

Adoção de tecnologias de pecuária de precisão – percepção dos produtores de leite no Brasil

The perception of Brazilian dairy farmers for the adoption of precision livestock technologies

Jaciara Diavão¹, Abias Santos Silva², Rebeca Ribeiro Silvi³, Vanessa Amorim Teixeira⁴, Thierry Ribeiro Tomich⁵, Claudio Antônio Versiani Paiva⁶, Mariana Magalhães Campos⁷, Fernanda Samarini Machado⁸, Rafael Ehrich Pontes Ferreira⁹, João Ricardo Rebouças Dórea¹⁰, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira¹¹

¹ Pós-doutorando, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, jacidiavao@gmail.com

² Pós-doutorando, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, abias.severo@gmail.com

³ Doutora em Ciência Animal, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus (BA), Brasil, rebecasilvy@yahoo.com.br

⁴ Doutora em Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil, vanessateixeiraamorim@gmail.com

⁵ Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, thierry.tomich@embrapa.br

⁶ Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, claudio.paiva@embrapa.br

⁷ Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, mariana.campos@embrapa.br

⁸ Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, fernanda.samarini@embrapa.br

⁹ Estudante de Doutorado, Animal and Dairy Sciences Department, University of Wisconsin, Madison (WI), EUA, referreira@wisc.edu

¹⁰ Professor Assistente, Animal and Dairy Sciences Department, University of Wisconsin, Madison (WI), EUA, joao.dorea@wisc.edu

¹¹ Pesquisador, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), Brasil, luiz.gustavo@embrapa.br

RESUMO

A adoção de tecnologias de precisão nas fazendas leiteiras pode auxiliar o gerenciamento com base em dados, melhorando o desempenho econômico, social e ambiental do sistema de produção. Compreender a percepção dos produtores quanto às tecnologias de precisão pode contribuir com o desenvolvimento de estratégias que visem aumentar a utilização e a compreensão dos motivos da não adoção das tecnologias. Assim, foi realizado um levantamento visando entender a percepção dos produtores quanto à utilidade de cada tecnologia e identificar os motivos de não adoção. As tecnologias mais úteis apontadas pelos produtores foram os sistemas automáticos de avaliação da produção de leite; sensores para detecção de mastite; sistemas de alimentação automatizado; pedômetro, e sensores de composição do leite. Os produtores indicaram GPS/dispositivo de localização/posição do animal, escore automático de condição corporal (ECC) e termografia infravermelha como os menos úteis. Os produtores também indicaram os portões inteligentes na sala de ordenha, sensor de temperatura corporal, sensor de ruminação e alimentadores para bezerros como tecnologias úteis. As três razões mais importantes para não investir em tecnologia de precisão foram “preferem investir em outras áreas”; “incerteza sobre a rentabilidade do investimento”, e “baixa integração com outros sistemas e *softwares*”. Os principais problemas enfrentados pelos produtores e que podem ser minimizados com o auxílio de tecnologias de precisão foram: mastite, tristeza parasitária bovina, mão de obra, problemas com carrapatos, problemas no período de transição, alto custo de insumos e gestão de dejetos.

Palavras-chave: agricultura de precisão; fazendas inteligentes; pecuária.

ABSTRACT

The adoption of precision technologies on dairy farms can help with data-based management, improving the economic, social, and environmental performance of the production system. Understanding the producers' perception regarding precision technologies can help the development of strategies aimed at increasing utilization and understanding the reasons for not adopting technologies. Thus, a survey was carried out to understand the farmers' perception of the usefulness of each technology and to identify the reasons for not adopting it. The most useful technologies pointed out by producers were automatic systems for evaluating milk production; sensors

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000059>

Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.

for detecting mastitis, automated feeding systems; pedometers, and milk composition sensors. Farmers indicated GPS/ animal position/location device, automatic body condition scoring (BCS) and infrared thermography as the least useful. Smart gates in the milking parlor, body temperature sensor, rumination sensor and calf feeders were also indicated as useful technologies. The three most important reasons for not investing in precision technology were “preferring to invest in other areas”; “uncertainty about the profitability of the investment”; and “poor integration with other systems and software”. The main problems faced by the farmers and that which could be minimized with the help of precision technologies were: mastitis, bovine parasitic disease, labor, problems with ticks, problems during the transition period, high cost of inputs and waste management.

