

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas  
UNESP - Campus de Dracena

Maysa Feitosa Gomes

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE VISÃO COMPUTACIONAL NA  
NUTRIÇÃO ANIMAL E NA BOVINOCULTURA**

Dracena

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas

UNESP - Câmpus de Dracena

**Maysa Feitosa Gomes**

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE VISÃO COMPUTACIONAL NA  
NUTRIÇÃO ANIMAL E NA BOVINOCULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Ciências  
Agrárias e Tecnológicas – Unesp,  
Câmpus de Dracena como parte das  
exigências para graduação em  
Zootecnia.

Orientador: Dr. Rafael Simões Tomaz

Dracena

2025

## Certificado de aprovação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JULIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE VISÃO COMPUTACIONAL NA NUTRIÇÃO ANIMAL E NA BOVINOCULTURA "

Modalidade: Trabalho de Revisão bibliográfica com análise crítica.

Autor: Maysa Feitosa Gomes

Orientador (a): Dr. Rafael Simões Tomaz

Co-orientador(es):

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 12 /06/2025

Dr. Rafael Simões Tomaz

Dr. Murilo C. S. Pereira

Dra. Sirlei Aparecida Maestá

## **DEDICATÓRIA**

Dedico primeiramente este trabalho à minha falecida mãe, Valdelene Ribeiro Feitosa, que foi a minha maior motivação na permanência do curso de graduação em Zootecnia. Juntamente com a minha família que serviram como apoio emocional e estiveram sempre ao meu lado durante o processo de aprendizagem.

Aos docentes que em conjunto contribuíram com meu aprendizado e todo conhecimento que irei carregar no âmbito da vida profissional.

E agradeço a todas pessoas que fizeram parte da minha trajetória acadêmica e que puderam contribuir de outras formas para minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço ao meu orientador, professor doutor Rafael Simões Tomaz na contribuição do desenvolvimento deste trabalho, realizando orientações com todo comprometimento e disciplina. A minha banca avaliadora com a presença dos integrantes e participação.

E agradeço imensamente à unidade FCAT- UNESP- CAMPUS DE DRACENA por todo conhecimento que me foi repassado colaborando para meu desempenho acadêmico.

## RESUMO

A inteligência computacional, um ramo da ciência da computação que simula a capacidade humana de aprendizagem e tomada de decisão, tem se mostrado uma aliada estratégica na modernização da nutrição animal. Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a aplicação de métodos computacionais avançados, como redes neurais artificiais, aprendizado de máquina e visão computacional, no contexto da nutrição animal, especialmente nas cadeias de bovinocultura de corte e leiteira. A pesquisa destaca como essas tecnologias têm sido utilizadas para prever ganho de peso, estimar a área de olho de lombo por meio de imagens 3D, monitorar comportamento e saúde animal, além de detectar distúrbios nutricionais e minimizar a emissão de gases de efeito estufa. Observa-se que, ao integrar algoritmos inteligentes com sensores e sistemas automatizados, é possível individualizar dietas, prever necessidades nutricionais e identificar precocemente desequilíbrios alimentares. Apesar dos avanços, a adoção dessas ferramentas ainda enfrenta desafios relacionados ao custo, necessidade de capacitação técnica e infraestrutura. Conclui-se que a inteligência computacional representa uma ferramenta promissora para tornar a nutrição animal mais precisa, eficiente e sustentável, contribuindo para o bem-estar animal e a competitividade da pecuária moderna.

**Palavras-chaves:** Inteligência Computacional; Monitoramento Animal; Redes Neurais Artificiais; Distúrbios Metabólicos.

## ABSTRACT

Computational intelligence, a branch of computer science that simulates human learning and decision-making capabilities, has emerged as a strategic ally in the modernization of animal nutrition. This study aims to conduct a literature review on the application of advanced computational methods such as artificial neural networks, machine learning, and computer vision in the context of livestock animal nutrition, particularly in beef and dairy cattle systems. The research highlights how these technologies have been used to predict weight gain, estimate ribeye area through 3D imaging, monitor animal behavior and health, detect nutritional disorders, and reduce greenhouse gas emissions. By integrating intelligent algorithms with sensors and automated systems, it becomes possible to individualize diets, forecast nutritional needs, and identify imbalances at early stages. Despite technological progress, the adoption of these tools still faces challenges related to cost, technical training, and infrastructure requirements. It is concluded that computational intelligence is a promising tool to make animal nutrition more precise, efficient, and sustainable, contributing to animal welfare and the competitiveness of modern livestock farming.

**Keywords:** Computational Intelligence; Animal Monitoring; Artificial Neural Networks; Metabolic Disorders.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO .....	2
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 Inteligência Computacional e Redes Neurais Artificiais (ANN) .....	4
3.2 Aplicações da Inteligência Computacional na Bovinocultura de Corte .....	6
3.2.1 Emissões de gases de efeito estufa.....	9
3.2.2 Previsão da área de olho de lombo por meio de imagens 3D.....	11
3.3 Aplicações da Inteligência Computacional na Bovinocultura de Leite.....	13
3.3.1 Aquisição de Imagens para Monitoramento do Comportamento Animal.....	15
3.3.2 Detecção de Distúrbios Nutricionais.....	19
3.4 Tendências futuras da utilização de IAs na pecuária.....	21
4 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS.....	25

## 1. INTRODUÇÃO

A inteligência computacional é uma sub área da ciência da computação que se dedica a fazer com que, o computador ou um algoritmo seja, capaz de “aprender” funções específicas e resolver problemas complexos sem interferência humana. A nutrição animal, por sua vez, é uma ciência que estuda a maneira de fornecer alimentos aos animais cumprindo suas exigências nutricionais. É um dos pilares da Zootecnia que contribui para o desenvolvimento e produção dos animais.

O campo da nutrição animal passou por uma mudança de paradigma com o advento dos métodos de inteligência computacional, oferecendo abordagens inovadoras para otimizar estratégias de alimentação, melhorar a saúde animal e melhorar a eficiência da produção (Ramakrishnan *et al.*, 2023).

Ultimamente o uso da inteligência computacional juntamente com a inteligência artificial tem aumentado significativamente dentro da área da zootecnia, especificamente, na nutrição animal. Existem alguns métodos da inteligência computacional que auxiliam o profissional a realizar uma análise de dados mais ampla, supervisionando o comportamento animal, auxiliando na aquisição de parâmetros e/ou medições de crescimento e de produção, na detecção de deficiências nutricionais ou doenças metabólicas, e no rastreamento dos animais.

A inteligência computacional tem se mostrado como uma tecnologia muito útil e com boa aceitação por pecuaristas quando nos referimos aos meios de produção. Sua contribuição é levada em consideração ainda na avaliação ao bem-estar animal, pois através de alguns métodos tem sido possível obtenção de dados visando minimizar o estresse físico aos animais durante o trato.

A nutrição animal, um campo intrinsecamente ligado à produtividade e ao bem-estar dos animais, tem se beneficiado significativamente da aplicação de métodos de inteligência computacional (Vlaicu *et al.*, 2024).

Esse trabalho possui como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica na qual são apresentados conceitos atuais relativos ao tema da aplicação da inteligência artificial na nutrição animal. São apresentados exemplos da aplicabilidade de tais tecnologias com base em artigos científicos em diferentes áreas da nutrição. Tendo em vista que a transição da pesquisa experimental agrícola para medições quantificáveis, facilitada por modelos computacionais ao longo do último século,

demonstra o impacto duradouro da tecnologia na otimização da nutrição animal (Tedeschi *et al.*, 2019).

