

Deteção de estro através de sistema de cochos e bebedouros eletrônicos em novilhas leiteiras¹

Ana Keren do Carmo Ribeiro², Frederico Correia Cairo³, Bianca Souza Ferreira Albuquerque², Gabrielle Oliveira Soares², Vanessa Cominato², Bárbara Pirone Pereira⁴, Raquel Queiroz da Paixão⁴, Fernanda Samarini Machado⁵, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira⁵, Thierry Ribeiro Tomich⁵, Mariana Magalhães Campos^{5,6}

¹O presente trabalho foi realizado com o apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. Parte da tese de mestrado do segundo autor

²Graduanda em Medicina Veterinária – UFJF. Bolsista PIBIC CNPq.

³Departamento de Zootecnia, UESB, Itapetinga – BA.

⁴Graduanda em Zootecnia – IFSudeste MG. Bolsista PIBIC CNPq

⁵Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora – MG.

⁶Orientador

Resumo: O aumento da atividade das fêmeas bovinas durante o período de estro é responsável pela diminuição do consumo alimentar desses animais. Cochos e bebedouros eletrônicos são capazes de registrar essa variação, entretanto não geram alertas de estro. O objetivo deste estudo foi determinar a eficiência de detecção e detecção antecipada (6 e 12 h de antecedência) do estro por modelos baseados em regressão logística envolvendo *Machine Learning*, utilizando dados de comportamento e ingestão alimentar e/ou hídrica, gerados por cochos e bebedouros eletrônicos. Foram utilizados dados de dois ensaios experimentais entre 2015 e 2016 com novilhas Holandês-Gir. Todos os modelos de detecção (0 a -24h e 0 a -174h) analisados com e sem a variável de consumo de alimentos foram precisos e acurados. A detecção antecipada do estro com 6 e 12 h de antecedência reduziu a acurácia, a sensibilidade e especificidade dos modelos avaliados. É possível identificar o estro de novilhas leiteiras com base em dados de ingestão e comportamento alimentar/hídrico obtidos em cochos e bebedouros eletrônicos. A detecção do estro pode ser realizada com base nos dados obtidos nas 24 h que antecedem o estro e a exclusão de dados de consumo e utilização somente de dados de comportamento alimentar/hídrico garantiram detecção do estro de maneira acurada e precisa.

Palavras-chave: detecção, *machine learning*, *randon forest*, regressão logística

Estrus detection through electronic feed bin and water bin in dairy heifers

Abstract: The increase in the activity of bovine females during the estrus period is responsible for the decrease in the food consumption of these animals. electronic feeding station are capable of recording this variation, however they do not generate estrus alerts. The objective of this study was to determine the efficiency of detection and early detection (6 and 12 h in advance) of estrus by models based on logistic regression involving *Machine Learning*, based on data on behavior and feed and / or water intake, generated by troughs and electronic feed bins, from data from two experimental trials between 2015 and 2016 with Holstein-Gir heifers. All detection models (0 to -24h and 0 to -174h) analyzed with and without the food consumption variable were precise and accurate. Early detection of estrus 6 and 12 h in advance reduced the accuracy, sensitivity and specificity of the models evaluated. It is possible to identify the estrus of dairy heifers based on data of ingestion and feeding / water behavior obtained in troughs and electronic drinkers. The detection of estrus can be

carried out based on the data obtained in the 24 h preceding estrus and the exclusion of intake data and the use of only feed / water behavior data guaranteed accurate and precise detection.

Keywords: detection, *machine learning*, *random forest*, logistic regression

Introdução

O gerenciamento eficiente da reprodução animal nos últimos anos tem sido responsável pelo aumento da produtividade na pecuária leiteira (Diskin e Sreenan, 2000). Para a manutenção desse panorama, a identificação do estro é um dos principais fatores que necessita de atenção, a fim de aumentar, ainda mais, a eficiência reprodutiva do rebanho (Röttgen et al., 2018). A busca pelo momento ideal de inseminação desencadeou o desenvolvimento de dispositivos automáticos de detecção de estro (Rottgen et al., 2018). As tecnologias de precisão que permitem o monitoramento contínuo do comportamento dos animais são potenciais alternativas para melhorar os índices reprodutivos nas propriedades leiteiras (Polsky et al., 2017).

Os objetivos deste estudo foram determinar a eficiência de detecção e detecção antecipada (6 e 12 h de antecedência) do estro por modelos baseados em regressão logística envolvendo *Machine Learning*, baseado nos dados de comportamento e ingestão alimentar e/ou hídrica, gerados por cochos e bebedouros eletrônicos.

Material e Métodos

O estudo foi realizado com base nos dados de dois ensaios experimentais aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Gado de Leite, sob protocolos número 21/2014 e 3403210316. Os dados do ensaio 1 foram obtidos entre dezembro de 2014 e julho de 2015 e do ensaio 2 entre maio de 2016 e agosto de 2016.

