

APLICAÇÃO DA LÓGICA NEBULOSA NA SIMULAÇÃO DE ESTRO DE VACAS LEITEIRAS

Rodrigo Couto Santos¹
Irenilza de Alencar Nããs²
Fernando Ricardo Moreira³
Raimundo Rodrigues Gomes Filho⁴

RESUMO: A carência existente no setor da pecuária leiteira brasileira, tanto de aumentar a produtividade, quanto de diminuir os custos de produção, tem induzido os produtores a buscarem novos conhecimentos. Desta forma, as relações entre fatores ambientais e respostas fisiológicas do gado leiteiro são de extrema importância durante o processo produtivo. Se a exposição climática pode influenciar no ciclo estral do bovino leiteiro, então qualquer informação que facilite a identificação correta do cio é de grande valia, pois significa diminuição do trabalho e aumento do número de inseminações com sucesso, possuindo assim, valor econômico significativo. O objetivo desta pesquisa foi o desenvolvimento de um modelo utilizando a lógica *fuzzy* para estimar a presença de cio. Foram utilizadas informações pertinentes a gado holandês alojados em confinamento total com intervalos de idade, peso e produção pré-definidos. Serviram como variáveis de entrada o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), período após último cio (PAUC) e número de indícios de estro (NCO). Como variável de saída foi considerada a Taxa de Detecção de Cio (TDC). Após o término deste trabalho, concluiu-se que é possível a construção de um modelo baseado na lógica *fuzzy* e dados de ambiência, além de informações fornecidas por especialista, que estime a taxa de detecção de cio.

PALAVRAS-CHAVE: ambiência, estro bovino, lógica *fuzzy*.

APPLICATION IN THE FUZZY LOGIC TO SIMULATE OF DAIRY COWS ESTRUS

ABSTRACT: The existing gap in the Brazilian dairy sector for both increase in productivity, and decrease in production costs has induced producers to search for new knowledge. In this way the relation between environmental factors and dairy cattle physiological responses are of extreme importance during the production process. If the climatic exposition may influence the dairy cows estrus cycle then any information that improve the correct estrus identification is of great value, as it means decrease in losses and increase in success in the process, and meaning significant economical gain. This research as the development of a model using fuzzy logic for estimating estrus presence. Information pertinent to totally confined Holstein dairy cattle was used such as age interval, weight and pre-defined milk production. Input variables used were the Temperature and Humidity Index (THI), period since last estrus (PSLE) and the number of estrus signals (NES). As output variable there was the estrus detection index (EDI). After this research it was concluded that it was

¹ Engenheiro Agrícola, UFG - Jataí, E-mail: rodrigoambiencia@gmail.com

² Engenheiro Civil, Feagri - Unicamp, E-mail: irenilza@agr.unicamp.br

³ Matemático, UFG - Jataí, E-mail: moreirafrmat@hotmail.com

⁴ Agrônomo, UFG - Jataí, E-mail: rrgomesfilho@hotmail.com

possible the construction of a model based on fuzzy logic and using environmental data, besides the specialist information that helps detecting estrus.

KEY-WORDS: environment, bovine estrus, fuzzy logic.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da concorrência e exigência cada vez maior dos consumidores, os produtores têm investido cada vez mais em tecnologia, com a finalidade de atender a demanda de mercado. Assim, o conhecimento sobre as relações entre fatores ambientais e respostas fisiológicas do gado leiteiro é de extrema importância durante o processo produtivo, pois pode refletir diretamente na quantidade e qualidade do produto final. Informações como a época correta de ocorrência do estro não deve ser analisada como uma variável absoluta, já que fatores como temperatura, umidade e ventilação influenciam nas reações fisiológicas do animal. Além das influências ambientais, muitos insucessos em programas de inseminação também se devem às falhas na observação do cio.

Com base neste cenário, é grande o número de pesquisas que propõem a utilização da informática para a otimização na criação bovina, entre elas o desenvolvimento de sistemas especialistas que auxiliem na tomada de decisão. Atualmente, a lógica *fuzzy* é a forma de modelagem matemática mais adotada para o desenvolvimento destes sistemas especialistas, principalmente por ser de fácil manuseio e proporcionar resultados de fácil interpretação (MALTZ et al. (2005) e SANTOS et al. (2006)).