## **2. OBJETIVO**

Esse trabalho constitui uma revisão de literatura, possuindo como objetivo o levantamento de dados relevantes associados ao tema: Aplicação de métodos de inteligência computacional na nutrição animal. Entender os mecanismos subjacentes desta tecnologia e seus meios de utilização permitirá sua aplicação na área de nutrição animal de forma mais consciente e eficiente.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Inteligência Computacional e Redes Neurais artificiais (ANN – Artificial Neural Network)

As Redes Neurais Artificiais são sistemas computacionais inspirados no cérebro biológico, consistindo-se em unidades interconectadas chamadas neurônios (Angarita-Zapata *et al.*, 2021). Esses neurônios são conectados de maneira a transmitir sinais, representados por números reais, e a saída de cada neurônio é calculada por uma função não linear da soma de suas entradas (Angarita-Zapata *et al.*, 2021). Cada conexão tem um peso que é ajustado durante o processo de aprendizagem da Artificial Neural Network (ANN) (Angarita-Zapata *et al.*, 2021). As redes neurais artificiais são, portanto, um algoritmo computacional de uma rede de neurônios artificiais (Costa *et al.*, 2009).

De acordo com Haykin (1999), as redes neurais artificiais se assemelham ao cérebro humano em dois aspectos: o conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente por meio de um processo de aprendizagem; e há forças de conexão entre os neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, que são usadas para armazenar o conhecimento adquirido.

Elas podem modelar processos não lineares e têm sido aplicadas em problemas de aprendizado supervisionado, não supervisionado, ou por reforço, incluindo previsão de séries temporais, reconhecimento de padrões e classificação de sinais (Angarita-Zapata *et al.*, 2021). As redes neurais profundas ou redes *Deep Learning* constitui um subconjunto de ANNs que surgiu para lidar com problemas mais complexos, como processamento de imagem ou e reconhecimento de fala, problemas que normalmente são caracterizados pela sua alta complexidade e pelos enormes volumes de dados que são requeridos (Angarita-Zapata *et al.*, 2021).

As redes *Deep Learning* incluem redes neurais recorrentes, redes neurais convolucionais e redes neurais de memória de longo prazo e de curto prazo (Angarita-Zapata *et al.*, 2021). A principal característica dessas redes é sua capacidade de aprender automaticamente a partir de dados brutos e realizar generalizações de forma mais eficiente em comparação com outros métodos de Aprendizagem Estatística, tornando-o valioso para áreas de pesquisa com dados

complexos (Angarita-Zapata *et al.*, 2021). As arquiteturas *Deep Learning* também possibilitam com que dados de várias fontes possam ser utilizados para extrair conhecimento e facilitar o uso de dados multidimensionais (Angarita-Zapata *et al.*, 2021). No decorrer do artigo de Costa (2009), no qual os autores discorrem sobre a aplicação da inteligência artificial na zootecnia, são apresentados métodos, ferramentas e sistemas para resolver problemas que tipicamente requerem inteligência humana. Abordagens como IA Simbólica, Redes Neurais Artificiais e Sistemas Fuzzy têm sido parcialmente bem-sucedidas na implementação de heurísticas da inteligência biológica (Costa et al. 2009). O estudo teve como objetivo explicar os princípios das abordagens heurísticas de resolução de problemas e demonstrar como elas podem ser aplicadas à construção de sistemas baseados em conhecimento para a ciência animal.

O artigo de Bauer (2022) discutiu a respeito do crescente interesse de pesquisa em redes neurais artificiais em vários campos científicos. Encontrando um campo fértil de aplicação na nutrição animal, o estudo enfatizou que a modelagem baseada em redes neurais pode mapear relacionamentos complexos como a interação dos fatores relacionados à nutrição animal como exigências nutricionais, condições sanitárias e ambientais, modelos tradicionais possuem dificuldades para capturar todas essas informações simultaneamente, as ANNs permitem prever dados produtivos dos animais, além de processar informações de maneira paralela oferecendo alta precisão na previsão de ocorrências (Bauer et al., 2022). Ao processar informações, integram dados de diferentes fontes.

O sucesso desses modelos depende da qualidade do conjunto de dados utilizados. No geral, a abordagem da ANN pode ser uma ferramenta poderosa para apoio à decisão e monitoramento em sistemas de informação computadorizados visando melhorar a saúde animal (Bauer et al., 2022).

As redes neurais artificiais, em particular, têm se destacado como ferramentas valiosas para o desenvolvimento de novos métodos na ciência animal. Esses sistemas inteligentes, que emulam a capacidade de aprendizado do cérebro humano, oferecem soluções para a análise complexa de dados e a otimização de processos na indústria alimentícia (Mavani et al., 2021). Eles são capazes de processar informações e gerar resultados adequados para diversas aplicações de interesse do usuário (Costa et al., 2009). Ademais, a capacidade de adaptação e aprendizado contínuo das redes

neurais permite que os zootecnistas aprimorem a produção de alimentos de origem animal, atuando de forma interdisciplinar utilizando com aliados áreas como instrumentação eletrônica e computação (Costa et al., 2009).

Dentro do contexto da nutrição animal, a aplicação de técnicas de inteligência computacional oferece o potencial de otimizar diversos aspectos da produção, em várias etapas de crescimento. A capacidade de processar grandes volumes de dados, identificar padrões complexos e realizar previsões precisas torna essas ferramentas indispensáveis para enfrentar o desafio da produção animal moderna. A nutrição, um campo intrinsecamente ligado à zootecnia, apresenta desafios complexos que podem ser abordados de forma eficaz através da aplicação de métodos de inteligência computacional. intrinsecamente ligado à zootecnia, apresenta desafios complexos que podem ser abordados de forma eficaz através da aplicação de métodos de inteligência computacional.

### **3.2. Aplicações da Inteligência Computacional na bovinocultura de corte**

A inteligência artificial está se consolidando como uma ferramenta indispensável na pesquisa nutricional, impulsionada pela sua capacidade de desvendar as intrincadas relações entre a alimentação e a saúde, tanto em animais individualmente quanto em rebanhos.

A inteligência computacional, notadamente através da implementação de Artificial Neural Network (ANN), proporciona um leque abrangente de soluções para os desafios multifacetados inerentes à nutrição animal, com ênfase na minimização de custos e na otimização da qualidade da dieta. Na bovinocultura, têm sido empregadas em diversos estudos, abrangendo desde a modelagem do rúmen até a estimativa do ganho de peso, evidenciando a versatilidade desta ferramenta (Bauer, 2022; Costa, 2009).

No artigo de Cominotte (2020) foi investigado o uso de um sistema automatizado de visão computacional para estimar o peso corporal e o ganho médio diário de bovinos de corte nas fases de crescimento e terminação. O objetivo principal foi avaliar a eficácia desse sistema e comparar diferentes abordagens preditivas, incluindo Regressão Linear Múltipla (MLR), LASSO, *Partial Least Squares* (PLS) e Redes Neurais Artificiais (ANN).