Keywords: livestock farming, precision agriculture, smart farms

1 INTRODUÇÃO

A adoção de tecnologias aumenta a capacidade de gestão da variabilidade animal, temporal e espacial, permitindo a intensificação da produção e aumentando a produtividade (Tzounis et al., 2017). O novo modelo de fazendas inteligentes necessita de soluções tecnológicas para a coleta, o armazenamento e a transmissão de dados em tempo real, que abrangem desde o desenvolvimento de sensores automáticos para coleta de informações dos animais até sistemas de inteligência artificial para integração e customização de informações de acordo com as necessidades de cada produtor (Bowen et al., 2021; Sordi; Vaz, 2021).

Muitas opções de tecnologias de precisão estão disponíveis no mercado (Rutten et al., 2013), com destaque para os dispositivos e sensores que permitem medir produção, composição e a qualidade do leite (Joshi et al., 2017), posição e atividade animal (Meunier et al., 2018), ruminação (Hamilton et al., 2019), e sistemas de visão computacional para avaliação automatizada de escore de condição corporal (ECC) (Bercovich et al., 2013; Spoliansky et al., 2016).

Ainda existem desafios a serem superados para que essas tecnologias sejam implementadas e disseminadas (Sordi; Vaz, 2021). Há poucos estudos fornecendo informações sobre quais tecnologias de pecuária de precisão estão sendo utilizadas nas fazendas leiteiras e qual a percepção do produtor sobre a utilidade das opções disponíveis no mercado.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar e fazer um estudo de agrupamento de fazendas leiteiras brasileiras que adotam em maior ou menor grau tecnologias de precisão, além de investigar a motivação por trás do investimento nessas tecnologias pelos produtores rurais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento em 378 propriedades leiteiras, distribuídas em 17 estados brasileiros. A coleta de dados foi realizada por meio de 22 perguntas

que foram enviadas por correio eletrônico, utilizando o Google Forms (Google Inc., Mountain View, CA). As informações de contato dos produtores foram obtidas nas bases de dados da Associação Brasileira de Produtores de Leite (Abraleite), Associação Holandesa de Minas Gerais, Associação Brasileira do Girolando, Centro de Inteligência do Leite (CILEite/Embrapa) e MilkPoint.

A pesquisa foi composta por questões que buscavam traçar o perfil das propriedades leiteiras com questões de ordem produtiva (sistema de produção: pastejo, semiconfinamento ou confinamento; tamanho do rebanho, e produção diária de leite); uso de tecnologias de precisão (uso de *software* de gerenciamento de rebanho, tipo de sistema de ordenha, tecnologias de precisão utilizadas na fazenda, fatores que determinam a decisão de compra de tecnologias de precisão, motivos para não investir em tecnologias de precisão e problemas que gostariam de resolver com o uso de tecnologias de precisão), e perfil dos trabalhadores que atuam na atividade leiteira (localização da propriedade, número de funcionários, idade do entrevistado, participação do produtor e familiares na fazenda).

Foi realizada uma análise de agrupamento das fazendas e as variáveis discriminatórias foram: idade do agricultor, número de funcionários, sistema de produção, tamanho do rebanho, produção de leite e número de tecnologias adotadas. As variáveis de entrada que eram categóricas e de valores (sistema de produção, idade do produtor e tamanho do rebanho) foram agrupadas em intervalos numéricos para geração dos agrupamentos.

Foi estabelecido que certas variáveis tivessem maior impacto nos agrupamentos, pois seriam mais relevantes para a pesquisa; então, foram multiplicados todos os valores de cada variável por um peso correspondente a essa variável, a saber: “idade do agricultor”, “número de funcionários”, “sistema de produção” e “tamanho do rebanho” (peso 1); “produção de leite” (peso 2), e “número de tecnologias adotadas” (peso 3).

