

## USO DA LÓGICA FUZZY PARA ESTUDO DA MORFOLOGIA DE CAVALOS UTILIZADOS EM PROPRIEDADES RURAIS

RODRIGO C. SANTOS<sup>1</sup>, ESDRAS T. COSTA<sup>2</sup>, RODRIGO A. JORDAN<sup>3</sup>, JOÃO G. M. DOS REIS<sup>4</sup>,  
SIVANILZA T. MACHADO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, Prof. Adjunto, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados-MS, Fone: (0xx67) 8190.8799, rodrigocouto@ufgd.edu.br

<sup>2</sup> Matemático, Faculdade de Matemática, UFG, Jataí-GO.

<sup>3</sup> Eng. Agrícola, Prof. Adjunto, FCA/UFGD, Dourados - MS

<sup>4</sup> Eng. Produção, PPGEP/UNIP, São Paulo-SP

<sup>5</sup> Doutoranda em Engenharia de Produção, PPGEP/UNIP, São Paulo-SP

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro - SP, Brasil

**RESUMO:** Além do conforto do andamento proporcionado por cavalos da raça Mangalarga Marchador, sua versatilidade, força e resistência se destacam, sendo assim um animal de excelentes características que o torna interessante para o uso em propriedades rurais. A caracterização morfométrica destes animais por meio de seu índice corporal como ferramenta da ambiência, ajuda qualificá-los para determinadas funções, uma vez que relaciona o comprimento do corpo com o perímetro torácico. As variáveis envolvidas neste processo são conhecidas e contínuas, enquanto que a classificação final não apresenta tal perfil. Os termos utilizados nesta classificação podem ser tratados como variáveis linguísticas de entrada que geram uma variável resposta de um sistema baseado em regras *fuzzy*. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi simular o índice corporal (IC) de um cavalo da raça Mangalarga Marchador baseado na lógica *fuzzy*, de maneira que o resultado coincidissem com o método tradicional, incluindo também pontos de sobreposição nas variáveis. Ao final da pesquisa o modelo proposto conseguiu realizar o trabalho de generalização do método tradicional conforme planejado, mostrando que a lógica *fuzzy* é uma ferramenta interessante para trabalhar este tipo de situação inclusive nos intervalos de incerteza que podem influenciar na variável resposta.

**PALAVRAS-CHAVE:** ambiência, simulação, índice corporal.

### FUZZY LOGIC OF USE FOR HORSES MORPHOLOGY STUDY USED IN RURAL PROPERTIES

**ABSTRACT:** The breed Mangalarga Marchador horse is highlighted to rural activities due its characteristics, such as versatility, strength and resistant to hard work. Horses' morphometric characteristics allows identifying the body index to measure the ambience using the body length and thoracic girth in order to conduce the animals to right tasks. This process involving continuous variables, however the final classification is not similar process. Classification process using terms as input linguistic variables to provide a variable response from system based on fuzzy rules. Thus, the present paper aims to simulate the horses' body index (IC) of the breed Mangalarga Marchador based on fuzzy logic, with proposed that results agree with traditional methods, as well as included variables shows points of the overlap. Results of the simulation process shows that proposed model responded positively to traditional methods. We conclude that fuzzy logic is an interesting tool to use in uncertainty situation that impact in variable response.

**KEYWORDS:** environment, simulation, corporal index.

**INTRODUÇÃO:** Segundo CABRAL et al. (2004) o Mangalarga Marchador é um cavalo de porte mediano, com medidas longitudinais e verticais equilibradas, sendo indicado para sela, esporte ou tração. A qualidade da adaptação do cavalo à sua função depende diretamente de suas medidas e das proporções entre elas, sugere DIAS (1990). As relações existentes entre medidas de comprimento,

perímetro e peso são calculadas de acordo com vários índices, dentre eles o Índice Corporal (IC), que relaciona o comprimento do corpo com o perímetro torácico. De acordo com OOM & FERREIRA (1987), o IC pode ser classificado em longilíneo, mediolíneo e brevilíneo.

Por se tratarem de variáveis provenientes de processos de medida pode-se afirmar que as três variáveis envolvidas são contínuas, porém, com intervalos de indefinição. São exatamente nestes intervalos do processo que a lógica *fuzzy* pode ser utilizada para complementar o método tradicional, de classificação do animal.