O estudo foi realizado no Campo Experimental José Henrique Bruschi da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil. Foram avaliados o consumo e o comportamento de ingestão de alimentos e de água, e da manifestação de estro com novilhas mestiças Holandês x Gir. Apenas dados de novilhas que tiveram a observação visual do estro detectado por observador experiente ($n = 57$) foram incluídos na análise. O primeiro ensaio foi conduzido com 26 novilhas 5/8 Holandês/Gir, com $11,4 \pm 0,20$ meses e o segundo ensaio com 31 novilhas F1 Holandês/Gir, com $17,69 \pm 0,93$ meses.

As novilhas foram alojadas em dois piquetes coletivos com seis cochos eletrônicos e um bebedouro eletrônico Intergado® (Cochos - AF 1000 JUNIOR/ Bebedouros - Modelo WD 1000; Intergado®; Betim, Minas Gerais, Brasil) por piquete em ambos os ensaios, as novilhas receberam dieta total (TMR) duas vezes ao dia (9h e 15h), composta por silagem de milho e concentrado (relações 70:30 no ensaio 1 e 75:25 no ensaio 2). Todas as novilhas receberam brinco auricular com transponder eletrônico (TAG) (FDX - ISO 11784/11785; Allflex; Joinville, SC, Brasil), que permitiu o registro individual de consumo diário de TMR e de água pelo sistema eletrônico Intergado®.

Os dados de consumo e comportamento de ingestão de água e alimento foram coletados diretamente do software Intergado®. Duas séries temporais de 7 dias foram coletadas, sendo que uma das séries foi constituída por 7 dias consecutivos que antecedem o evento do estro (ESTRO), e a outra série temporal por 7 dias consecutivos após o dia do estro que resultaram em evento de não estro (NÃO-ESTRO). Todos os animais no conjunto de dados possuíam uma série temporal ESTRO e uma de NÃO-ESTRO. Com o intuito de desenvolver modelos capazes de detecção antecipada do ESTRO com horas de antecedência, as séries temporais

foram fracionadas em intervalos de 6 horas. Para cada intervalo de 6 horas o total de consumo de alimento (CA, kg de Matéria Natural), número de visitas no cocho de alimento (VC), número de visitas no bebedouro (VA), tempo gasto consumindo alimento (TC) e tempo gasto bebendo água (TB) foram computados. Dessa maneira, as séries temporais ficaram com 28 observações (intervalos de 6 horas durante 7 dias), partindo do tempo (t) = -174 horas (horas antecedente ao estro) até a t = 0 (hora em que o estro foi detectado).

As análises foram feitas utilizando o programa estatístico SAS (procedimento MIXED do SAS versão 9.3; SAS Institute, Inc., Cary, NC). Os modelos de detecção e detecção antecipada do estro foram estabelecidos utilizando três abordagens preditivas: Regressão Logística (RL); *Artificial Neural Network* (ANN); e *Random Forest* (RF). Para as abordagens preditivas, 12 conjuntos de covariáveis (Set) foram construídos para abordar os principais objetivos deste estudo. Conjuntos de covariáveis: Set 1) variáveis de consumo e comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal a partir do tempo (t) = 0 a -174 h; Set; 2) variáveis de consumo e comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal t = -6 a -174 h; Set 3) variáveis de consumo e comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal t = -12 até -174 h; Set 4) utilização somente de variáveis de comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal t = 0 a -174 h; Set 5) utilização somente de variáveis de comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal t = -6 a -174 h; Set 6) utilização somente de variáveis de comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal t = -12 a -174 h; Set 7) variáveis de consumo e comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal t = 0 a -24h; Set 8) variáveis de consumo e comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal t = -6 a -24h; Set 9) variáveis de consumo e comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal t = -12 a -24h; Set 10) utilização somente de variáveis de comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal t = 0 a -24); Set 11) utilização somente de variáveis de comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal t = -6 a -24); Set 12) utilização somente de variáveis de comportamento alimentar/hídrico utilizando série temporal de t = -12 a -24. Todas as variáveis utilizadas neste estudo foram compiladas em intervalos de 6 horas.