Em seguida, foi implementado o algoritmo de agrupamento K-means (Arthur; Vassilvitskii, 2007) e escolhido o número de agrupamentos com base na estatística de gap proposta por Tibshirani et al. (2001). Assim, foram gerados sete agrupamentos e as características das propriedades de cada agrupamento são apresentadas na Tabela 1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O nível de produção de leite, adoção de tecnologia e tamanho do rebanho diminuiu dos agrupamentos 1 para 7. O agrupamento 1 reuniu fazendas com alto nível de adoção de tecnologia (equipamentos e infraestrutura), rebanhos com maior número de vacas e a maior produção de leite. Por outro lado, o agrupamento 7 caracterizou-se por fazendas com baixo nível de adoção de tecnologia e pequenos rebanhos mestiços criados em sistemas de pastejo com baixa produção de leite.

As três principais razões para o não investimento em tecnologias de precisão foram: “preferem investir em outras áreas” (agrupamentos 2, 3, 4, 5, 6 e 7); “incerteza sobre a rentabilidade do investimento” (agrupamentos 2, 3, 4, 5, 6 e 7), e “baixa integração com outros sistemas e *softwares*” (agrupamentos 1, 3, 4, 6 e 7). Outros motivos, como: “existem alternativas para melhorar a gestão” (agrupamento 1), “não há assistência técnica na região” (agrupamento 5) e “existe muita informação/saber o que fazer com isso” (agrupamento 2), também foram considerados importantes para a tomada de decisão (Tabela 2).

Os principais problemas enfrentados pelos produtores foram “mastite”, “tristeza parasitária bovina” (agrupamentos 4, 5, 6 e 7) e “mão de obra” (agrupamentos 2, 5, 6 e 7).

Além disso, “problemas com carapatos” (agrupamentos 4 e 5), “problemas no período de transição” (agrupamentos 2 e 3), “alto custo de insumos” (agrupamento 1) e “gestão de dejetos” (agrupamento 1) também foram considerados importantes (Tabela 3).

As tecnologias mais úteis apontadas pelos produtores foram os sistemas automáticos de fluxo de leite (média; variância) (4,05; 1,66); sensores para detecção de mastite (4,00; 1,57); sistemas de alimentação automatizado (3,50; 2,05); pedômetro (3,45; 1,95), e sensores de composição do leite (3,45; 1,95). Os produtores indicaram GPS/dispositivo de localização/posição do animal (2,85; 2,07), escore automático de condição corporal (ECC) (2,91; 2,00) e termografia infravermelha (2,97; 2,04) como os menos úteis. Portão inteligente na sala de ordenha (3,40; 1,84), sensor de temperatura corporal (3,24; 1,94), sensor de ruminação (3,13; 2,05) e alimentadores para bezerros (3,22; 1,87) também foram apontados como tecnologias úteis.

Foram observadas diferenças na percepção da utilidade das tecnologias entre agrupamentos. Em geral, os produtores do agrupamento 7, com baixos níveis de adoção de tecnologia, avaliaram as tecnologias como menos úteis em comparação aos valores reportados pelos produtores dos agrupamentos caracterizados como mais tecnificados (agrupamentos 1, 2 e 3). Normalmente, as tecnologias consideradas mais úteis pelos produtores também são aquelas com as quais eles estão mais familiarizados. Além disso, algumas tecnologias exigem mão de obra qualificada e mudanças nas atividades de manejo da fazenda, o que pode levar os proprietários a avaliarem negativamente as tecnologias (Borchers; Bewley, 2015).

Tabela 1. Características médias das fazendas com base nas variáveis usadas no agrupamento.

| Agrupamento* | Fazendas | Idade do produtor | Número de funcionários | Sistema de produção | Total de animais | Leite | Tecnologias |
|--------------|----------|-------------------|------------------------|----------------------|------------------|-----------------|-------------|
| | n | anos | n | sistema [†] | n | Produção (L) | n |
| 1 | 13 | 41 a 50 | 31 | C | ≥ 1.001 | 10.001 a 30.000 | 3,15 |
| 2 | 27 | 41 a 50 | 15 | C | 501 a 1.000 | 5.001 a 10.000 | 1,07 |
| 3 | 12 | 31 a 40 | 6 | C | 201 a 300 | 2.001 a 5.000 | 6,67 |
| 4 | 50 | 31 a 40 | 5 | SC | 101 a 200 | 1.001 a 2.000 | 2,74 |
| 5 | 112 | 31 a 40 | 3 | SC | 51 a 100 | 501 a 1.000 | 0,40 |
| 6 | 108 | 51 a 60 | 3 | SC | 101 a 200 | 501 a 1.000 | 0,36 |
| 7 | 56 | 41 a 50 | 3 | P | 51 a 100 | ≤ 500 | 0,29 |

*1: fazendas de alta produção; 2: produção média e alta tecnologia; 3: produção média-alta, tecnologia média; 4: produção média e tecnologia média; 5: jovem, produção média-baixa e tecnologia baixa; 6: idoso, média-baixa produção e baixa tecnologia; e 7: pastejo com baixa tecnologia; †C: confinamento; SC: semiconfinamento; P: pastejo.