Atualmente, vários sistemas que auxiliem na tomada de decisão vêm sendo desenvolvidos, sendo que grande parte deles utilizam como base a lógica *fuzzy* (SAMI et al., 2014; MALTZ et al., 2010; SANTOS, 2007). Assim, este trabalho teve como objetivo a construção de um modelo para classificação do índice corporal (IC) de cavalos da raça Mangalarga Marchador utilizando para isto um sistema baseado na lógica *fuzzy* que represente o método tradicional e leve em consideração a natureza contínua das variáveis envolvidas.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O comprimento corporal médio dos animais, bem como seus perímetros torácicos, são necessários para a determinação do IC, conforme relação média apresentada por CABRAL et al. (2004). Assim é possível classificar os animais em longilíneos, mediolíneos e brevilíneos, conforme a Tabela 1.

TABELA 1. Classificação do Mangalarga Marchador de acordo com o IC.

Classificação	Índice Corporal IC
Longilíneo	IC maior ou igual a 90
Mediolíneo	IC variando de 86 a 88
Brevilíneo	IC menor ou igual a 85

Fonte: CABRAL et al. (2004) apud OOM & FERREIRA (1987)

Os valores médios das proporções das medidas lineares de animais adultos no experimento de CABRAL et al. (2004), comparadas com o sistema eclético no trabalho supracitado, estão resumidos na Tabela 2.

TABELA 2. Valores médios de comprimento corporal e perímetro torácico, relacionados à medida da cabeça e gênero.

Gênero	Variável	Proporção com relação à medida da cabeça
Macho	Comprimento corporal	2,73
	Perímetro torácico	3,13
Fêmea	Comprimento corporal	2,64
	Perímetro torácico	3,10

Fonte: CABRAL et al. (2004)

Por se tratar de valores médios variáveis, nesta pesquisa optou-se em utilizar a lógica *fuzzy*, e assim poder atribuir escalas de confiabilidade aos dados empregados no modelo, conforme sugere COSTA (2010) e SANTOS (2007). Com base nos valores do Quadro 2, e a experiência do especialista, a variável de entrada do sistema *fuzzy* relativa ao comprimento corporal ficou compreendido entre 2,60 a 2,75, enquanto o perímetro torácico assumiu valores entre 3,05 a 3,15.

O uso da ferramenta matemática MATLAB R2006a®, com sua caixa de ferramentas adicional de lógica *fuzzy* proveu um conjunto de possibilidades de edição que permitiu construir um sistema de inferência *fuzzy*, chamado de FIS (*Fuzzy Inference System*), como feito por MOLLO NETO (2007) e SANTOS (2009), em que foi possível simular várias situações envolvendo características físicas e índice corporal, possibilitando o seu teste ao compará-lo com situações de campo.

Ainda segundo SANTOS (2009), o uso de um método de raciocínio *fuzzy* é baseado em regras do tipo SE-E-ENTÃO para inferir um diagnóstico de saída. Por esta razão, 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 na 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* da forma:

**Se** Compr-Corpo é \_\_\_ e Perímetro-Toracico é \_\_ , **então** Índice-Corporal é \_\_\_.

O método de inferência utilizado para relacionar as variáveis de entrada com a de saída foi o Mandani (MANDANI & ASSILIAN, 1975), que combinou os graus de pertinência referentes a cada um dos valores de entrada, por meio do operador mínimo, e agregou as regras por meio do operador máximo, proporcionando a verificação do índice corporal para cada situação específica. A “*defuzzificação*” foi realizada pelo método do centro de gravidade, conforme sugerem AMENDOLA e SOUZA (2004).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os conjuntos *fuzzy* que compuseram as variáveis de entrada foram dispostos de forma a assumirem intervalos pré-definidos, de acordo com informações adquiridas em literatura e o conhecimento de especialistas.

A variável linguística “Comprimento Corporal” (C), teve seu domínio compreendido entre 2,60 e 2,75m, fracionada em 11 termos linguísticos equidistantes, sendo C1: [2.6 2.6 2.61]; C2: [2.605 2.615 2.625]; C3: [2.62 2.63 2.64]; C4: [2.635 2.645 2.655]; C5: [2.65 2.66 2.67]; C6: [2.665 2.675 2.685]; C7: [2.68 2.69 2.7]; C8: [2.695 2.705 2.715]; C9: [2.71 2.72 2.73]; C10: [2.725 2.735 2.745]; C11: [2.74 2.75 2.75]

A variável linguística “Perímetro Torácico” (P), com domínio compreendido entre 3,05 e 3,15m também foi fracionada em 11 termos linguísticos equidistantes, sendo P1: [3.05 3.05 3.056]; P2: [3.054 3.06 3.066]; P3: [3.064 3.07 3.076]; P4: [3.074 3.08 3.086]; P5: [3.084 3.09 3.096]; P6: [3.094 3.1 3.106]; P7: [3.104 3.11 3.116]; P8: [3.114 3.12 3.126]; P9: [3.124 3.13 3.136]; P10: [3.134 3.14 3.146]; P11: [3.144 3.15 3.15]

Para a representação gráfica das variáveis C e P, a função de pertinência que mais se adequou aos intervalos foi a triangular.

