser definido como sendo o ato de tomar uma decisão a partir de um conjunto de dados, baseado em um padrão específico (Duda et al., 2000). Diversos trabalhos disponíveis na literatura avaliaram a utilização do Reconhecimento de Padrões para monitoramento e análise do comportamento animal (Scheibe & Gromann, 2006; Martiskainen et al., 2009; Nadimi et al., 2012).

Os estudos iniciais de avaliação do comportamento animal eram realizados através da observação humana e do registro dos dados observados em manuscritos, no entanto, os estudos mais recentes têm a possibilidade de utilização de câmeras de vídeo e de binóculos com visão noturna, facilitando a observação e obtendo resultados com maior exatidão (Anderson & Cibils, 2013).

Tais tecnologias de uso de câmeras para captar imagens estão sendo aplicadas em fazendas para o monitoramento de parâmetros animais e ambientais em tempo real das unidades (Berckmans et.al, 2017). Nessas aplicações, o uso de câmeras ativadas por movimento constitui um método considerado econômico e permite a coleta de dados sobre a presença, frequência, localização e comportamento dos animais (Yu et al., 2013). Além disso, podemos identificar espécies vegetais e animais e contá-las automaticamente (Nouruzzadeh et al., 2018). Outra possibilidade é o uso de câmeras termográficas, que constituem um amplo espectro de técnicas de imagem atualmente utilizadas, desde a prevenção e detecção de doenças até a detecção de habitat, Gonzalez et al. (2016) destacaram que a termografia profissional pode detectar automaticamente a gravidez precoce e doenças inflamatórias como a laminite.

Lomba et al., (2015) com o intuito de aprimorar e gerar dados com maior confiabilidade de observação dos animais, importação e manipulação dos dados batidos, desenvolveram um software que tem como finalidade automatizar o trabalho de anotação do profissional que está analisando o comportamento animal, este software é executado em dispositivo móvel Android, ao iniciar o software ocorre a sincronização do aparelho com os satélites GPS. No pescoço dos animais são colocados colares que registram os dados de posicionamento dos animais e o tempo do satélite GPS, gerando dados que são transmitidos

para o software, o analista então necessita apenas observar o animal e pressionar o botão que representa a atividade que está sendo observada (Lomba et al., 2015).

A ferramenta de aprendizagem de máquina denominado Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA), possui algoritmos que fazem classificação supervisionada e pode ser utilizado para classificação dos comportamentos animais desejados (Hall et al., 2009). A avaliação do deslocamento dos animais dentro da área de pasto, onde a trajetória dos animais é obtida através do uso dos algoritmos Stops and Moves of Trajectories (SMOT) (Alvares et al., 2007), Avoidance (Alvares et al., 2007) e Clustering-Based Stops and Moves of Trajectories (CB-SMOT) (Palma et al., 2008), estes indicam os locais de parada dos animais e os desvios de rota, desta forma o observador pode obter dados um animal e/ou local específico, de acordo com seu interesse.

Deteção, reconhecimento e contagem de animais com imagens de RPA

A aquisição de imagens de alta resolução e uma perspectiva aérea tornam esta técnica uma forma muito eficaz de entregar sistemas de visão computacional, ligando a sua utilização ao contexto de inovação tecnológica e profissional (Yaacoub et al., 2020; Abade et al., 2016; Chamoso et al., 2014), formando assim novas formas de pecuária para monitoramento global e autônomo de pastagens e fronteiras. Assim, o veículo aéreo remotamente pilotado (RPA), também conhecido como fotografia drone, é um novo capítulo para os animais de precisão, pois permite monitorar grandes áreas com custos de aquisição e manutenção cada vez mais acessíveis. outros métodos alternativos com a mesma função (Prudkin & Breunig, 2019).

Esses vídeos e/ou imagens aéreas de alta resolução são cada vez mais utilizados em diversas tarefas como: monitoramento de áreas plantadas, identificação e contagem de plantas e animais e até detecção de plantas invasoras (Bah et al., 2017). Considerando as tarefas desafiadoras enfrentadas pela pecuária em países de escala continental, como coletar informações personalizadas sobre grandes rebanhos e monitorar o próprio, acredita-se que a aplicação dessa tecnologia deva ser mais difundida. rebanhos estão em ambiente diferenciado, pois claramente facilita melhorias no manejo contínuo dos sistemas de produção (Tullo, 2017; Guarino, 2017).

