

APLICAÇÕES DE MACHINE LEARNING NA PECUÁRIA DE PRECISÃO: UMA REVISÃO DO CONCEITO “FARM AS CODE”

Vítor Ferreira Cançado^{1*}

¹ Mestrando no Programa de Pós Graduação em Medicina Veterinária da UFV (PPGMV-UFV) – Universidade Federal de Viçosa– Viçosa/MG – Brasil – *Contato: vitor.cancado@ufv.br

INTRODUÇÃO

A intensificação da pecuária brasileira tornou-se uma exigência global frente à crescente demanda por alimentos de origem animal, entretanto mudanças climáticas e pressões ambientais de grandes players mundiais fazem com que essa massificação da produção deva ser conduzida por vias sustentáveis. Nesse contexto, a digitalização do campo, especialmente por meio da adoção de tecnologias como machine learning (ML), tem impulsionado novas abordagens na gestão de rebanhos, sanidade animal e produtividade de baixo impacto ambiental. O conceito emergente de *Farm as Code* oferece uma perspectiva inovadora ao tratar toda a cadeia produtiva como um conjunto de algoritmos programáveis. Integrando assim, sensores individuais, dados zootécnicos em linhas de códigos com o objetivo de automatizar e otimizar os processos produtivos. Essa abordagem permite que decisões sejam tomadas com base em dados contínuos em tempo real e análises preditivas, reduzindo a subjetividade da interpretação humana e promovendo maior precisão na condução das atividades veterinárias e zootécnicas. Apesar de sua relevância, o presente trabalho optou por aprofundar o “Farm as Code” por seu potencial disruptivo frente a abordagens tradicionais como a Agricultura 4.0, agricultura de precisão e PLF (Precision Livestock Farming), cujo já muito tem se debatido na academia. O artigo realiza uma revisão sobre a aplicação de ferramentas de machine learning no contexto rural, com ênfase na pecuária, avaliando as suas principais aplicações, desafios e implicações práticas.

MATERIAL E MÉTODOS

A revisão foi desenvolvida e fundamentada a partir de banco de dados acadêmicos online: PubMed, Scopus, Web of Science e Google Scholar. A seleção de artigos foi realizada por meio de buscas com os descritores (DeCS/MeSH) “*machine learning*”, “*precision livestock farming*”, “*animal health*”, “*veterinary technology*”, “*smart farming*” e “*Farm as Code*”. Usando conectivos booleanos, AND, OR, NOT, (). Todo o levantamento bibliográfico, coleta de dados qualitativos e escrita foram realizados no mês de abril de 2025. Foram incluídos artigos publicados entre 2015 e abril de 2025 com base em seu alinhamento com o objetivo da revisão. Reconhece-se a possibilidade de vies de seleção (risk of bias), uma vez que não foi utilizado ferramentas/guide lines para a seleção e inclusão dos artigos

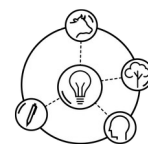
RESUMO DE TEMA

A aplicação de *machine learning* na pecuária tem possibilitado avanços substanciais na forma como o bem-estar animal, a sanidade do rebanho e a produtividade é controlada e processada. O conceito de *Farm as Code* torna possível modelar matematicamente o comportamento animal, o consumo alimentar, os indicadores fisiológicos e os dados ambientais, permitindo uma atuação preditiva por parte dos profissionais veterinários e gerentes comerciais da propriedade. Modelos de aprendizado supervisionado vêm sendo empregados para detectar doenças infecciosas em fases iniciais, como mastites e doenças podais, com base em alterações sutis no padrão de locomoção, temperatura corporal e/ou ingestão de alimentos. Ferramentas de visão computacional e redes neurais convolucionais (visão computacional) já são utilizadas para o reconhecimento de animais e avaliação de escore corporal (ECC) automatizada, reduzindo significativamente a necessidade de inspeções presenciais rotineiras. Algoritmos são aplicados na identificação de padrões de comportamento associados ao estresse, cio e risco de mastite, especialmente em sistemas leiteiros com sensores em ordenhadeiras automáticas. Não obstante, sistemas de confinamento de gado de corte também se beneficiam da automatização advinda do machine learning, como por exemplo o controle de ambiência/temperatura por meio de sensores térmicos e aspersores hídricos. Esses captam de maneira precisa a temperatura do curral e escolhe o melhor momento do dia, alisando as condições climáticas, para fazer a aspersão de água, evitando assim o desperdício do recurso e formação de lamaçal. No campo da reprodução