O estudo utilizou imagens 3D de 234 bovinos da raça Nelore, capturadas durante as fases de desmame, recria e início do confinamento. As Redes Neurais Artificiais (ANN) demonstraram o melhor desempenho, com erros quadráticos médios de previsão (RMSEP) de 8,6 kg ( $r^2 = 0,91$ ) no desmame, 11,4 kg ( $r^2 = 0,79$ ) na recria e 7,7 kg ( $r^2 = 0,92$ ) no início do confinamento. Para o ADG, os erros quadráticos médios de previsão RMSEP variaram de 0,02 a 0,10 kg/dia, com coeficientes de determinação ( $r^2$ ) entre 0,51 e 0,85, dependendo da fase avaliada.

Os resultados indicam que o sistema automatizado de visão computacional, aliado às ANN, é uma ferramenta promissora para monitorar em tempo real o crescimento de bovinos de corte, oferecendo uma alternativa menos estressante e mais eficiente em comparação aos métodos tradicionais de pesagem.

A aplicação da máquina inteligente na pecuária tem sido amplamente utilizada no monitoramento da saúde dos animais. Sensores inteligentes acoplados como o uso de câmeras e outros dispositivos permitem a coleta contínua de dados, que são analisados por algoritmos para detectar sinais precoces de doenças, variações comportamentais e até padrões de estresse nos animais. Isso possibilita uma intervenção mais rápida e eficaz, reduzindo perdas econômicas e melhorando o bem-estar dos rebanhos. Além disso, a alimentação automatizada é um dos avanços mais significativos proporcionados pela robótica na pecuária. Sistemas inteligentes ajustam a dieta de cada animal com base em suas necessidades individuais, garantindo um crescimento saudável e evitando desperdícios. Esses sistemas de alimentação oferecem maior precisão no manejo, ajudando a otimizar o uso de recursos e promovendo o bem-estar dos animais, o que reflete em melhorias na produtividade (Chila *et al.*, 2014).

A aplicação da visão computacional na pecuária de precisão, particularmente na predição do ganho de peso em bovinos de corte, representa um avanço significativo no manejo e otimização da produção (Righi *et al.*, 2020). A aplicação de regressão linear em dados de bovinos permitiu a previsão de bonificação e ganho médio diário com baixos erros, demonstrando a utilidade da mineração de dados na pecuária (Silva *et al.*, 2018). As redes neurais artificiais demonstraram eficácia na predição de valores genéticos para peso aos 205 dias em bovinos da raça Tabapuã, oferecendo uma ferramenta complementar aos métodos tradicionais de avaliação genética (Bertazzo *et al.*, 2006). Modelos de aprendizado de máquina têm sido

desenvolvidos para identificar padrões em imagens que indicam a presença de doenças em bovinos, permitindo diagnósticos mais rápidos e precisos (Lorensi *et al.*, 2022).

No estudo de Righi (2020), foi desenvolvido um sistema automatizado de visão computacional capaz de capturar imagens 3D dos animais sem contato direto, reduzindo o estresse dos bovinos e a necessidade de mão de obra. As imagens coletadas foram utilizadas para estimar o peso corporal e o ganho médio diário de bovinos da raça Nelore em diferentes fases produtivas. Entre os modelos avaliados, as Redes Neurais Artificiais (ANN) apresentaram os melhores resultados, com altos coeficientes de determinação e baixos erros quadráticos médios de previsão. Isso demonstra o potencial dessa tecnologia como uma ferramenta precisa e eficiente para auxiliar na tomada de decisões em sistemas de produção intensivos, proporcionando melhor acompanhamento do desempenho animal e, consequentemente, maior rentabilidade e sustentabilidade. A visão computacional oferece uma abordagem não invasiva e automatizada para monitorar o desenvolvimento dos animais, superando as limitações dos métodos tradicionais que são frequentemente subjetivos, trabalhosos e podem causar estresse aos animais.

Os sistemas robóticos são amplamente utilizados na pecuária para diversas funções, incluindo a alimentação inteligente que são sistemas automatizados que ajustam a quantidade e qualidade da ração conforme a necessidade de cada animal, promovendo maior eficiência na nutrição. Podem ser utilizados também no monitoramento do bem-estar animal, por meio de sensores e dispositivos vestíveis que avaliam parâmetros como temperatura corporal, atividade física e padrões de alimentação para detectar precocemente doenças ou desconforto, permitindo intervenções rápidas e melhorando a saúde e produtividade dos animais. (Silva *et al.*, 2023).

A IA desempenha um papel crucial ao processar grandes volumes de dados coletados por sensores e câmeras. As aplicações podem incluir diagnóstico de doenças através de algoritmos de aprendizado de máquina que identificam anomalias no comportamento animal, permitindo diagnósticos precoces, gestão preditiva, que são modelos preditivos que analisam tendências de crescimento e taxa de reprodução para melhorar o planejamento da fazenda. E automação de tarefas repetitivas e redução da carga de trabalho humano, permitindo que os agricultores se concentrem

em decisões estratégicas (Rohan *et al.*, 2023).

### 3.2.1. Emissões de gases de efeito estufa

A emissão de gases do efeito estufa (GEE) é um dos principais desafios ambientais da atualidade, contribuindo diretamente para o aquecimento global e as mudanças climáticas. A pecuária é um dos setores que pode influenciar esse cenário, sendo responsável por uma parcela significativa das emissões globais de metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). No entanto, diversas técnicas e estratégias têm sido desenvolvidas para minimizar esses impactos e tornar a atividade pecuária cada vez mais sustentável.

A inteligência computacional está sendo usada para monitorar a emissão de metano do gado e isso pode ajudar a reduzir o impacto ambiental da agricultura e bovinocultura. Ela tem emergido como um paradigma transformador em múltiplos domínios, e sua aplicação na nutrição animal representa uma fronteira promissora para aprimorar a eficiência e a sustentabilidade. Os sistemas computacionais oferecem abordagens inovadoras para otimizar a formulação de dietas, prever desempenho animal e monitorar a saúde do rebanho, representando um avanço significativo em relação aos métodos tradicionais (Dilaver *et al.*; 2024).

O trabalho de Roma (2017) avaliou os métodos de inteligência artificial, usando sistemas de inferência neuro-fuzzy adaptativos e ANNs, para modelar e prever a produção de energia e as emissões de gases de efeito estufa de fazendas de engorda de bezerras. A comparação entre os modelos mostrou que, devido ao emprego de regras difusas, dos modelos de sistemas de inferência neuro-fuzzy adaptativos poderiam modelar a produção de energia e as emissões de gases de efeito estufa com mais precisão do que o modelo de ANN (Roma *et al.*, 2017). Os sistemas *neuro-fuzzy* combinam o poder de aprendizagem das ANNs com representação explícita do conhecimento dos sistemas de inferência difusa (Shahabuddin *et al.*, 2018).

As crescentes capacidades da Inteligência Computacional têm auxiliado na automatização dos procedimentos para a identificação e registros das emissões de gases. No estudo de (Naturinda *et al.*; 2022) foi desenvolvida uma abordagem baseada em sensoriamento remoto e IA para quantificar as emissões de GEE do gado criando um modelo que utiliza uma técnica de aprendizado profundo, o YOLO (You Only Look

Once) v4 que permitiu detectar automaticamente os animais por meio de registros de imagens. Essa é uma técnica no qual o algoritmo realiza a detecção de objetos, neste caso, os animais, em tempo real. Foram analisadas as emissões de metano (CH<sub>4</sub>) e de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) derivados do manejo de esterco e da fermentação entérica. Os resultados da pesquisa demonstraram que a Inteligência Computacional é uma abordagem mais eficaz para quantificar as emissões de GEE comprovando a importância do uso dos métodos computacionais visando uma agricultura mais sustentável e a mitigação das mudanças climáticas.