Resultados e Discussão

As variações de consumo e comportamento alimentar obtidas nos cochos e bebedouros eletrônicos confirmam a hipótese - cochos e bebedouros eletrônicos permitem identificar as variações no consumo e comportamento alimentar causadas pelo estro em novilhas leiteiras e indicam a possibilidade de utilização dessas variáveis para detecção e detecção antecipada de estro em novilhas leiteiras. Os modelos envolvendo ANN e RF apresentaram sensibilidade, especificidade e acurácia satisfatórias (> 90%) na detecção de estro usando a série temporal de -174h. Foram consideradas detecções satisfatórias para o presente estudo os modelos que atingiram acurácia e valores de sensibilidade e especificidade superiores a 90%. Para detecção antecipada com 6 ou 12 horas de antecedência, valores de acurácia superiores a 80% foram determinados como limite mínimo para garantir uma detecção promissora. ANN e RF apresentaram valores elevados e próximos de sensibilidade, especificidade e acurácia (Set 1: 100, 92.0 e 95.9% para ANN e 100, 93.2 e 96.5% para RF, respectivamente). Para detecção antecipada do estro (-6 e -12 h), os modelos apresentaram desempenho inferior aos de detecção (0 h). Para ANN, os modelos preditivos com 6 h de antecedência que se destacaram foram os sets 2, 8 e 11 que atingiram acurácias de 82.0, 88.4 e 82.1%, respectivamente. Para os modelos de RF, todos os sets (2, 5, 8 e 11) preditivos -6 e -12h (set 12) atingiram desempenho satisfatório de acurácia (84.3, 80.9, 81.0, 80.9 e 80.3% respectivamente). Na RL, apenas o modelo de detecção do estro -6h (Set 11) conseguiu atingir 80% de acurácia, limite mínimo considerado no presente trabalho para classificar como

promissora a possibilidade de detectar com antecedência o estro. Esses resultados confirmam parcialmente a hipótese - modelos desenvolvidos por ANN, RF e RL são capazes de detectar com antecedência (com 6 ou 12 h de antecedência) e detectar o estro de novilhas leiteiras com base nas variáveis geradas por cochos e bebedouros eletrônicos. Os modelos de ANN e RF para detecção de estro utilizando a série temporal de 24 horas antes do estro também apresentaram valores de sensibilidade, especificidade e acurácia superiores ou próximos a 90% (Set 7: 100, 93.2 e 96.5% para ANN e 98.8, 89.8 e 94.2% para RF respectivamente), o que confirma a hipótese de que -dados de séries temporais de 24 horas são suficientes para detecção e predição do estro, não sendo necessário a utilização de dados de uma semana (174 h). Todos os modelos de detecção (0 a -24h e 0 a -174h) analisados, com e sem a variável de consumo alimentar, apresentaram pouca variação de sensibilidade, especificidade e acurácia, o que confirma a hipótese - é possível detectar e detectar com antecedência o estro somente com dados de comportamento alimentar, não sendo necessário os dados de consumo alimentar, variável que geralmente é mais cara e difícil de ser obtida. Embora os modelos de *Machine Learning* e Regressão logística não forneçam necessariamente a explicação biológica para a relação entre variáveis de detecção (consumo e comportamento alimentar/hídrico) e resposta (estro), o reconhecimento de padrões e as capacidades de detecção e detecção antecipada são fatores-chave para conduzir análises de conjuntos de dados de forma precisa (Dórea et al., 2018).

Conclusões

É possível identificar o estro de novilhas leiteiras com base em dados de ingestão e comportamento alimentar/hídrico obtidos em cochos e bebedouros eletrônicos. A detecção do estro pode ser realizada com base nos dados obtidos nas 24 h que antecedem o estro e a exclusão de dados de consumo e utilização somente de dados de comportamento alimentar/hídrico garantiram detecção acurada e precisa.

Agradecimentos

Agradeço a minha orientadora Mariana Magalhães Campos, pela oportunidade de desenvolver mais um ano de trabalho, ao Thierry Tomich pela co-orientação e ao Frederico Correia Cairo por disponibilizar parte de seu projeto para o resumo.

Referências

- DISKIN, M. G.; SREENAN, J. M. **Expression and detection of oestrus in cattle.** *Reproduction Nutrition Development*, v.40, n. 5, p.481–491, 2000.
- DÓREA, J. R. R., ROSA, G. J. M., WELD, K. A., & ARMENTANO, L. E. **Mining data from milk infrared spectroscopy to improve feed intake predictions in lactating dairy cows.** *Journal of Dairy Science*, 1–12, 2018.
- POLSKY, L. B., MADUREIRA, A. M. L., FILHO, E. L. D., SORIANO, S., SICA, A. F., VASCONCELOS, J. L. M., & CERRI, R. L. A. **Association between ambiente temperature and humidity, vaginal temperature, and automatic activity monitoring on induced estrus in lactating cows.** *Journal of Dairy Science*, 100(10), 8590–8601, 2017.
- RÖTTGEN, V., BECKER, F., TUCHSCHERER, A., WRENZYCKI, C., DÜPJAN, S., SCHÖN, P. C., & PUPPE, B. **Vocalization as an indicator of estrus climax in Holstein heifers during natural estrus and superovulation.** *Journal of Dairy Science*, (1), 2383– 2394 2018.