2. OBJETIVO

Esta pesquisa teve como objetivo simular a possibilidade de presença de estro em vacas leiteiras, utilizando para isto um índice de conforto térmico e modelos multivariáveis dentro da lógica *fuzzy*.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a construção do modelo matemático de interesse, foi utilizado o programa MATLAB R2006a® (2006), o qual permitiu trabalhar com a teoria dos conjuntos *fuzzy*.

De acordo com SILVA (2000) existem vários índices de conforto, que englobam a temperatura ambiental e umidade relativa do ar, destacando-se entre eles o índice de temperatura e umidade (ITU). Segundo BUFFINGTON et al. (1981) sob condições em que os níveis de radiação solar ou velocidade do vento são moderados, este índice é bastante eficiente na avaliação da eficiência reprodutiva. Assim, nesta pesquisa optou-se por utilizar o ITU na construção do modelo.

Segundo NIENABER et al. (2004), os valores recomendados para cada intervalo de ITU são: Normal valores de ITU menores ou igual a 74; Alerta valores entre 75 e 78; Perigo entre 79 a 83 e Emergência valores igual ou superiores a 84. Assim, o domínio dessa função ficou compreendido entre 35 e 110 e os termos lingüísticos como se segue:

IDEAL: [35, 35, 70, 75]
 ALERTA: [74, 75, 78, 79]
 PERIGO: [78, 79, 82, 83]
 EMERGENCIA: [82, 87, 110, 110]

Segundo LEITE (2001), o período do cio em vacas não prenhas é cíclico, podendo ocorrer a cada 18 a 23 dias. Porém o mais comum é que aconteça sempre no 21º dia. Desta forma, a variável linguística período após o último cio (PAUC) teve seus termos linguísticos representados como se segue:

CURTO: [13, 13, 15, 19]
 NORMAL: [18, 20.5, 21.5, 23]
 LONGO: [22, 26, 28, 28]

Para CARDOSO (2002), o gado leiteiro pode apresentar até 10 indícios específicos que identificam a ocorrência do cio. Destacam-se o fato de aceitar a monta, como principal característica, redução do apetite e produção de leite, entre outros. Baseado em informações de campo e opinião de especialista foi possível dividir esta variável linguística em três termos linguísticos como se segue:

POUCO: [1, 1, 3, 4]
 NORMAL: [3, 4, 5, 6]
 IDEAL: [5, 6, 10, 10]

A classificação da taxa de detecção de cio (TDC) foi realizada por um especialista em reprodução bovina levando-se em conta a análise individual de cada situação e sua experiência na área. Neste caso o domínio da função seguiu o padrão de FIRK et al. (2003) sendo restrito entre 0 e 1, onde valores próximos a zero (0) significam baixíssima possibilidade do animal entrar em cio e valores próximos a um (1) indicam altíssima possibilidade de ocorrência de estro. De uma forma geral, como KASTELIC (2001) considera boa uma taxa de detecção de cio superior a 70% e HANSEN (2003) que afirma ser quase impossível, mesmo para um tratador experiente detectar a presença de cio em mais de 80% das vacas de um rebanho, o termo linguístico TDC ficou assim dividido:

MUITO-BAIXA: [0, 0, 0.20, 0.30]
 BAIXA: [0.25, 0.30, 0.40, 0.45]
 MÉDIA: [0.40, 0.45, 0.55, 0.60]
 ALTA: [0.55, 0.60, 0.70, 0.75]
 MUITO-ALTA: [0.70, 0.80, 1, 1]

O método de inferência utilizado para relacionar as variáveis de entrada com a de saída foi o Mandani. A “defuzzificação” foi realizada pelo método do centro de gravidade, conforme sugerem AMENDOLA e SOUZA (2004). Para todas as variáveis linguísticas de entrada e também a de saída, a função de pertinência que melhor se enquadrou foi a trapezoidal.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo LEE (1996) e LEAKE (1996), a descrição de um problema é feita através de atribuições de características que descrevam este fato de entrada, gerando uma situação de saída. Baseado nesta afirmação, para este trabalho optou-

se em representar valores de ITU, PAUC e NCO na forma de base de regras ativadas e simular situações que envolvessem valores ideais, gerando assim um cenário onde a variável de saída TDC pudesse ser valorada.

Assim, um ITU igual a 70 foi considerado como sendo o ideal, segundo sugestão de VERWOERD et al. (2006), MARTELLO (2006), NIENABER (2004). No caso de vacas que não estão sofrendo estresse térmico ou qualquer outro tipo de disfunção, de acordo com LEITE (2001) e VANZIN (2006) o dia mais provável para que este animal entre no cio é o 21º dia. Por este motivo, assumiu-se este dia como sendo o ideal de ocorrência de estro. E visto o experimento de CARDOSO (2002), que relata 10 indícios de que uma vaca vai entrar no cio e a experiência do especialista que afirma que a observação de 6 indícios ou mais é tecnicamente excelente para caracterização de uma situação de estro, considerou-se este valor como sendo uma situação ideal.

A Figura 1 ilustra a base de regras ativada para situações hipoteticamente ideais.

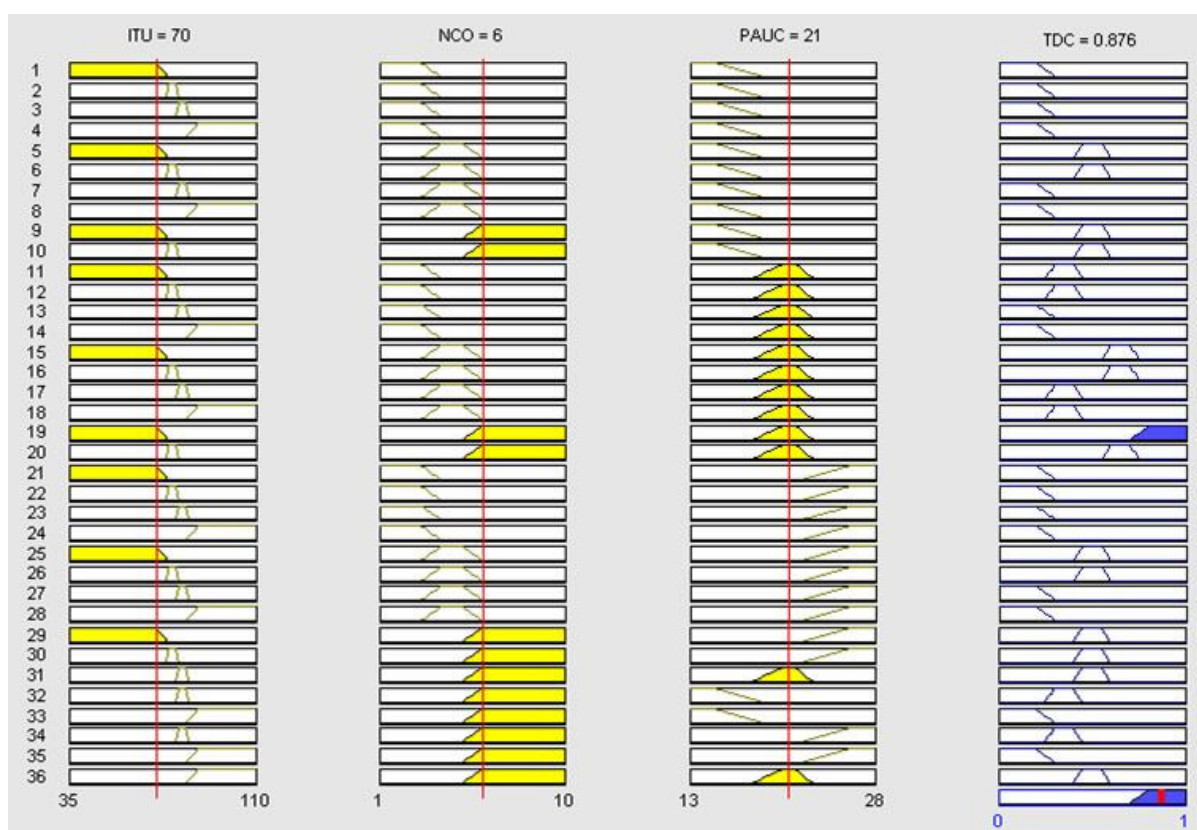


Figura 1. Base de regras ativada para valores ideais.