A evolução da produção de gado de corte tem sido notavelmente influenciada por um século de pesquisa intensiva, que engloba domínios tais como genética, sanidade animal, microbiologia, nutrição e fisiologia (Rebez *et al.*, 2024). Agora a robótica e a computação, por meio da Inteligência Artificial, se juntam a este rol de disciplinas visando a melhoria dos meios de produção.

O uso de aditivos na dieta de ruminantes é amplamente adotado na pecuária moderna com o objetivo de melhorar a fermentação ruminal, o desempenho produtivo e a saúde animal. Esses aditivos são regulamentados e classificados em categorias como tecnológicos, zootécnicos, sensoriais e nutricionais, segundo a Instrução Normativa nº 44/2015 do MAPA (Daniele; Schogor, 2020) para colaboração da redução da produção de metano entérico, manipulando dietas que possuem ingredientes que desencadeiam menores processos de fermentação. Ionóforos como a monensina sódica são comumente utilizados na alimentação de ruminantes por sua capacidade de modular a fermentação ruminal, e favorecer a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) como por exemplo, o propionato reduzindo a emissão de metano. Já os aditivos enzimáticos, especialmente as enzimas fibrolíticas, promovem a digestão da fibra, aumentando a absorção de nutrientes e melhorando o desempenho animal (Stivari *et al.*, 2014; Embrapa, 2001).

A pesquisa de Galyean (2023), foi desenvolvida para que nos sistemas de manejo alimentar, programando o gado para atingir uma taxa específica de ganho ou restringir o consumo de ração em relação ao consumo *ad libitum* previsto ou observado, sejam ferramentas importantes para diminuir o consumo geral de ração e, assim, diminuir o CH<sub>4</sub> emissões e excreção de nutrientes. O uso de alimentação programada em vez de programas tradicionais de cultivo baseados em dietas ricas em forragem tem o potencial para aumentar a eficiência de ganho de peso, e com

isso, diminuir o consumo de ração e as emissões de CH<sub>4</sub> entérico, assim como a excreção de nutrientes. Outras aplicações envolvem as técnicas de manejo de pastagem, fazendo o uso de forrageiras de alta digestibilidade reduzindo assim o tempo de fermentação ruminal.

Os usos de tecnologias para monitoramento dessas emissões, por meio de sensores e softwares especializados, auxiliam no controle dos GEE, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos e maior precisão na adoção de práticas sustentáveis.

### **3.2.2. Previsão da área de olho de lombo por meio de imagens 3D**

A área de olho-de-lombo (AOL), corresponde ao músculo *longissimus dorsi*, sendo uma das principais características utilizadas para avaliar o potencial produtivo e o valor comercial de bovinos de corte. Essa medida está diretamente associada ao desenvolvimento muscular e ao rendimento da carcaça, além de ser um indicativo indireto da eficiência nutricional do animal (Rosa *et al.*, 2017). A expansão da área de olho de lombo está relacionada à deposição de proteína muscular, dietas bem balanceadas com níveis adequados de energia, proteína e aminoácidos, promovem o crescimento muscular, e a AOL pode ser utilizada como um indicador da resposta dos animais à alimentação oferecida.

Tradicionalmente, a AOL é mensurada por meio de exames de ultrassonografia, técnica que, apesar de precisa, requer mão de obra especializada, contato direto com o animal e pode desencadear estresse. Em contraponto, a inteligência computacional aliada à análise de imagens 3D surge como uma alternativa moderna, não invasiva e automatizada para essa estimativa. Estudos recentes demonstram o potencial das redes neurais convolucionais (CNNs) na análise de imagens de profundidade, possibilitando a previsão de características internas com base em dados externos do corpo do animal. No trabalho de Oliveira (2022), foram utilizadas imagens 3D da superfície corporal de bezerros para prever, com alta precisão, a área e a circularidade do músculo. O modelo alcançou um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,74 para a AOL, com erro médio absoluto de apenas 7,3%. Esse tipo de abordagem pode ser altamente benéfico na nutrição animal, pois permite a individualização de dietas com base na composição corporal estimada de cada

animal, possibilitando ajustes precisos nos níveis de proteína, energia e minerais. Assim, a integração entre análise de imagens 3D e IA contribui não apenas para a avaliação de carcaça, mas também para a formulação de estratégias nutricionais mais eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis. A busca por métodos não invasivos e eficientes para estimar características de carcaça em animais vivos têm impulsionado o uso de tecnologias de imagem e inteligência artificial na pecuária. Nesse contexto, o estudo de Oliveira (2022) investigou a viabilidade de prever a área e a circularidade do músculo *longissimus dorsi* em bezerros vivos, utilizando imagens 3D da superfície corporal combinadas com redes neurais convolucionais.

O experimento utilizou 327 imagens de profundidade de 30 bezerros para treinar uma rede neural, projetada para extrair características da superfície corporal. Além disso, foram coletadas mais de 42 mil imagens de profundidade de outros 26 bezerros, acompanhadas de três imagens de ultrassonografia por animal, focadas entre 12° e 13° costelas. As imagens de ultrassonografia foram segmentadas manualmente para se obter valores de referência de área e circularidade, que serviram de base para o treinamento da rede. A validação do modelo foi realizada utilizando a técnica de *leave-one-out* (LOO), onde as imagens de um animal eram excluídas a cada rodada de validação, e os dados dos demais eram divididos entre treino e validação. O modelo alcançou um coeficiente de determinação médio ( $R^2$ ) de 0,74 e um erro absoluto médio de previsão (MAEP) de 7,3% para a área do olho de lombo. Para a circularidade, os resultados foram ainda mais promissores, com  $R^2$  de 0,87 e MAEP de apenas 2,4%. Os autores concluem que a análise de imagens 3D da superfície corporal, aliada ao uso de redes neurais, pode ser uma alternativa viável à ultrassonografia tradicional, proporcionando uma estimativa precisa de características da carcaça de animais ainda vivos. Essa tecnologia pode ser especialmente útil na seleção e manejo de bezerros oriundos de cruzamentos, otimizando a uniformidade e a qualidade dos cortes de carne (Oliveira *et al.*, 2022).

A área de olho de lombo é uma mensuração fundamental dentro do contexto da bovinocultura de corte por estar diretamente relacionada com quantidade e qualidade da carne, tradicionalmente realizada por ultrassonografia ou na carcaça após o abate, no entanto esse método apresenta certas limitações impossibilitando a avaliação contínua. Nesse contexto, o uso de imagens 3D para prever a AOL em animais vivos surge como uma solução tecnológica promissora que quando associada

às ANNs essa abordagem prevê com acurácia dados visuais externos sem necessidade de contato direto com os animais.

### **3.3. Aplicações da Inteligência Computacional na bovinocultura de leite**

A aplicação da inteligência artificial (IA) na bovinocultura de leite tem transformado significativamente a forma como os sistemas de produção são gerenciados. Por meio de algoritmos avançados de aprendizado de máquina e análise de dados, a IA possibilita o monitoramento em tempo real de indicadores produtivos, reprodutivos, sanitários e comportamentais, promovendo maior eficiência, sustentabilidade e bem-estar animal. Entre as principais aplicações da IA nesse setor, destacam-se a detecção precoce de doenças, como mastite e claudicação, por meio da análise de imagens, sensores de ordenha e dados comportamentais, otimização da alimentação, com sistemas que ajustam automaticamente a dieta com base no desempenho individual de cada vaca, previsão de cio e gestão reprodutiva, aumentando a taxa de concepção e reduzindo o intervalo entre partos, e gestão de produtividade, com algoritmos que analisam dados de produção de leite e identificam padrões para tomada de decisão mais rápida e precisa.