Tabela 2. Três principais razões para não investir em tecnologias de precisão.

| Agrupamento* | Fazendas | | Razões | | | | |
|--------------|----------|---|--------|---|----|--|----|
| | n | Primeiro | n | Segundo | n | Terceiro | n |
| 1 | 10 | incerteza sobre a rentabilidade do investimento | 3 | Existem alternativas para melhorar a gestão | 3 | baixa integração com outros sistemas e softwares | 3 |
| 2 | 12 | prefere investir em outras áreas | 6 | incerteza sobre a rentabilidade do investimento | 4 | há muita informação/saber o que fazer com ela | 2 |
| 3 | 27 | prefere investir em outras áreas | 13 | incerteza sobre a rentabilidade do investimento | 8 | baixa integração com outros sistemas e softwares | 3 |
| 4 | 49 | prefere investir em outras áreas | 18 | incerteza sobre a rentabilidade do investimento | 17 | baixa integração com outros sistemas e softwares | 11 |
| 5 | 112 | prefere investir em outras áreas | 43 | incerteza sobre a rentabilidade do investimento | 25 | não há suporte técnico na região | 16 |
| 6 | 105 | prefere investir em outras áreas | 29 | incerteza sobre a rentabilidade do investimento | 21 | baixa integração com outros sistemas e softwares | 14 |
| 7 | 53 | prefere investir em outras áreas | 22 | incerteza sobre a rentabilidade do investimento | 14 | baixa integração com outros sistemas e softwares | 10 |

*1: fazendas de alta produção; 2: produção média e alta tecnologia; 3: produção média-alta, tecnologia média; 4: produção média e tecnologia média; 5: jovem, produção média-baixo e tecnologia baixa; 6: idoso, média-baixa produção e baixa tecnologia; e 7: pastejo com baixa tecnologia.

Tabela 3. Os três principais problemas enfrentados pelos agricultores.

| Agrupamento* | Fazendas | | Problemas | | | | |
|--------------|----------|-------------------------------------|-----------|-----------------------------------|----|-----------------------------------|----|
| | n | Primeiro | n | Segundo | n | Terceiro | n |
| 1 | 13 | mastite/tristeza parasitária bovina | 3 | alto custo de insumos | 3 | gestão de dejetos | 3 |
| 2 | 12 | mastite | 4 | problemas no período de transição | 2 | mão de obra | 2 |
| 3 | 27 | mastite | 8 | mastite | 5 | problemas no período de transição | 4 |
| 4 | 50 | mastite | 25 | tristeza parasitária bovina | 13 | carrapato | 9 |
| 5 | 112 | mastite | 45 | tristeza parasitária bovina | 15 | mão de obra/carrapato | 13 |
| 6 | 108 | mastite | 42 | tristeza parasitária bovina | 18 | mão de obra | 21 |
| 7 | 56 | mastite | 21 | tristeza parasitária bovina | 10 | mão de obra | 8 |

*1: fazendas de alta produção; 2: produção média e alta tecnologia; 3: produção média-alta, tecnologia média; 4: produção média e tecnologia média; 5: jovem, produção média-baixo e tecnologia baixa; 6: idoso, média-baixa produção e baixa tecnologia; e 7: pastejo com baixa tecnologia.

Contrastando com os resultados do presente levantamento realizado no Brasil, Sordi e Vaz (2021) destacaram que os principais desafios à adoção de tecnologias de precisão nas fazendas são: a) infraestrutura digital: conexão à internet, capacidade de processa-

mento, armazenamento e transmissão de dados; b) qualificação: consultoria e extensão rural; c) insegurança e desconfiança: ceticismo e resistência às mudanças, incerteza quanto aos riscos e benefícios; d) integração e customização: integração pontual entre

tecnologias, e e) capital e crédito: custos de execução e manutenção; preços proibitivos e fragilidades econômicas dos pequenos produtores.