animal, técnicas de *machine learning* têm sido aplicadas para prever a taxa de concepção com base em dados genômicos, ambientais e comportamentais, otimizando protocolos reprodutivos e seleção genética. Fazendo com que o veterinário/zootecnista responsável pela reprodução tenha um substrato tratado via *data science* onde consiga basear as suas condutas, sendo portanto mais assertivo na tomada de decisões. Na suinocultura e avicultura, sistemas baseados em ML monitoram sons e movimentos dos animais para detectar distúrbios respiratórios e/ou problemas nutricionais de forma precoce. Conceitos esses que também são encontrados na pecuária. Além disso, os sistemas inteligentes vêm sendo integrados a plataformas de gestão zootécnica que ajustam automaticamente planos nutricionais, estratégias de manejo e decisões sanitárias de acordo com a dinâmica dos dados em tempo real. Gerando maior controle por parte dos gestores, economia para o proprietário e redução significativa de gastos de recursos extraídos do meio ambiente. A medicina veterinária, dentro desse novo paradigma, passa a ter um papel ainda mais central na tomada de decisões baseada em dados, com forte apoio em modelos computacionais e sistemas de apoio à decisão clínica. No entanto, a efetiva adoção dessas tecnologias ainda encontra barreiras culturais e de custo. O alto custo de implementação das infraestruturas necessárias, como torres antenas, compra de sensores e instalação de receptores e a necessidade de uma conexão *wireless* com boa taxa de *upload* e *download* em áreas remotas como pastos, são fatores que dificultam a implementação dessas novas tecnologias. Outro aspecto não estrutural que pode surgir como importante entrave é a escassez de profissionais capacitados em ciência de dados capazes de usar as ferramentas e consequentemente interpretar/utilizar os dados. A formação de profissionais multidisciplinares é essencial para que haja a intersecção das técnicas de machine learning e o campo. Assuntos como a ética dos dados, privacidade do processamento dos dados e bem estar animal somam junto, peso para com que a tecnologia ainda não seja usada fora de fazendas altamente tecnificadas e centros de pesquisa. Apesar desses desafios, os benefícios associados à utilização do *machine learning* na pecuária são evidentes, destacando-se a melhora nos índices produtivos, a antecipação de enfermidades, o uso racional de medicamentos/antibióticos e a promoção de práticas mais sustentáveis e responsáveis do ponto de vista sanitário e ambiental. Culminando assim em uma pecuária rentável financeiramente e estável aos ciclos do mercado mundial, em consonância com os princípios de sanidade sustentável, produtividade ética e uso racional dos recursos naturais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de *Farm as Code*, aplicado ao contexto da pecuária, representa uma mudança cultural na forma como os sistemas produtivos são concebidos, monitorados e geridos. Trazendo consigo a precisão das novas tecnologias aliado a tradição dos saberes rurais. A utilização de algoritmos de *machine learning* permite transformar grandes volumes de dados (big data) gerados em fazendas em informações úteis para decisões veterinárias mais assertivas, promovendo ganhos em produtividade, saúde animal e sustentabilidade. Grande parte dos dados gerados atualmente são perdidos e/ou processados indevidamente, fazendo com que informações importantes não sejam levantadas. A medicina veterinária, nesse novo cenário digital, passa a incorporar competências analíticas e tecnológicas que ampliam sua capacidade diagnóstica e prognóstica (*prediction-machine learning*). Ainda que existam desafios consideráveis para a implementação em larga escala dessas ferramentas em diferentes realidades produtivas, os avanços recentes indicam uma tendência irreversível rumo à pecuária inteligente e automatizada. Políticas públicas bem estruturadas podem desempenhar papel central na democratização dessas tecnologias. Linhas de crédito específicas, incentivos fiscais para adoção de ferramentas digitais, programas de capacitação técnica e parcerias público-privadas são caminhos viáveis para ampliar o acesso. Além disso, modelos de negócio alternativos como cooperativas digitais, plataformas compartilhadas de análise de dados e serviços de tecnologia como assinatura podem reduzir custos e aumentar a escalabilidade do uso



de ML no campo. É inegociável, a propriedade para que seja competitiva frente à nova conjuntura de mercado deve adotar novas tecnologias que otimizem os processos. Assim, é fundamental que pesquisadores, profissionais e instituições de ensino estejam atentos às transformações em curso e preparados para atuar de maneira estratégica na interseção entre ciência animal, tecnologia e inovação de dados.

Por fim, a formação de profissionais multidisciplinares, capazes de transitar entre ciência animal, ciência de dados e gestão rural, torna-se essencial. A integração ética, sustentável e economicamente viável da inteligência artificial na pecuária exige mais do que ferramentas: exige um ecossistema social preparado para inovar com responsabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-GARCÍA, M. et al. **Artificial intelligence applied to precision livestock farming: A tertiary review.** *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 213, 2025
- 2-MARTINS, L. et al. **Precision livestock farming usage among a subset of U.S. swine producers.** *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 4, 2025.
- 3-ZHANG, Y. et al. **Smartphone based detection and classification of poultry diseases from chicken fecal images using deep learning techniques.** *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 4, 2023.
- 4-CHAFAI, N. et al. **A review of machine learning models applied to genomic prediction.** *Frontiers in Genetics*, v. 14, 2023.
- 5-ARULMOZHI, E. et al. **From Reality to Virtuality: Revolutionizing Livestock Farming Through Digital Twins.** *Agriculture*, v. 14, n. 12, 2024
- 6-J. LUO, B. et al. **A survey of computer vision technologies in urban and controlled-environment agriculture.** *ACM Computing Surveys*, v.56, 2023
- 7-ALONSO, R.S. et al. **An Intelligent Edge-IoT Platform for Monitoring Livestock and Crops in a Dairy Farming Scenario.** *Ad Hoc Netw.* 2020.
- 8-QIAO, Y. et al. **Intelligent Perception for Cattle Monitoring: A Review for Cattle Identification, Body Condition Score Evaluation, and Weight Estimation.** *Comput. Electron. Agric.* 2021

APOIO:

