

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PARA ESTIMATIVA DO ESTRO DE GADO LEITEIRO USANDO LÓGICA FUZZY

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR ESTIMATED TO ESTRO OF DAIRY CATTLE USING FUZZY LOGIC

RODRIGO COUTO SANTOS¹
IRENILZA DE ALENCAR NÄÄS²
MARCELO RICARDO LABIGALINI³

RESUMO

A ambiência é uma ferramenta que vem ao encontro das necessidades dos produtores, por reunir os conhecimentos necessários sobre produção animal e avaliação ambiental, principalmente através dos índices de conforto. É também através desta ciência que passa a ser possível se propor opções de observação de todo manejo da produção, com base na interação animal/ambiente, por meio de seus indícios fisiológicos e comportamentais. 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. Assim, informações como a época correta de ocorrência do estro não deve ser analisada como uma variável absoluta, já que fatores ambientais, sistema de criação e tipologia das instalações influenciam nas reações fisiológicas do animal. O objetivo desse trabalho foi descrever um modelo multivariável com a utilização da lógica *fuzzy* que estimasse o cio de vacas leiteiras. 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). Foi possível concluir que, em situação de ITU elevado, o modelo baseado na lógica *fuzzy* estimou com alto grau de exatidão, a possibilidade de uma vaca estar entrando na fase de estro.

Palavras-Chaves: Estro, Lógica *fuzzy*, Gado Leiteiro.

¹Engº Agrícola, Prof. Doutor, UNIVAS, Pouso Alegre-MG, Fone: (0xx35)3295-4941. rodrigo.univas@gmail.com.br

² Eng^A. Civil, Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, FEAGRI / UNICAMP, Campinas – SP.

³ Engº Agrônomo, Graduado pelo Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado – CESEP, Machado – MG.

ABSTRACT

The environmental animal it is a tool that comes from meeting the needs on producers by gathering the required knowledge about animal production and environmental assessment, mainly through indexes of comfort. It is also through this science that is now possible to propose options for observation around management of the production based on interaction animal/environment through their evidence physiological and behaviors. A shortage in the sector of dairy livestock Brazilian, both to increase the productivity as to reduce production costs, has led producers to seek new knowledge. Thus, the relationship between environmental factors and physiological responses of dairy cattle are very important during the production process. Thus, information such as the time of occurrence of estrus right should not be analyzed as a variable absolute, since environmental factors, system of creation and types of facilities in influencing physiological reactions of animal. This research had the objective to describe a model with multiple use of fuzzy logic for predicting the estrus of dairy cows. There was used relevant information related to Holstein dairy cattle housed in total confinement with distinct ranges of age, weight and production pre-defined. Served as input variables of the Index of Temperature and Humidity (ITU), after last period rutting (PAUC) and number of signs of estrus (NCO). As output variable was the rate of estrus detection (TDC). It was possible to conclude that in conditions of high Index of Temperature and Humidity (ITU) the model based on fuzzy logic estimated with a high degree of accuracy the possibility of a cow present estrus.

Keywords: Estrus, *Fuzzy Logic*, Dairy Cattle.

INTRODUÇÃO

De acordo com LABIGALINI (2007), além dos progressos alcançados com os estudos em ambiência, a zootecnia de precisão agrega valores e conhecimentos dentro da área dos estudos zootécnicos, fazendo com que, grande parte dos estudos desenvolvidos hoje em dia, possa no futuro vir a campo, facilitar a vida do produtor e do trabalhador rural (que queiram melhorar seus produtos), respeitando os limites de produção dos animais, e também o meio ambiente. Assim, a utilização de equipamentos que expressem os níveis de movimentação animal, como o pedômetro, as análises de comportamento através de câmeras e outros tipos de sensores, a ordenha automatizada e a utilização de softwares gerenciais visando um melhor controle do manejo, entre outros, atualmente são consideradas soluções interessantes, pois aliam um manejo mais eficiente a uma medição mais exata dos níveis de estresse e bem-estar dos animais. As relações entre fatores ambientais e as respostas fisiológicas do gado leiteiro são de extrema importância durante o processo produtivo, pois podem refletir diretamente na quantidade e qualidade do produto final.

Um dos fatores ambientais que está

intimamente ligado ao desempenho bovino leiteiro é a variação térmica ambiental. ALBRIGHT (1990) afirmou que aumentos da temperatura do ar podem causar estresse animal, levando em certos casos até a morte. Assim, segundo BAËTA e SOUZA (1997), a melhor forma de minimizar estes efeitos negativos é a adaptação destes animais ao ambiente em que estão expostos, mantendo desta forma seus níveis de produção e taxa reprodutiva. Porém, ao se adaptar ao clima tropical, o gado leiteiro proveniente de regiões de climas temperados sofre mudanças fisiológicas, como variações em suas características reprodutivas. Se a exposição a altas temperaturas exerce influência direta no desempenho reprodutivo do animal, podendo causar mudanças em seu ciclo estral, então qualquer informação que facilite a identificação correta do cio do gado leiteiro exposto ao clima tropical é de grande valia, pois significa diminuição do trabalho e aumento do número de inseminações com sucesso, possuindo assim, valor econômico significativo.

Desta forma, é importante que o gado leiteiro exposto às condições climáticas brasileiras seja analisado por especialistas na

área, a fim de identificar com maior exatidão o melhor período para inseminar. Como a presença constante deste detentor de conhecimentos nem sempre é possível, a sua substituição em momentos de ausência, por sistemas informatizados de auxílio à tomada de decisões, passa a ser uma saída interessante durante todo o processo produtivo.

O objetivo desse trabalho foi buscar minimizar o erro na estimativa de estro em bovino leiteiro, sem que fosse necessária a utilização de sincronização natural ou induzida, descrevendo um modelo multivariável com a utilização de recursos computacionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Com o objetivo de se estimar a possibilidade de uma vaca entrar ou não no cio, este trabalho analisou como as variáveis independentes, período entre estros, número de indícios de estro observados, e o índice de temperatura e umidade (ITU) influenciam na variável dependente, aqui denominada taxa de detecção de cio (TDC), para vacas holandesas criadas em sistema de confinamento total.

Visando atender a este objetivo, utilizou-se como ferramenta a teoria dos conjunto *fuzzy* pois, de acordo com MALTZ et al. (2005) e SANTOS (2006), vários sistemas automatizados de suporte à decisão vêm sendo desenvolvidos utilizando como base a lógica *fuzzy*. Para a construção do modelo matemático de interesse, foi utilizado o programa MATLAB R2006a®. Para o cenário proposto, as variáveis lingüísticas de entrada foram o índice de temperatura e umidade (ITU), o período após o último cio (PAUC) e o número de comportamentos observados (NCO). Já como variável de saída fixou-se a taxa de detecção de cio (TDC).

O método de inferência utilizado para relacionar estas variáveis com a variável de saída foi o Mandani, que combinou os graus de pertinência referentes a cada um dos valores de entrada, por meio do operador mínimo, e agregou às regras por meio do operador máximo, proporcionando a verificação das condições ambientais mais prováveis para que uma vaca entre no cio. A *defuzzificação* foi realizada pelo método do centro de gravidade, conforme sugeriram AMÊNDOLA e SOUZA (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se neste caso, o fato de que o computador pode realizar inferências e proporcionar conclusões específicas. Então nos moldes de um consultor humano, a utilização de um sistema especialista fornece avisos e explicações, e se necessário, leva à interpretação da lógica por traz do aviso (TURBAN e ARONSON, 2001).

Este trabalho baseou-se no controle *fuzzy*, considerando-se a premissa dita por PURUCKER et al. (2001) de que atualmente a lógica *fuzzy* é a forma de modelagem matemática que tem sido mais utilizada no desenvolvimento destes sistemas especialistas, principalmente por ser de fácil manuseio e proporcionar resultados de fácil interpretação. Nesta pesquisa, optou-se por assumir valores de “índice de temperatura e umidade (ITU)” próximos aos sugeridos por NIENABER (2004), mas levando em consideração as pesquisas de MATARAZZO (2004), VERWOERD et al. (2006) e MARTELLO (2006), o que fez com que houvesse uma sobreposição dos graus de pertinência nas extremidades de cada termo lingüístico. Assim, o domínio dessa função ficou compreendido entre 35 e 110. Os termos lingüísticos de entrada como se seguem: de 35 a 75 = ‘IDEAL’; de 74 a 79 = ‘ALERTA’; de 78 a 83 = ‘PERIGO’; e de 82 a 110 = ‘EMERGÊNCIA’.

A variável lingüística de entrada “período após o último cio (PAUC)”, teve seus termos lingüísticos representados como se segue: de 13 a 19 = ‘CURTO’; de 18 a 23 = ‘NORMAL’; e de 22 a 28 = ‘LONGO’. A variável lingüística de entrada “número de comportamentos observados (NCO)” assumiu um domínio de 1 a 10, segundo CARDOSO (2002) representando os possíveis indícios de que a vaca estaria entrando no cio, incluindo a observação por pedômetro. De uma forma geral, esta variável lingüística ficou assim dividida: de 1 a 4 = ‘POUCO’; de 3 a 6 = ‘NORMAL’; e de 5 a 10 = ‘IDEAL’. Para a representação gráfica das variáveis de entrada, a função de pertinência que mais se adequou aos intervalos foi a trapezoidal.

A próxima etapa foi traçar uma correlação entre as variáveis de entrada de forma que fosse possível verificar suas influências na variável de saída “taxa de detecção de cio (TDC)”. As regras

que relacionaram as variáveis de entrada com a variável de saída foram geradas com base no conhecimento específico do especialista, após incremento de informações revisadas da literatura. Desta forma, a relação entre as variáveis de entrada e de saída se deu com a utilização das preposições *fuzzy* de entrada: se(if); e (and), e de saída: então (then), que originou um controlador de lógica *fuzzy*.

O domínio deste intervalo seguiu o padrão de FIRK et al. (2003) sendo restrito entre 0 e 1, onde para o termo lingüístico de saída “taxa de detecção de cio (TDC)”. Valores próximos a zero (0) significam baixíssima possibilidade de o animal entrar em cio e valores próximos a um (1), altíssima possibilidade de ocorrência de estro. Desta forma, com o auxílio de um especialista em ambiência e reprodução bovina,

o termo lingüístico de saída TDC ficou assim dividido: de 0,00 a 0,30 = 'MUITO-BAIXA'; de 0,25 a 0,45 = 'BAIXA'; de 0,40 a 0,60 = 'MÉDIA'; de 0,55 a 0,75 = 'ALTA' e de 0,70 a 1,00 = 'MUITO-ALTA'. Estes intervalos seguiram as colocações de KASTELIC (2001) que considerou boa uma taxa de detecção de cio superior a 70% e HANSEN (2003) que afirmou ser quase impossível, mesmo para um tratador experiente, detectar a presença de cio em mais de 80% das vacas de um rebanho. No caso da variável de saída, a função de pertinência que mais se adequou aos intervalos também foi a trapezoidal.

A relação entre as variáveis independentes de entrada e a variável dependente de saída encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Base de regras da taxa de detecção de estro de vacas leiteiras em função do índice de temperatura e umidade (ITU), período após último cio (PAUC) e número de comportamentos observados (NCO)

PAUC ²	NCO ³	ITU ¹			
		IDEAL (35 - 75)	ALERTA (74 - 79)	PERIGO (78 - 83)	EMERGÊNCIA (82 - 110)
CURTO (13 - 19)	POUCO (1 - 4)	MUITO BAIXA (0 - 0,30)			
	NORMAL (5 - 6)	MÉDIA (0,40 - 0,60)	MÉDIA (0,40 - 0,60)	MUITO BAIXA (0 - 0,30)	MUITO BAIXA (0 - 0,30)
	IDEAL (5 - 10)	MÉDIA (0,40 - 0,60)	MÉDIA (0,40 - 0,60)	BAIXA (0,25 - 0,45)	MUITO BAIXA (0 - 0,30)
NORMAL (18 - 23)	POUCO (1 - 4)	BAIXA (0,25 - 0,45)	BAIXA (0,25 - 0,45)	MUITO BAIXA (0 - 0,30)	MUITO BAIXA (0 - 0,30)
	NORMAL (5 - 6)	ALTA (0,55 - 0,75)	ALTA (0,55 - 0,75)	BAIXA (0,25 - 0,45)	BAIXA (0,25 - 0,45)
	IDEAL (5 - 10)	MUITO ALTA (0,70 - 1)	ALTA (0,55 - 0,75)	MÉDIA (0,40 - 0,60)	MÉDIA (0,40 - 0,60)
LONGO (22 - 28)	POUCO (1 - 4)	MUITO BAIXA (0 - 0,30)			
	NORMAL (5 - 6)	MÉDIA (0,40 - 0,60)	MÉDIA (0,40 - 0,60)	MUITO BAIXA (0 - 0,30)	MUITO BAIXA (0 - 0,30)
	IDEAL (5 - 10)	MÉDIA (0,40 - 0,60)	MÉDIA (0,40 - 0,60)	BAIXA (0,25 - 0,45)	MUITO BAIXA (0 - 0,30)

1 – ITU (índice de temperatura e umidade) – para fins experimentais fixou-se um intervalo de 35 a 110 (adimensional).

2 – PAUC (período após o último cio) – para fins experimentais fixou-se um intervalo de 13 a 28 dias.

3 – NCO (número de comportamentos observados) – para fins experimentais fixou-se um intervalo de 1 a 10 indícios de estro.

Na simulação proposta, a base de regras foi ajustada para valores de entrada ideais. Desta forma, o índice de temperatura e umidade (ITU) assumiu valor igual a 70, segundo sugestão de VERWOERD et al. (2006) e MARTELLO (2006). No caso de vacas que não sofreram estresse térmico ou qualquer outro tipo de disfunção, segundo VANZIN (2006) o dia mais provável para que este animal entre no cio é 21º dia. 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 seis indícios ou mais é tecnicamente excelente para caracterização de uma situação de estro, considerou-se este valor como sendo uma situação ideal. Assim, entrando com estes valores no simulador de lógica *fuzzy*, pode-se chegar a uma base de regras ativada conforme mostra a Figura 1.

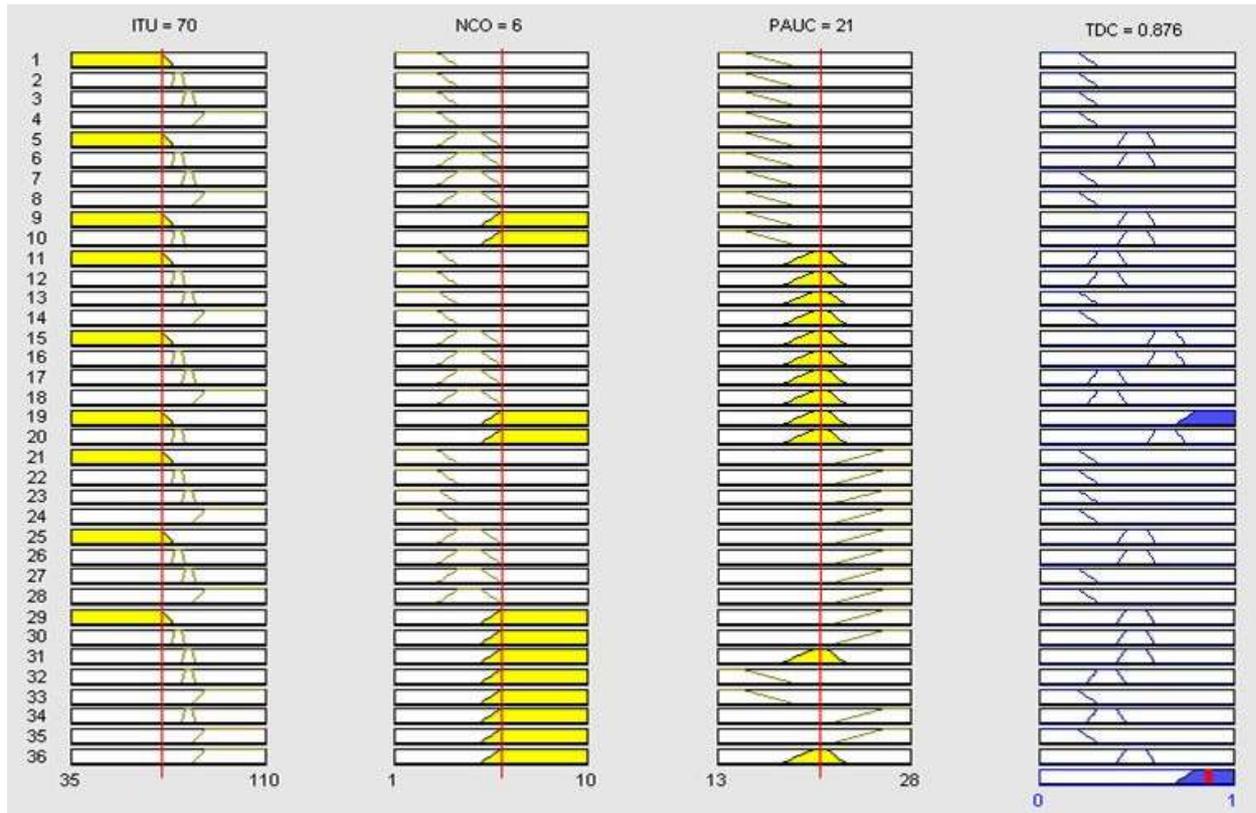


Figura 1. Base de regras ativada para valores ideais utilizando o método do centro de gravidade.

Analisando a Figura 1, 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 ideais. Considerando que 70% pode ser visto como um bom grau de acerto na detecção do estro, uma simulação onde a taxa chega aos 87,6%, sugere elevado grau de detecção do cio, visto que o valor encontrado para a variável lingüística TDC, pode ser enquadrada no termo lingüístico "MUITO-ALTA".

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados encontrados, para as condições do presente experimento, foi possível a construção de um modelo baseado na lógica *fuzzy*. Dados de ambiência e informações fornecidas por especialista,

estimaram a taxa de detecção de cio para o cenário proposto.

Recomenda-se o desenvolvimento de trabalhos futuros seguindo esta linha de pesquisa, onde se sugere a inclusão de novas variáveis de entrada, tais como velocidade do vento, produção de leite e o desenvolvimento de um novo modelo que simule não apenas a taxa de detecção de cio, mas também a taxa de concepção e taxa de prenhez.

REFERÊNCIAS

- ALBRIGHT, L. D. Environment control for animals and plants. *American Society of Agriculture Engineering*, St. Joseph, MI, n. 4, 1990. 453p.
- AMÊNDOLA, M.; SOUZA, A. *Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no Matlab 6.5*. In: III Ciclo de Palestras: Modelagem Matemática e

- Simulação Numérica para Suporte à Decisão em Sistemas da Engenharia Agrícola, 2004. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Elaboração de material para oficina de uso do MATLAB junto à área de zootecnia). Campinas: CPG/FEAGRI/ UNICAMP. 2004. 30p.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246p.
- CARDOSO, D. L. *Métodos de detecção de cio em bovinos*. Lavras, MG. 2002. 63p. Monografia - Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.
- 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*, Elsevier, v. 82, n. 1 p.97-103, 2003.
- DECUADRO-HANSEN, G. *Vantagens e limitações das biotecnologias de reprodução animal*. Sertãozinho – SP: Lagoa da Serra Ltda. 2003.
- KASTELIC, J. P. Computerized heat detection. *Advances in Dairy Technology*. Canada. v.13, p.393-402, 2001.
- LABIGALINI, M. R. *Ambiência animal e zootecnia de precisão na bovinocultura*. Machado, MG. 2007. 90p. Monografia – Faculdade de Engenharia Agrônômica. Centro Superior de Ensino e Pesquisa (CESEP), Machado – MG.
- 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 10/04/2005.
- MARTELLO, L. S. *Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em freestall*. 2006. 111p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Universidade de São Paulo, Pirassununga - SP.
- MATARAZZO, S. V. *Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo Freestall para vacas em lactação*. 2004. 143p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.
- MATLAB® R2006a. The Mathworks Inc. 2006. 03 Apple Hill Drive. Natick, MA 01760-2098. (on-line) 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.
- PURUCKER, S.; WENDL G.; SCHÖN, H. *Veränderung des tierund melkverhaltens beim automatischen melken im laktationsverlauf*, In: INTERNATIONALE TAGUNG, BAU, TECHNIK UND UMWELT IN DER LANDWIRTSCHAFTLICHE EN NUTZTIERHALTUNG, 5., 2001. Hohenheim. Tagungsband, p.242-246.
- SANTOS, R. C.; NÃÃS, I. A.; YANAGI Jr., T.; FERREIRA, L. *Estimativa de estro em vacas criadas em confinamento em função de variáveis climáticas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., João Pessoa - PB, 2006. CD Room... 2006.
- TURBAN, E., ARONSON, J.E. *Decision support systems and intelligent systems*. 6 ed. Hong Kong: Prentice International Hall, 2001.
- VANZIN, I. M. *Inseminação artificial e manejo reprodutivo de bovinos*. (on-line) Disponível em <www.inseminacaoartificial.com.br>. Acesso em 12/04/2006
- 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*, England, RU, n. 31, p. 533–540, 2006.