Segundo Arsenos (2024), a IA tem o potencial de revolucionar a pecuária leiteira ao permitir a tomada de decisões proativas e individualizadas, contribuindo para aumentos na produtividade e melhorias no bem-estar animal, especialmente em um cenário de crescente demanda por eficiência e rastreabilidade na produção de alimentos.

O trabalho acadêmico de Arsenos (2024) apresenta uma revisão abrangente sobre os sistemas automatizados de detecção de claudicação em vacas leiteiras que utilizam algoritmos de inteligência artificial (IA). A claudicação é uma condição prevalente na pecuária leiteira, afetando o bem-estar animal e a produtividade. Destaca-se que os métodos tradicionais de detecção são subjetivos e muitas vezes ineficazes para identificar precocemente os sinais de claudicação. Nesse contexto, foi explorado como a IA tem sido aplicada para desenvolver sistemas mais precisos e eficientes, os autores discutem diversas abordagens tecnológicas, incluindo o uso de câmeras para análise de postura e locomoção, sensores de pressão e acelerômetros. Além disso, o artigo aborda os desafios enfrentados na implementação dessas

tecnologias, como a necessidade de grandes volumes de dados para treinamento dos modelos e a adaptação dos sistemas às variabilidades individuais dos animais e às diferentes condições ambientais. Em termos de perspectivas futuras, o estudo sugere que a integração de múltiplas fontes de dados e o desenvolvimento de modelos mais robustos podem melhorar significativamente a detecção precoce da claudicação. Isso não apenas beneficiaria o bem-estar animal, mas também poderia resultar em melhorias na eficiência da produção leiteira.

Pesquisadores da Universidade Federal de Mato Grosso utilizaram redes neurais artificiais para prever perdas na produção leiteira associadas a condições climáticas, como temperatura e umidade. O estudo demonstrou que é possível estimar com precisão o declínio na produção de leite, permitindo que produtores adotem medidas preventivas para mitigar os efeitos do estresse térmico nos animais (Borges *et al.*; 2018). Para isso, os autores utilizaram uma série histórica de 29 anos de dados de temperatura e umidade relativa do ar, obtidos da estação meteorológica de Nova Xavantina (MT), para calcular o Índice de Temperatura e Umidade. Com base nesses dados, desenvolveram redes neurais artificiais do tipo perceptron multicamadas para estimar o índice de temperatura em função do dia do ano e, conseqüentemente, prever a perda na produção leiteira de acordo com a produtividade normal dos animais. Os resultados demonstraram que as redes neurais foram capazes de estimar as perdas na produção de leite com confiabilidade e precisão adequadas, evidenciando o potencial dessa abordagem para auxiliar na gestão da produção leiteira frente às variações climáticas. Borges *et al.* (2019) demonstraram que redes neurais podem estimar com precisão perdas produtivas causadas por condições climáticas adversas.

Outro exemplo seria o estudo de Casimiro *et al.* (2021) através da realização de uma revisão mostrando como algoritmos de IA têm sido eficazes na detecção precoce de anomalias em vacas leiteiras. Sistemas baseados em IA podem identificar casos de cetose subclínica, estresse térmico e outros distúrbios por meio da análise contínua de variáveis como ingestão de alimentos, tempo de ruminação e atividade física.

Um estudo relevante sobre a aplicação dos métodos na identificação de mastite bovina é a dissertação de Fonseca (2023). Neste trabalho o objetivo é aprimorar a detecção precoce da mastite subclínica em vacas leiteiras mantidas em sistemas

Compost Barn, que é um sistema de alojamento para vacas leiteiras que surgiu nos EUA e tem ganhado popularidade no Brasil devido aos benefícios que oferece ao bem-estar animal e à produtividade, caracterizado por um ambiente coberto, com uma grande área de descanso onde as vacas permanecem soltas e confortáveis. Foram utilizadas técnicas avançadas de aprendizado de máquina automatizado, aplicados quatro modelos de aprendizado de máquina para analisar dados relacionados à saúde das vacas. Os resultados demonstraram que esses modelos foram eficazes na identificação antecipada da mastite subclínica, permitindo intervenções rápidas que preservam o bem-estar animal e reduzem os custos associados a tratamentos tardios. A capacidade de processar grandes volumes de informações contribui para uma pecuária mais saudável e produtiva.

Segundo Arsenos *et al.* (2024), a inteligência artificial oferece ferramentas decisivas para o futuro da produção leiteira, promovendo melhor tomada de decisão, sustentabilidade e produtividade individualizada, especialmente em grandes rebanhos. Com o uso de algoritmos de aprendizado de máquina, visão computacional e análise preditiva, é possível coletar, interpretar e reagir a grandes volumes de dados em tempo real, acarretando em diversos benefícios para os meios de produção leiteira, podendo estar relacionados com a detecção precoce de doenças, otimização da produção de leite com maiores números, melhoria no bem-estar animal, redução do uso de medicamentos e melhoria na ambiência.

### **3.3.1. Aquisição de imagens para monitoramento de comportamento animal.**

A pecuária de precisão está revolucionando o manejo animal por meio da integração tecnológica, visando atender plenamente às novas demandas, faz-se necessário que as tecnologias atuais se adaptem a cenários específicos (Kaur *et al.*, 2023). Associa-se a isto desafios do setor agropecuário, tais como custos da tecnologia que ainda são impeditivos, e comportamentos complexos dos animais que necessitam ser identificados e mensurados, sendo crucial para o sucesso de pesquisas futuras (Dilaver) 2024. Dessa forma, a aplicação dos métodos de inteligência computacional e visão computacional na nutrição animal representa uma mudança de paradigma, a qual deve ser impulsionada pelas crescentes demandas por protocolos de alimentação mais refinados, visando maiores rendimentos de

produção (Dilaver) 2024. Tais métodos devem ser capazes de processar grandes conjuntos de dados, discernir padrões complexos e derivar *insights* acionáveis que seriam inatingíveis por meio de abordagens analíticas convencionais (Armand *et al.*,2024; Costa, 2009).

Um exemplo disto envolve a aplicação da técnica YOLO. Essa técnica, cujo nome é um acrônimo de You Only Look Once, constitui um dos algoritmos mais populares e eficientes para detecção de objetos em tempo real. Ela utiliza uma abordagem baseada em redes neurais convolucionais (CNNs), tratando a detecção como um problema de regressão, ao invés de aplicar classificadores sobre múltiplas regiões da imagem. Com isso, o YOLO consegue identificar múltiplos objetos em uma única passagem pela rede, oferecendo uma excelente combinação entre velocidade e precisão. O YOLO aprimora uma versão antecessora da tecnologia, ao utilizar uma arquitetura chamada Darknet-53, que emprega conexões residuais e sendo mais profunda (DL), permitindo melhor extração de características, além de realizar detecções em três escalas diferentes, o que aumenta sua robustez em relação a objetos de variados tamanhos (Redmon) 2018.