Como os RPAS não dependem de pilotos de voo, eles inicialmente buscaram atender aos requisitos militares de armas e inteligência (Yaacoub et al., 2020; Abade et al., 2016). Os dispositivos RPAS modernos são controlados remotamente ou operam de forma autônoma com software sincronizado com GPS e outros sensores, pelos quais suas rotas e funções são predefinidas (Gallucci et al., 2022; Baena et al., 2018).

Uma possibilidade de associação entre RPA e Perceptual CV é a detecção e contagem de animais em sistemas pecuários generalizados (Barbedo et al., 2019), onde a dimensão territorial e a dinâmica animal das pastagens dificultam o monitoramento presencial, tornando-o um caro. No entanto, em sistemas intensivos, o uso de técnicas computacionais como VC e aprendizado de máquina pode reduzir a frequência com que o gado é levado ao curral para avaliação.

Atualmente, a detecção e identificação de animais em imagens digitais é uma parte importante do processo de desenvolvimento da automação pecuária. Sabemos que os sistemas de visão computacional são baseados em aprendizado de máquina e usam redes neurais para melhorar o aprendizado por reforço (Kunze et al., 2018). Vários trabalhos combinam gado e algoritmos de visão computacional para detectar e contar animais. Chamoso et al. (2014) mostraram um método usando Redes Neurais Convolucionais (CNN) para resolver diferentes tipos de problemas de reconhecimento de dados em ovinos em pastagem.

Massruhá et al. (2020) mencionam que existem muitos problemas perceptivos, como a detecção e classificação de padrões em imagens que estão associados a categorias de interesse na pesquisa agrícola, como animais (Barbedo et al., 2019), frutas (Santos et al., 2020) e pragas (Ferentinos, 2018; Barbedo, 2019). Deve-se notar que o aprendizado de máquina também

pode detectar simultaneamente vários objetos na mesma imagem sem a necessidade de extratores ou filtros, pois é baseado no treinamento de uma hierarquia de pixels brutos (Pathak, 2018). Existem até alguns algoritmos modelados não para classificação aprimorada, mas para detecção de objetos mais eficiente (Wang, 2017), como o PointRend.

4. Considerações Finais

Com o levantamento das informações neste trabalho podemos observar que a implementação da inteligência artificial no agronegócio está alavancando nos últimos anos, com um mercado que se mostra promissor. No entanto, a maior procura ainda se dá pela agricultura, com tecnologias já consolidadas e maior aporte tecnológico envolvido quando comparado com a pecuária. Essa procura ocorre principalmente pelo aumento da eficiência de coleta de informações e possibilidade de maior controle das atividades ao fazer a utilização das mesmas.

Ao observarmos a utilização da inteligência artificial na pecuária podemos inferir que a implementação desta proporciona a possibilidade de identificação e contagem de animais de forma remota, comportamento animal e formação de um banco de dados, de forma mais precisa, de um animal individual ou de uma propriedade, permitindo ao produtor e técnico responsável traçar estratégias que maximizem a produção e reduza os custos, além de desenvolver um negócio sustentável.

Para trabalhos futuros com a aplicação da inteligência artificial no segmento de agronegócio pressupõem-se a popularização e redução e custos de implantação, bem como a manutenção para essa nova tecnologia seja amplamente aplicada no campo trazendo benefícios reais.