Analisando a Figura 2, em que ITU, PAUC e NCO assumem valores ideais, a variável de saída TDC resulta em um valor de 0,876, o que representa a possibilidade de 87,6% de segurança na resposta referente ao fato de uma vaca entrar no cio diante das condições padrão. Considerando a afirmação de KASTELIC (2001), onde 70% pode ser considerado um bom grau de acerto na detecção de cio, uma simulação onde a taxa de detecção chega aos 87,6% sugere um excelente resultado. Observando-se a variável lingüística TDC, o valor encontrado, neste caso, pode ser enquadrado no termo lingüístico “MUITO-ALTA”.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados encontrados no presente experimento, foi possível a construção de um modelo baseado na lógica *fuzzy* e dados de ambiência, além de informações fornecidas por especialista, que estime a taxa de detecção de cio.

Para a simulação realizada com o modelo proposto, considerando valores ideais de índice de temperatura e umidade (ITU), período após o último cio (PAUC) e número de comportamentos observados (NCO), a variável lingüística de saída taxa de detecção de cio (TDC) apresentou valor muito alto, o que sugere grande eficiência do modelo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMÊNDOLA, M.; SOUZA, A. **Manual do uso da teoria dos conjuntos *Fuzzy* no Matlab 6.5**. Campinas: CPG/FEAGRI/ UNICAMP. 2004. 30p.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO- AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D., Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- CARDOSO, D. L. **Métodos de Detecção de Cio em Bovinos**. 63p. Monografia - Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2002.
- FIRK, R.; STAMER, E. J.; W., KRIETER, J. Improving oestrus detection by combination of activity measurements with information about previous oestrus cases. **Livestock Production Science**. n. 82. p.97-103, 2003.
- HANSEN, D. **Vantagens e limitações da biotecnologias de reprodução animal**. Lagoa da Serra Ltda. 2003.
- KASTELIC, J. P. Computerized Heat Detection. **Advances in Dairy Technology**. Canada. v.13, p.393-402, 2001.
- LEAKE, D. **CBR in context: the present and future**. In: Case-Based Reasoning Experience, Lessons & Future Directions. Cambridge, AAI Press, MIT Press, 1996.
- LEE, L.G.L. Application of case-based reasoning to customer service. In: 3rd World Congress on Expert Systems. **Proceedings**. p.1143-1149, 1996.
- LEITE, T. E. Eficiência Produtiva e Reprodutiva em Vacas Leiteiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol. 31, n. 3, maio, 2001.
- MALTZ, E.; EDAN, Y.; HALACHMI, I.; MORAG, I. **Decision Support Systems for the Dairy Farm**. Disponível em < <http://www.agri.gov.il/AGEN/Reports/DSS-Dairy.html>>. Acesso em 10 abril 2005.

- MARTELLO, L. S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall**. 111p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Universidade de São Paulo, Pirassununga - SP. 2006.
- MATLAB R2006a®. The Mathworks Inc. 2006. 03 Apple Hill Drive. Natick, MA 01760-2098. Disponível em <<http://www.mathworks.com>> Acesso em 13 jun. 2006.
- NIENABER, J.A.; HAHN, G. L.; EIGENBERG, R.A. Engineering and Management Practices to Ameliorate Livestock Heat Stress. **In:** International Symposium of the CIGR - New Trends in Farm Buildings, 2nd Technical Section. Book of abstracts. CD-ROM... Congresso Évora, Portugal. May 02 – 06/2004.
- PINEDA, N. A pesquisa Mostra o Caminho de Precocidade no Gado Zebu. **Informativo ABCZ**, Uberaba - MG, Agosto 2001, n. 149.
- SANTOS, R. C.; NÄÄS, I. A.; YANAGI Jr., T.; FERREIRA, L. Estimativa de estro em vacas criadas em confinamento em função de variáveis climáticas. **In:** XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. João Pessoa - PB, 2006. **CD Room...** 2006.
- SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- VANZIN, I. M. **Inseminação Artificial e Manejo Reprodutivo de Bovinos**. Disponível em <<http://www.inseminacaoartificial.com.br>>. Acesso em 12 out. 2006
- VERWOERD, W.; WELLBY, M.; BARRELL, G. Absence of a causal relationship between environmental and body temperature in dairy cows (*Bos taurus*) under moderate climatic conditions. **Journal of Thermal Biology**. n. 31, p. 533–540, 2006.