As razões mais importantes para não investir em tecnologia de precisão corroboram com os resultados observados por Steeneveld e Hogeveen (2015), na Holanda, em que os motivos principais foram “prefiro investir dinheiro em outras coisas para a fazenda”, “incerteza quanto ao retorno do investimento” e “falta de integração com outros sistemas e *softwares* agrícolas”.

Em relação à mastite, a adoção de sensores que medem a condutividade elétrica (CE) e a contagem de células somáticas do leite pode auxiliar na identificação e direcionar os protocolos de manejo (Silva et al., 2021). A tristeza parasitária bovina, o segundo problema mais importante, e os problemas com mão de obra (terceiro mais importante) também podem ser resolvidos ou mitigados por meio da adoção de tecnologias de precisão, as quais permitem a identificação na alteração do comportamento animal (atividade e ruminação) (Teixeira et al., 2022), e ainda pela adoção de equipamentos que permitem a automação de processos, como ordenhas robotizadas e sistemas automáticos de alimentação (Souza et al., 2021). Mais informações sobre o estudo podem ser consultadas em Silvi et al. (2021) e no link: <https://tinyurl.com/2epvdcuz>, no qual é possível acessar 14 relatórios dinâmicos com todos os dados do levantamento.

4 CONCLUSÕES

A adoção de tecnologias de precisão pelas fazendas brasileiras ainda é considerada baixa, o que demonstra grande potencial para as fazendas melhorarem sua gestão e otimizar o processo produtivo. Os principais motivos para a não adoção de tecnologias de precisão são relacionados às questões econômicas e à falta de familiaridade do produtor com as tecnologias. O presente estudo aponta para uma maior produtividade em fazendas com maiores níveis de uso de tecnologia. Em geral, as preocupações relacionadas à integração de dados, ao retorno do investimento e à facilidade de uso, indicadas por produtores do Brasil, são similares aos desafios reportados em levantamentos realizados em outros países. Aumentar a disponibilidade de suporte técnico aos produtores pode ter impacto positivo na adoção de tecnologias de precisão nas fazendas leiteiras brasileiras.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa; a Guilherme Fernando Mattos, Castrolanda, Paraná; a Renê Granato, COTRIJAL, Rio Grande do Sul; a Christiano Nascif, Labor Rural, Minas Gerais; a Marcelo Pereira de Carvalho, Milkpoint, São Paulo; à Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, e à Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais, Minas Gerais, pelo apoio na aplicação da pesquisa. Um agradecimento especial aos 448 produtores de leite brasileiros que dedicaram tempo para responder à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ARTHUR, D.; VASSILVITSKII, S. K-means++: the advantages of careful seeding. In: ANNUAL ACM-SIAM: SYMPOSIUM ON DISCRETE ALGORITHMS, 2007, New Orleans, LA. **Proceedings [...]**. New York: ACM, 2007. p. 1027-1035.
- BERCOVICH, A.; EDAN, Y.; ALCHANATIS, V.; MOALLEM, U.; PARMET, Y.; HONIG, H.; MALTZ, E.; ANTLER, A.; HALACHMI, I. Development of an automatic cow body condition scoring using body shape signature and Fourier descriptors. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 12, p. 8047-8059, 2013. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2013-6568>.
- BORCHERS, M. R.; BEWLEY, J. M. An assessment of producer precision dairy farming technology. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p. 4198-4205, 2015. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2014-8963>.
- BOWEN, J. M.; HASKELL, M. J.; MILLER, G. A.; MASON, C. S.; BELL, D. J.; DUTHIE, C. A. Early prediction of respiratory disease in preweaning dairy calves using feeding and activity behaviors. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 11, p. 12009-12018, 2021. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2021-20373>.
- HAMILTON, A. W.; DAVISON, C.; TACHTATZIS, C.; ANDONOVIC, I.; MICHIE, C.; FERGUSON, H. J.; SOMERVILLE, L.; JONSSON, N. N. Identification of the rumination in cattle using support vector machines with motion-sensitive bolus sensors. **Sensors**, v. 19, n. 5, p. 1165-1179, 2019. DOI: <http://doi.org/10.3390/s19051165>.
- JOSHI, K. H.; MASON, A.; KOROSTYNSKA, O.; AL-SHAMMA'A. A. Milk quality monitoring using electromagnetic wave sensors. In: MUKHOPADHYAY, S. C.; POSTOLACHE, O. A.; JAYASUNDERA, K. P.; SWAIN, A. K. (ed.). **Sensors for everyday life**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 205-227.
- MEUNIER, B.; PRADEL, P.; SLOTH, K. H.; CIRIÉ, C.; DELVAL, E.; MIALON, M. M.; VEISSIER, I. Image analysis to refine measurements of dairy cow behaviour from a real-time location system. **Biosystems Engineering**, v. 173, p. 32-44, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.08.019>.