Referências

- ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. (2022). *Beef Report – Perfil da Pecuária no Brasil*. <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>.
- Abade, A., de Campos, M. D., Porto, L. F., de Farias Coelho, Y., de Moura Sousa, Y., & Nespolo, J. P. (2016). A construção otimizada de um drone para aplicações na agricultura e pecuária de precisão. *Anais da Escola Regional de Informática da Sociedade Brasileira de Computação (SBC)–Regional de Mato Grosso*, 7.
- Abdulridha, J., Ampatzidis, Y., Ehsani, R. e De Castro, A. I. (2018) Evaluating the performance of spectral features e multivariate analysis tools to detect laurel wilt disease and nutritional deficiency in avocado. *Computers and Electronics in Agriculture*. 155. 203-211.
- Alreshidi, E. (2019) Smart Sustainable Agriculture (SSA) Solution Underpinned by Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI). *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. 10(5).93-102.
- Alvares, L. O., Bogorny, V., Kuijpers, B., de Macedo, J. A. F., Moelans, B., & Vaisman, A. (2007, November). A model for enriching trajectories with semantic geographical information. In *Proceedings of the 15th annual ACM international symposium on Advances in geographic information systems*.1-8.
- Anderson, D. M. (2010). Geospatial methods and data analysis for assessing distribution of grazing livestock. In *Proceedings of the 4th Grazing Livestock Nutrition Conference*. 9-10. Western Section American Society of Animal Science Champaign, IL, USA.
- Barbedo, J. G. A., Koenigkan, L. V., Santos, T. T., & Santos, P. M. (2019). A study on the detection of cattle in UAV images using deep learning. *Sensors*, 19(24), 5436.
- Baena, S., Boyd, D. S., & Moat, J. (2018). UAVs in pursuit of plant conservation-Real world experiences. *Ecological informatics*, 47, 2-9.
- Bah, M. D., Afiance, A., & Canals, R. (2017, November). Weeds detection in UAV imagery using SLIC and the hough transform. In *2017 Seventh International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)*. 1-6.
- Bannerjee, G., Sarkar, U., Das, S. & Ghosh, I. (2018) Artificial Intelligence in Agriculture: A Literature Survey. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies (IJSRCSAMS)*. 7(3).1-6.
- Berckmans, D. (2014). Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Rev. Sci. Tech.*,33(1), 189-196.
- Borchers, M. R., & Bewley, J. M. (2015). An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *Journal of dairy science*, 98(6), 4198-4205.
- Brennecke, K. (2007). Fracionamento de carboidratos e proteínas e a predição da proteína bruta e suas frações e das fibras em detergentes neutro e ácido de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu por uma rede neural artificial (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Berry, D. P. & Crowley, J. J. (2013). Cell Biology Symposium: Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. *Journal of Animal Science*. 91: 1594–1613.

- Bruinsma, J. (2009). The Resource Outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?. In Proceedings of the FAO Expert Meeting. How to Feed the World in 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Economic and Social Development Department. Rome, Italy: FAO. 2-29.
- Cáceres, E. N.; Pistore, H.; Turine, M. A. S.; Pires, P. P.; Soares, C. O.; & Carromeu, C. (2011). Computational precision livestock - position paper. In: II Workshop of the Brazilian Institute for Web Science Research. Rio de Janeiro.
- Charania, I. e Li, X. (2020) Smart farming: Agriculture's shift from a labor intensive to technology native industry. *Internet of Things*. 9. 1-15.
- Chamoso, P., Raveane, W., Parra, V., & González, A. (2014). UAVs applied to the counting and monitoring of animals. In *Ambient intelligence-software and applications*. 71-80.
- Chimakurthi, V. N. S. S. (2017). Risks of Multi-Cloud Environment: Micro Services Based Architecture and Potential Challenges. *ABC Research Alert*, 5(3).
- Chimakurthi, V. N. S. S. (2018). Emerging of Virtual Reality (VR) Technology in Education and Training. *Asian Journal of Humanity, Art and Literature*, 5(2), 157-166.
- Chimakurthi, V. N. S. S. (2019). Implementation of Artificial Intelligence Policy in the Field of Livestock and Dairy Farm. *American Journal of Trade and Policy*, 6(3), 113-118.
- Cominotte, A., Fernandes, A. F. A., Dorea, J. R. R., Rosa, G. J. M., Ladeira, M. M., van Cleef, E. H. C. B., & Neto, O. M. (2020). Automated computer vision system to predict body weight and average daily gain in beef cattle during growing and finishing phases. *Livestock Science*, 232, 103904.
- Cunha, P. L. P., Cunha, C. S., & Alves, P. F. (2014) Revisão bibliográfica sistemática integrativa: a pesquisa baseada em evidências. *Revista Anima Educação*. 6(3):1-63.
- De Clercq, M., Vats, A. & Biel, A. (2018) Agriculture 4.0: The future of farming technology. The World Government Summit and Oliver Wyman, pp. 1-30.
- Dharmaraj, V. e Vijayanand, C. (2018) Artificial Intelligence (AI) in Agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*.7(12). 2122-2128.
- Duda, R. O., Hart, P. E., & Stork, D. G. (2000). *Pattern Classification 2*. ed. 605 Third Avenue.
- Eckelkamp, E. A., & Bewley, J. M. (2020). On-farm use of disease alerts generated by precision dairy technology. *Journal of dairy science*, 103(2), 1566-1582.
- Elahi, E., Weijun, C., Zhang, H. & Nazeer, M. (2019) Agricultural intensification and damages to human health in relation to agrochemicals: Application of artificial intelligence. *Land Use Policy*. 83. 461-474.
- Eli-Chukwu, N. C. (2019) Applications of Artificial Intelligence in Agriculture: A Review. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 9(4). 4377-4383.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2012). EMBRAPA GADO DE LEITE - Panorama do Leite. Ano 6. n. 65. Juiz de Fora, MG.
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ferentinos, K. P. (2018). Deep learning models for plant disease detection and diagnosis. *Computers and electronics in agriculture*, 145, 311-318.
- Gallucci, S., Fiocchi, S., Bonato, M., Chiamello, E., Tognola, G., & Parazzini, M. (2022). Exposure Assessment to Radiofrequency Electromagnetic Fields in Occupational Military Scenarios: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 920.
- Ghotbaldini, H., Mohammadabadi, M., Nezamabadi-pour, H., Babenko, O. I., Bushtuk, M. V., & Tkachenko, S. V. (2019). Predicting breeding value of body weight at 6-month age using Artificial Neural Networks in Kermani sheep breed. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41.
- Gianola, D., Okut, H., Weigel, K. A., & Rosa, G. J. (2011). Predicting complex quantitative traits with Bayesian neural networks: a case study with Jersey cows and wheat. *BMC genetics*, 12(1), 1-14.
- Goedde, L., Katz, J., Menard, A., & Revellat, J. (2020) Agriculture's connected future: How technology can yield new growth. McKinsey & Company. October, 1-10.
- Gomes, R. A., Monteiro, G. R., Assis, G. J. F., Busato, K. C., Ladeira, M. M., & Chizzotti, M. L. (2016). Estimating body weight and body composition of beef cattle through digital image analysis. *Journal of Animal Science*, 94(12), 5414-5422.
- Gonzalez, L. F., Montes, G. A., Puig, E., Johnson, S., Mengersen, K., & Gaston, K. J. (2016). Unmanned aerial vehicles (UAVs) and artificial intelligence revolutionizing wildlife monitoring and conservation. *Sensors*, 16(1), 97.
- Guarino, M., Norton, T., Berckmans, D., Vranken, E., & Berckmans, D. (2017). A blueprint for developing and applying precision livestock farming tools: A key output of the EU-PLF project. *Animal Frontiers*, 7(1), 12-17.
- Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H. (2009). The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, 11(1), 10-18.
- Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K. (2019). Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Science of the Total Environment*, 664, 1005-1019.

- Kashiha, M., Bahr, C., Ott, S., Moons, C. P., Niewold, T. A., Ödberg, F. O., & Berckmans, D. (2014). Automatic weight estimation of individual pigs using image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 107, 38-44.
- Khakurel, J., Penzenstadler, B., Porras, J., Knutas, A., & Zhang, W. (2018). The rise of artificial intelligence under the lens of sustainability. *Technologies*, 6(4), 100.
- Kouadio, L., Deo, R. C., Byrareddy, V., Adamowski, J. F., Mushtaq, S. & Nguyen, V. P. (2018) Artificial intelligence approach for the prediction of Robusta coffee yield using soil fertility properties. *Computers and Electronics in Agriculture*. 155. 324-338.
- Kunze, L., Hawes, N., Duckett, T., Hanheide, M., & Krajník, T. (2018). Artificial intelligence for long-term robot autonomy: A survey. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(4), 4023-4030.
- Lakshmi, V. & Corbett, J. (2020) How Artificial Intelligence Improves Agricultural Productivity and Sustainability: A Global Thematic Analysis. In Proceedings of the 53rd Hawaii *International Conference on System Sciences* (HICSS'20). Maui, Hawaii: ScholarSpace. 5202-5211
- Lal, P. P., Prakash, A. A., Chand, A. A., Prasad, K. A., Mehta, U., Assaf, M. H. & Mamun, K. A. (2022). IoT integrated fuzzy classification analysis for detecting adulterants in cow milk. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 36, 100486.
- Laloë, D. (2019). Artificial Intelligence and Livestock New data, new approaches.
- Li, D., & Du, Y. (2017). Artificial intelligence with uncertainty. CRC press. Beijing, China: CRC Press, Taylor e Francis Group, 9(4), 4377-4383.
- Lin, F., Zhang, D., Huang, Y., Wang, X. & Chen, X. (2017) Detection of Corn and Weed Species by the Combination of Spectral, *Shape and Textural Features*. *Sustainability*. 9 (8). 1-14.
- Lomba, L. F. D., Jesus, L., Rubinsztein, H. K. S., Gonda, L., & Pires, P. P. (2015). O uso de inteligência artificial na identificação do comportamento bovino. In X Congresso Brasileiro de Agroinformática, Anais Ponta Grossa: UFMS.
- Marr, B. (2019) What is AI?. www.bernardmarr.com/default.asp?contentID=963.
- Martiskainen, P., Järvinen, M., Skön, J. P., Tiirikainen, J., Kolehmainen, M., & Mononen, J. (2009). Cow behaviour pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Applied animal behaviour science*, 119(1-2), 32-38.
- Massruhá, S. M. F. S., Leite, M. D. A., Oliveira, S. D. M., Meira, C. A. A., Luchiar Junior, A., & Bolfe, E. (2020). Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Embrapa Agricultura Digital-Livro científico (ALICE).
- Mewes, J. (2018) Artificial Intelligence And Its Uses In Ag Irrigation. *AgriTech Tomorrow*. (October) Disponível em:<https://www.agritechtomorrow.com/article/2018/10/artificial-intelligence-and-its-uses-in-ag-irrigation/11094>.
- Murase, H. (2000). Artificial intelligence in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 29, 1-2.
- Nadimi, E. S., Sogaard, H. T., & Bak, T. (2008). ZigBee-based wireless sensor networks for classifying the behaviour of a herd of animals using classification trees. *Biosystems engineering*, 100(2), 167-176.
- Neethirajan, S. (2021). The use of artificial intelligence in assessing affective states in livestock. *Frontiers in Veterinary Science*, 879.
- Norton, T., Chen, C., Larsen, M. L. V., & Berckmans, D. (2019). Precision livestock farming: Building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer. *Animal*, 13(12), 3009-3017.
- Nourizadeh, M., Kalantari, E., & Habiba, S. (2018). Modeling of Tehran residents attitude to GMFs using structural equations.
- Olejnik, K., Popiela, E., & Opaliński, S. (2022). Emerging Precision Management Methods in Poultry Sector. *Agriculture*, 12(5), 718.
- Pacheco, V. M. (2019). Desenvolvimento de classificador de conforto térmico para bovinos de leite utilizando modelagem computacional e termografia de infravermelho (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Palma, A. T., Bogorny, V., Kuijpers, B., & Alvares, L. O. (2008). A clustering-based approach for discovering interesting places in trajectories. In Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing 863-868.
- Panpatte, D. G. (2018) Artificial Intelligence in Agriculture: An Emerging Era of Research. In proceedings of the 31st Canadian Conference on Artificial Intelligence. [Online]. Anand, India: ResearchGate, 1-8. https://www.researchgate.net/publication/328555978_Artificial_Intelligence_in_Agriculture_An_Emerging_Era_of_Research.
- Pantazi, X. E., Moshou, D. & Bochtis, D. (2020a) Sensors in agriculture. *Intelligent Data Mining and Fusion Systems in Agriculture*. 1st ed. San Diego, United States: Elsevier Science Publishing Co Inc. p. 1-15.
- Pantazi, X. E., Moshou, D. & Bochtis, D. (2020b) Artificial intelligence in agriculture. *Intelligent Data Mining and Fusion Systems in Agriculture*. 1st ed. San Diego, United States: Elsevier Science Publishing Co Inc. p. 17-101.
- Pathak, J., Hunt, B., Girvan, M., Lu, Z., & Ott, E. (2018). Model-free prediction of large spatiotemporally chaotic systems from data: A reservoir computing approach. *Physical review letters*, 120(2), 024102.
- Patel, H., Samad, A., Hamza, M., Muazzam, A., & Harahap, M. K. (2022). Role of Artificial Intelligence in Livestock and Poultry Farming. *Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika*, 7(4), 2425-2429.
- Prudkin, G., & Breunig, F. (2019). Drones e ciência: teoria e aplicações metodológicas. Santa Maria, RS: FACOS-UFMS.