A aquisição de imagens é uma etapa fundamental no processo de monitoramento do comportamento animal por meio de técnicas de Inteligência Artificial. Para a aquisição de imagens, diversos tipos de câmeras podem ser empregados, dependendo do ambiente e do objetivo da observação. Câmeras RGB são dispositivos convencionais, de baixo custo e facilidade de instalação, enquanto câmeras térmicas permitem detectar variações de temperatura corporal, úteis para identificar estados de estresse ou doenças, já as câmeras infravermelhas são vantajosas em ambientes com baixa luminosidade ou noturnos. A termografia infravermelha é uma técnica não invasiva que permite avaliar a temperatura superficial dos animais, sendo útil na detecção precoce de doenças e no monitoramento do conforto térmico. Na bovinocultura de corte tem sido aplicada para identificar alterações fisiológicas relacionadas ao estresse térmico, inflamações e outras condições que afetam o bem-estar e a produtividade dos animais. (Alves) 2020. Tais sensores ópticos são amplamente utilizados para capturar dados visuais sem interferir diretamente no ambiente dos animais. Esses dados são, então, analisados com o auxílio de algoritmos de visão computacional e aprendizado de máquina, capazes de identificar padrões comportamentais, como movimentação, alimentação,

repouso ou interação social. A integração dessas tecnologias permite uma avaliação contínua e automatizada, com alta precisão, favorecendo tanto a pesquisa científica quanto o bem-estar animal em ambientes como fazendas, laboratórios ou habitats naturais (Andersen *et al.*, 2021).

Após a captura, os dados visuais são processados utilizando alguma linguagem de programação e bibliotecas específicas de inteligência artificial, como *Tensor Flow*, *PyTorch* e *OpenCV* ou métodos específicos como o YOLO para detecção de objetos. A análise das imagens podem revelar padrões relacionados à alimentação, repouso, interações sociais e até mesmo à saúde dos indivíduos observados (Andersen *et al.*, 2021). Esses sistemas permitem não apenas a detecção de comportamentos específicos, mas também a análise de padrões ao longo do tempo, contribuindo para a tomada de decisões por parte do zootecnista.

A aquisição de imagens representa uma etapa crítica no monitoramento automatizado do comportamento animal, sendo responsável pela coleta dos dados visuais que alimentarão os algoritmos de análise. Diversos tipos de sensores ópticos podem ser utilizados, com destaque para as câmeras RGB, que capturam imagens no espectro visível e são amplamente utilizadas devido ao seu baixo custo e facilidade de implementação. Em ambientes com baixa luminosidade ou monitoramento noturno, as câmeras infravermelhas oferecem vantagens por sua capacidade de capturar imagens mesmo na ausência de luz visível. Já as câmeras térmicas são particularmente úteis na identificação de alterações fisiológicas, como aumento da temperatura corporal, que podem indicar doenças ou estresse (Andersen *et al.*, 2021).

Após a captura das imagens, o processamento e a análise são realizados por meio de técnicas de visão computacional que permitem a implementação de redes neurais convolucionais (CNNs), as aplicações práticas dessa tecnologia têm demonstrado resultados promissores. Um estudo conduzido por Wurtz (2019) utilizou câmeras térmicas associadas a redes neurais para detectar precocemente sinais de doenças como a mastite em vacas leiteiras. O sistema foi capaz de identificar alterações comportamentais e fisiológicas com mais de 90% de precisão, evidenciando o potencial da integração entre sensores e IA para o monitoramento da saúde animal. Outro exemplo está na identificação de claudicação por meio da análise de postura e deslocamento, auxiliando na intervenção precoce e prevenção de perdas produtivas.

As redes neurais artificiais convolucionais, conhecidas como CNNs (Convolutional Neural Networks), são uma classe especializada de redes neurais artificiais amplamente utilizadas para processamento de dados com estrutura em grade, como imagens. Essas redes foram projetadas para simular a forma como o cérebro humano reconhece padrões visuais, sendo altamente eficazes em tarefas como classificação, segmentação e detecção de objetos em imagens digitais (Lecun *et al.*, 2015). A estrutura de uma CNN é composta, geralmente, por três tipos principais de camadas: camadas convolucionais, que extraem características locais da imagem por meio de filtros; camadas de *pooling*, que reduzem a dimensionalidade; e camadas totalmente conectadas, responsáveis pela etapa final de classificação. A grande vantagem das CNNs está na sua capacidade de aprender características hierárquicas diretamente dos dados brutos, dispensando a necessidade de extração manual de atributos, o que torna o processo mais eficiente e generalizável.

Em aplicações voltadas ao monitoramento do comportamento animal, as CNNs têm se mostrado fundamentais, pois conseguem identificar padrões complexos, como posturas corporais, interações sociais ou alterações sutis no movimento dos animais, com alto grau de acurácia, mesmo em ambientes desafiadores e com variações de iluminação e ruído visual (Guo *et al.*, 2016).

Uma das primeiras arquiteturas a demonstrar o potencial das redes neurais convolucionais em larga escala foi a AlexNet, proposta por Krizhevsky, Sutskever e Hinton em 2012. Essa rede foi vencedora do ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC) naquele ano, reduzindo significativamente o erro de classificação em relação a modelos tradicionais da época. A AlexNet é composta por cinco camadas convolucionais, seguidas por três camadas totalmente conectadas, utilizando função de ativação para melhorar a generalização e acelerar o treinamento (Krizhevsky; Sutskever; Hinton, 2012).

No contexto do monitoramento de comportamento animal, a AlexNet pode ser treinada com imagens capturadas por câmeras em tempo real para classificar posturas, identificar interações ou reconhecer padrões de movimentação. Por exemplo, em ambientes de produção animal, é possível usar essa arquitetura para classificar comportamentos como alimentação, descanso ou sinais de desconforto, contribuindo para diagnósticos precoces e melhoria do bem-estar. Com a devida adaptação do conjunto de dados e ajuste dos hiperparâmetros, AlexNet e outras

CNNs podem alcançar altas taxas de acurácia, mesmo em cenários com ruído visual e variações ambientais (Yassine *et al.*,2021). A aquisição de imagens na pecuária de precisão permite o monitoramento detalhado e contínuo de animais de produção, oferecendo métodos de abordagens não invasivas e automatizadas para coleta de dados essenciais sobre o estado comportamental, nutricional e físico dos objetos de estudo.

### **3.3.2. Detecção de distúrbios nutricionais**

A detecção de distúrbios nutricionais na nutrição animal é fundamental para garantir o desempenho produtivo, distúrbios, como deficiências ou excessos de nutrientes, podem comprometer o sistema imunológico, reduzir a eficiência alimentar, afetar a reprodução e aumentar a suscetibilidade a doenças. A identificação precoce desses distúrbios permite a correção imediata da dieta, evitando perdas econômicas e sanitárias significativas. Segundo McDowell (2003), “as deficiências minerais são uma das causas mais comuns de baixa produtividade em sistemas pecuários, sendo frequentemente subdiagnosticadas ou ignoradas nos sistemas de produção”. Isso reforça a necessidade de métodos eficazes de monitoramento nutricional como parte essencial da gestão zootécnica.

Um exemplo notável do uso de inteligência artificial na detecção de distúrbios nutricionais está no estudo de Fernandes (2023), que utilizou redes neurais artificiais para prever alterações no escore de condição corporal (ECC) de vacas leiteiras com base em imagens 3D e dados alimentares. O ECC é um indicador fundamental do estado nutricional e energético dos animais, e sua avaliação precisa permite ajustes na dieta para prevenir tanto a subnutrição quanto o excesso de gordura corporal. A mesma foi capaz de detectar padrões sutis de perda ou ganho de condição corporal com antecedência, permitindo uma intervenção nutricional proativa. Isso demonstra como a integração entre visão computacional e algoritmos de aprendizado de máquina pode ser usada para monitorar a saúde nutricional dos animais de forma contínua e automatizada. Segundo os autores, o modelo desenvolvido apresentou alta acurácia na identificação precoce de variações nutricionais, o que pode otimizar o manejo alimentar e reduzir custos com tratamentos corretivos (Fernandes *et al.*, 2023).

Com o avanço das tecnologias digitais no campo, a nutrição animal passou a

contar com ferramentas inovadoras para diagnóstico e manejos mais precisos. Segundo Wollschlager (2021), a utilização de CNNs para estimar o escore de condição corporal tem o potencial de substituir métodos tradicionais baseados apenas em observação visual, proporcionando uma avaliação mais objetiva e precisa. Nesse cenário, a inteligência artificial tem se destacado por sua capacidade de processar grandes volumes de dados e identificar padrões complexos relacionados ao estado nutricional dos animais. A utilização desta em conjunto com sensores e sistemas de visão computacional permite uma abordagem proativa no manejo alimentar, substituindo métodos tradicionais baseados apenas em observação visual ou análises periódicas. O estudo de Fernandes *et al.* (2023) exemplifica bem essa aplicação, ao demonstrar como modelos baseados em aprendizado de máquina podem prever, com alta precisão, alterações no escore de condição corporal de vacas leiteiras. Tal abordagem não apenas antecipa possíveis distúrbios nutricionais, mas também fornece subsídios para a formulação de dietas personalizadas, otimizando os recursos e promovendo o bem-estar animal. Dessa forma, a integração da IA ao sistema produtivo representa um avanço rumo à nutrição de precisão, sendo uma aliada estratégica na sustentabilidade da pecuária moderna.

Um exemplo da aplicabilidade do reconhecimento de distúrbios nutricionais através da Inteligência computacional está associado a um estudo de Moraes (2020) utilizando como base algoritmos de aprendizado de máquina para prever deficiências de minerais (zinco, cobre e fósforo) com base em dados sanguíneos e alimentares. O modelo conseguiu identificar os animais com risco nutricional com alta precisão. A IA superou os métodos tradicionais laboratoriais em termos de agilidade, com acurácia acima de 85%. De acordo com os autores, o uso de técnicas de aprendizado de máquina para identificar carências minerais permite uma gestão mais eficiente dos nutrientes, otimizando a formulação de dietas e prevenindo deficiências que podem afetar a saúde e o desempenho dos animais. Essa abordagem pode reduzir significativamente o tempo necessário para a detecção de deficiências nutricionais, permitindo intervenções mais rápidas e evitando prejuízos na produtividade.

Os usos dos métodos podem também ser aplicados na identificação precoce de acidose ruminal, um distúrbio nutricional comum em animais ruminantes principalmente em sistemas intensivos de produção. A doença está intrinsecamente ligada ao manejo alimentar, ocorrendo quando existe acúmulo excessivo de ácidos na

cavidade ruminal, principalmente ácido lático. Existem estudos relacionados ao monitoramento do pH ruminal e ao uso de tecnologias para a detecção precoce de acidose ruminal. Uma pesquisa feita por (Gulmez *et al*; 2025) desenvolveu um sistema baseado em Internet das Coisas (IoT) para monitorar o pH e a temperatura ruminal em tempo real, visando a detecção precoce da acidose ruminal em bovinos. Esse modelo destaca a importância da IA para monitoramento em tempo real e a intervenção precoce, permitindo ajustes rápidos na dieta para evitar a progressão do distúrbio e reduzir o uso de medicamentos ou tratamentos caros. A aplicação de inteligência computacional na nutrição animal oferece uma série de vantagens, incluindo diagnósticos mais rápidos e precisos, redução de custos com tratamentos e melhoria no desempenho produtivo dos animais. No entanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios, como a necessidade de grandes volumes de dados, complexidade dos modelos e a integração com os sistemas de manejo existentes. Além disso, a eficácia desses modelos depende de uma boa calibração e de dados precisos e representativos das condições de manejo.

Apesar desses desafios, os avanços apresentados por Reiter (2022), Moraes (2020) e Wollschlager (2021) ilustram o grande potencial da inteligência computacional para transformar a nutrição animal. A detecção precoce de distúrbios nutricionais e a previsão de deficiências minerais, por exemplo, podem melhorar a saúde animal, aumentar a eficiência alimentar e reduzir os impactos negativos sobre a produção.

### **3.4. Tendências futuras da utilização de IAs na pecuária**

A utilização de Inteligência Artificial na pecuária tem mostrado um crescimento significativo nos últimos anos, e as tendências futuras dessa aplicação possuem um grande potencial para transformar a forma como a produção animal é gerida. Uma das áreas de maior impacto é na nutrição animal, particularmente em sistemas de pecuária de precisão. O uso pode ajudar a personalizar dietas de acordo com as necessidades específicas de cada animal, levando em consideração variáveis como idade, peso, composição corporal, e até mesmo as condições ambientais. Modelos de Inteligência Artificial baseados em algoritmos de aprendizado de máquina podem prever as necessidades nutricionais em tempo real, ajustando as formulações de ração para

maximizar a eficiência alimentar e reduzir desperdícios (López *et al.*, 2020).

No trabalho desenvolvido por (López *et al.* 2020) fornece uma revisão abrangente sobre as tendências futuras e o impacto da inteligência artificial na pecuária de precisão, com ênfase na produção de leite e carne. Os autores exploram como a ferramenta tem sido aplicada para otimizar a gestão nutricional, monitorar a saúde animal e melhorar a eficiência produtiva. A revisão aborda diversas tecnologias, como sensores de monitoramento e algoritmos de aprendizado de máquina, que permitem a coleta de grandes volumes de dados para a detecção precoce de doenças e previsão de distúrbios nutricionais, incluindo deficiências de minerais e desequilíbrios energéticos. Além disso, o artigo discute as implicações da automação e da integração de IA nos sistemas de manejo, destacando a possibilidade de reduzir custos operacionais e melhorar o bem-estar animal. (López *et al.*, 2020) também indicam que, no futuro, tecnologias de IA avançadas, como redes neurais e análise de big data, podem desempenhar um papel fundamental na personalização das dietas e no monitoramento contínuo da saúde de rebanhos de vacas leiteiras e bovinos de corte.

A Inteligência Artificial tem se consolidado como uma ferramenta estratégica na transformação da pecuária, promovendo avanços significativos em produtividade, sustentabilidade e bem-estar animal. Entre as principais tendências futuras está o uso de sistemas inteligentes para o monitoramento em tempo real do comportamento e da saúde dos animais. Por meio de sensores e algoritmos de aprendizado de máquina, é possível detectar sinais precoces de doenças como a acidose ruminal, permitindo intervenções nutricionais antes do aparecimento de sintomas clínicos, reduzindo assim o uso de medicamentos (Gülmez *et al.*, 2022).