- RUTTEN, C. J.; VELTHUIS, A. G. J.; STEENEVELD, W.; HOGEVEEN, H. Sensors to support health management on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 1928-1952, 2013. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2012-6107>.
- SILVA, S. R.; ARAUJO, J. P.; GUEDES, C.; SILVA, F.; ALMEIDA, M.; CERQUEIRA, J. L.; SALAMA, K. Precision technologies to address dairy cattle welfare: focus on lameness, mastitis and body condition. **Animals**, v. 11, n. 8, p. 2253-2270, 2021. DOI: <http://doi.org/10.3390/ani11082253>.
- SILVI, R.; PEREIRA, L. G. R.; PAIVA, C. A. V.; TOMICH, T. R.; TEIXEIRA, V. A.; SACRAMENTO, J. P.; FERREIRA, R. A. P.; COELHO, S. G.; MACHADO, F. S.; CAMPOS, M. M.; DÓREA, J. R. R. Adoption of precision technologies by Brazilian dairy farms: the farmer's perception. **Animals**, v. 11, n. 12, p. 3488, 2021. DOI: <http://doi.org/10.3390/ani11123488>.
- SORDI, V. F.; VAZ, S. C. M. Os principais desafios para a popularização de práticas inovadoras de agricultura inteligente. **Desenvolvimento em Questão**, v. 19, p. 204-217, 2021. DOI: <http://doi.org/10.21527/2237-6453.2021.54.204-217>.
- SOUZA, R. S.; RESENDE, M. F. S.; FERREIRA, L. C. A.; FERRAZ, R. S.; ARAÚJO, M. V. V.; BASTOS, C. V.; SILVEIRA, J. A. G.; MOREIRA, T. F.; MENESES, R. M.; CARVALHO, A. U.; LEME, F. O. P.; FACURY FILHO, E. J. Monitoring bovine tick fever on a dairy farm: An economic proposal for rational use of medications. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 5, p. 5643-5651, 2021. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2020-19504>.
- SPOLIANSKY, R.; EDAN, Y.; PARMET, Y.; HALACHMI, I. Development of automatic body condition scoring using a low-cost 3-dimensional Kinect camera. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 9, p. 7714-7725, 2016. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2015-10607>.
- STEENEVELD, W.; HOGEVEEN, H. Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 709-717, 2015. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2014-8595>.
- TEIXEIRA, V. A.; LANA, A. M. Q.; BRESOLIN, T.; TOMICH, T. R.; SOUZA, G. M.; FURLONG, J.; RODRIGUES, J. P. P.; COELHO, S. G.; GONÇALVES, L. C.; SILVEIRA, J. A. G.; FERREIRA, L. D.; FACURY FILHO, E. J.; CAMPOS, M. M.; DÓREA, J. R. R.; PEREIRA, L. G. R. Using rumination and activity data for early detection of anaplasmosis disease in dairy heifer calves. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 5, p. 4421-4433, 2022. DOI: <http://doi.org/10.3168/jds.2021-20952>.
- TIBSHIRANI, R.; WALTHER, G.; HASTIE, T. Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B, Statistical Methodology**, v. 63, n. 2, p. 411-423, 2001. DOI: <http://doi.org/10.1111/1467-9868.00293>.
- TZOUNIS, A.; KATSOULAS, N.; BARTZANAS, T.; KITTAS, C. Internet of things in agriculture, recent advances and future challenges. **Biosystems Engineering**, v. 164, p. 31-48, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biosystem-seng.2017.09.007>.