- Rayome, A. D. (2019) How AI could save the environment, Tech Republic. <https://www.techrepublic.com/article/how-ai-could-save-the-environment/>
- Revanth. (2019). Towards Future Farming: How Artificial Intelligence is transforming the Agriculture Industry. <https://www.wipro.com/holmes/towards-future-farming-how-artificial-intelligence-is-transforming-the-agriculture-industry/>
- Russell, S. & Norvig, P. (2010) Artificial Intelligence: A Modern Approach. 3rd ed. New Jersey: Pearson Education
- Rouhiainen, L. (2018). Artificial Intelligence: 101 things you must know today about our future: Lasse Rouhiainen.
- Santos, T. T., de Souza, L. L., dos Santos, A. A., & Avila, S. (2020). Grape detection, segmentation, and tracking using deep neural networks and three-dimensional association. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105247.
- Sarker, M. N. I., Wu, M., Chanthamith, B., Yusufzada, S., Li, D. & Zhang, J. (2019) Big Data Driven Smart Agriculture: Pathway for Sustainable Development. In Proceedings of the 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Big Data Big (ICAIBD). Chengdu, China: IEEE. 60-65.
- Scheibe, K. M., & Gromann, C. (2006). Application testing of a new three-dimensional acceleration measuring system with wireless data transfer (WAS) for behavior analysis. *Behavior research methods*, 38(3), 427-433.
- Schönfeld, M. V., Heil, R. & Bittner, L. (2018) Big Data on a Farm – Smart Farming. In Hoeren, T. and Kolany-Raiser, B. (Eds.). Big Data in Context. Germany: SpringerBriefs in Law. 109-120.
- Sharma, B., & Koundal, D. (2018). Cattle health monitoring system using wireless sensor network: a survey from innovation perspective. *IET Wireless Sensor Systems*, 8(4), 143-151.
- Tullo, E., Fontana, I., Diana, A., Norton, T., Berckmans, D., & Guarino, M. (2017). Application note: Labelling, a methodology to develop reliable algorithm in PLF. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142, 424-428.
- Wang, Y., Yang, W., Winter, P., & Walker, L. (2008). Walk-through weighing of pigs using machine vision and an artificial neural network. *Biosystems Engineering*, 100(1), 117-125.
- Wang, Z. J., Turko, R., Shaikh, O., Park, H., Das, N., Hohman, F., ... & Chau, D. H. P. (2020). CNN explainer: learning convolutional neural networks with interactive visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(2), 1396-1406.
- Yaacoub, J. P., Noura, H., Salman, O., & Chehab, A. (2020). Security analysis of drones systems: Attacks, limitations, and recommendations. *Internet of Things*, 11, 100218.
- Yu, X., Wang, J., Kays, R., Jansen, P. A., Wang, T., & Huang, T. (2013). Automated identification of animal species in camera trap images. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2013(1), 1-10.