Outra tendência é a personalização da alimentação baseada em dados comportamentais e fisiológicos dos animais. Essa abordagem visa otimizar o consumo de nutrientes e melhorar os índices zootécnicos, com o apoio de modelos preditivos treinados com dados históricos e em tempo real (Santos *et al.*, 2023). A IA também está sendo aplicada na gestão de pastagens por meio da análise de dados incluindo imagens de satélite e previsões climáticas, contribuindo sobre o manejo sustentável das áreas degradadas de pasto. Além disso, a automação de tarefas como ordenha, alimentação e limpeza com sistemas autônomos baseados em IA está ganhando espaço, especialmente em propriedades que passaram por processos de tecnificação.

Com essas inovações, há também a crescente demanda por profissionais da pecuária capacitados em ciência de dados, evidenciando uma transformação no perfil do zootecnista e médico-veterinário do futuro.

Dessa forma, as tendências indicam que a IA poderá ter na modernização da pecuária, não apenas automatizando processos, mas também a geração do conhecimento estratégico para decisões mais sustentáveis e rentáveis no campo.

#### 4. CONCLUSÃO

A aplicação de métodos de inteligência computacional na nutrição animal representa um avanço significativo no campo da produção zootécnica, proporcionando maior precisão, eficiência e sustentabilidade aos sistemas de manejo nutricional. Ao longo deste trabalho, foi possível observar que técnicas como aprendizado de máquina, redes neurais artificiais e algoritmos de otimização têm contribuído de forma expressiva para a melhoria do manejo nutricional, manipulação de dietas, monitoramento do desempenho animal e predição de parâmetros zootécnicos.

Tais ferramentas possibilitam a análise de grandes volumes de dados de maneira rápida e precisa, promovendo tomadas de decisão mais embasadas e personalizadas conforme necessidades específicas dos animais e das condições de produção. A importância desta abordagem reside, portanto, não apenas na otimização dos recursos utilizados na alimentação animal, mas também na contribuição para práticas mais sustentáveis, com menor impacto ambiental e maior bem-estar animal. Visando os benefícios observados, a adoção dessas tecnologias representa um caminho promissor para a pecuária de precisão. A consolidação dessa tendência, no entanto, depende do contínuo investimento em pesquisa aplicada, infraestrutura tecnológica e capacitação técnica dos profissionais do setor, de forma a garantir o pleno aproveitamento das potencialidades que a inteligência computacional oferece à nutrição animal contemporânea.

Diante desse cenário, conclui-se que a incorporação de métodos de inteligência computacional na nutrição animal não é apenas uma tendência, mas sim uma necessidade emergente para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais inteligentes, éticos e competitivos. Investimentos em pesquisa, capacitação profissional e infraestrutura tecnológica são, portanto, essenciais para consolidar e expandir o uso dessas ferramentas no setor agropecuário.

## REREFÊNCIAS

- ALVES, F. V.; KARVATTE JUNIOR, N.; OLIVEIRA, C. C. de. **Aplicações da termografia por infravermelho (TIV) na bovinocultura de corte**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2020.
- ANDERSEN, P. H.; DENWOOD, M.; KRISTENSEN, A. T. Use of video surveillance and computer vision for monitoring animal behavior and welfare in the livestock industry. **Animal**, v. 15, n. 1, p. 100287, 2021.
- ANGARITA-ZAPATA, J. S. *et al.* A taxonomy of food supply chain problems from a computational intelligence perspective. **Sensors**, v. 21, n. 20, p. 6910, 2021.
- ARSENOS, N. K. *et al.* Automated dairy cattle lameness detection utilizing the power of artificial intelligence: Current status quo and future research opportunities. **The Veterinary Journal**, v. 304, p. 105998, 2024.
- BAUER, E. A. Progressive trends on the application of artificial neural network in animal sciences: A review. **Veterinární Medicína**, v. 67, n. 5, p. 219–228, 2022.
- BERTAZZO, R. P. **Utilização de redes neurais artificiais na predição do mérito genético de bovinos de corte**. 2006. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2006.
- BORGES, P. H. M. *et al.* Predição do declínio na produção leiteira com auxílio de redes neurais artificiais. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 4, p. 411–419, 2019.
- CASSIMIRO, A. J. P. N.; VITAL, G. M.; ANDRADE, E. N. Inteligência artificial aplicada à detecção de anomalias em gado leiteiro: Uma revisão sistemática. **Anais do Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica do IFG**, v. 14, n. 1, 2021.
- CHILA, E. F.; PLINTA, R.; TAMINI, V. H. **Máquina para alimentação automática de bovinos e equinos confinados**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.
- COSTA, E. J. X. Inteligência artificial em ciência animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 390–396, 2009.
- DANIELI, B.; SCHOGOR, A. L. B. Uso de aditivos na nutrição de ruminantes: revisão. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, 2020.
- DILAVER, H.; DILAVER, K. F. Robotics systems and artificial intelligence applications in livestock farming. **Journal of Animal Science and Economics**, v. 3, n. 2, p. 63–72, 2024.
- EMBRAPA GADO DE CORTE. **Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte**. Campo Grande, MS: Embrapa, 2001.
- FERNANDES, F. H.; LIMA, J. S.; COSTA, R. B. Artificial intelligence-based

prediction of body condition score in dairy cows using 3D imaging and nutritional data. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 65, n. 2, p. 211–220, 2023.

GALYEAN, M. L.; HALES, K. E. Feeding management strategies to mitigate methane and improve production efficiency in feedlot cattle. **Animals**, v. 13, n. 4, p. 758, 2023.

GÜLMEZ, B. H. *et al.* Monitoramento de pH com base em IoT para detecção de acidose ruminal. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 74, n. 3, e2022012659, 2022.

GUO, Y. *et al.* Deep learning for visual understanding: A review. **Neurocomputing**, v. 187, p. 27–48, 2016.

KAUR, H.; DILAVER, H.; DILAVER, K. F. Future trends in the integration of artificial intelligence in livestock behavior analysis. **Livestock Technology Review**, v. 1, n. 1, p. 1–15, 2023.

KRIZHEVSKY, A.; SUTSKEVER, I.; HINTON, G. E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. **Communications of the ACM**, v. 60, n. 6, p. 84–90, 2012.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. **Nature**, v. 521, n. 7553, p. 436–444, 2015.

LÓPEZ, C.; RÍOS, J. J.; RÍOS, R. A review and future trends of precision livestock over dairy and beef cow cattle with artificial intelligence. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 175, p. 105654, 2020.

OLIVEIRA, C. B. *et al.* Predicting ribeye area and circularity in live calves through 3D image analyses of body surface. **Journal of Animal Science**, v. 100, n. 8, p. 1–11, 2022.

SANTOS, I. G.; SILVA, A. B.; OLIVEIRA, C. L. Aplicação de Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA) para gestão de aviários e melhorias do desempenho produtivo: Um estudo de caso em produtores de uma cooperativa agroindustrial. **Anais do Congresso Brasileiro de Agroinformática (SBIAGRO)**, 2023.

TEDESCHI, L. O. *et al.* The assessment of supplementation requirements of grazing ruminants using nutrition models. **Translational Animal Science**, v. 3, n. 2, p. 811–828, 2019.

VEIGA, P. 'Cientistas de dados': tecnologia transforma Medicina Veterinária e Zootecnia. **Revista CFMV**, 2023.

VINÍCIUS. Inteligência artificial transforma pecuária. **Revista Campo & Negócios**, 2023.