Já para a variável de saída foram especificadas três variáveis linguísticas denominadas “brevilíneo”, “mediolíneo” e “longilíneo”, sendo que a função trapezoidal foi a que melhor representou este cenário, cujos valores adotados foram retirados de OOM & FERREIRA (1987). A função de pertinência que melhor se adequou a este cenário foi a trapezoidal, ficando o termo linguístico Índice Corporal (IC) dividido em brevilíneo: [80 80 85 86]; mediolíneo: [85 86 88 90]; longilíneo: [88 90 95 95]

Considerando o domínio da variável linguística de saída entre [0;1] e sendo  $\alpha$  um valor qualquer neste intervalo, implicou dizer que se  $\alpha = 0$  não houve pertinência entre as variáveis de entrada e a variável resposta de saída. E se  $\alpha = 1$ , existiu um total grau de certeza na pertinência da resposta encontrada na saída do simulador.

Para este sistema *fuzzy*, foram compostas 121 regras, envolvendo as preposições **Se**, **e**, **então**, elaboradas de forma a garantir que os resultados obtidos fossem traduzidos como uma generalização daqueles encontrados no método tradicional. A Figura 1 mostra a representação gráfica da base de regras ativada para este sistema.

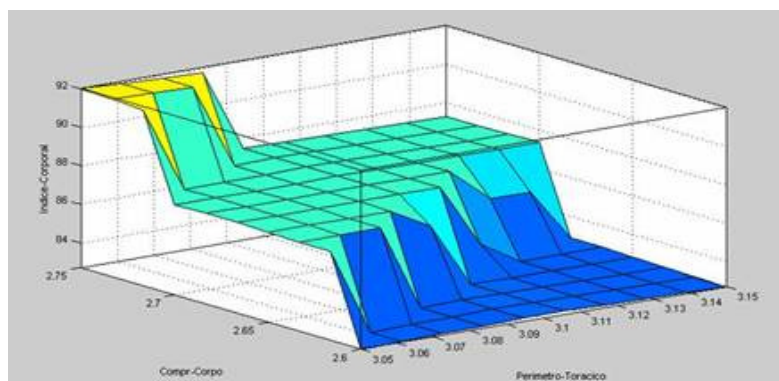


FIGURA 1. Representação gráfica da base de regras ativada do sistema *fuzzy*

Fonte: MATLAB R2006a® (2006)

Analisando a Figura 1, observa-se que para as medidas às quais o método tradicional é capaz de classificar, o método de classificação *fuzzy* retornou resultados bastantes semelhantes ao método tradicional. Neste caso, os resultados do IC se encontram em um dos três intervalos: menor ou igual a 85 (brevilíneo), entre 86 e 88 (mediolíneo), ou maior ou igual a 90 (longilíneo). Já para as medidas não cobertas pelo método tradicional, em que os resultados de IC estão entre 85 e 86 ou entre 88 e 90, o método *fuzzy* conseguiu retornar uma classificação coerente, demonstrando ser interessante também para estas situações. SANTOS (2007) também obteve um modelo matemático gerado com lógica *fuzzy* que atendeu os objetivos de sua pesquisa.

**CONCLUSÕES:** O sistema baseado em regras *fuzzy* proposto neste trabalho conseguiu simular as respostas e preencher as lacunas apresentadas no método tradicional. O sistema é flexível e permitiu abranger uma faixa maior de medidas, tanto de comprimento corporal como de perímetro torácico. Assim, a lógica *fuzzy* demonstrou ser uma ferramenta ideal para problemas como os apresentados neste trabalho.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FUNDECT e CNPq pelo apoio dado para a concretização desta pesquisa.

### REFERÊNCIAS

- AMENDOLA, M.; SOUZA, BARROS, L. C.: **Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no Matlab 6.5**. Campinas: CPG/FEAGRI/ UNICAMP. 2004. 30p.
- CABRAL, G. C., ALMEIDA, F. Q., QUIRINO, C. R. et al: Avaliação morfométrica de equínos da raça Mangalarga Marchador: índices de conformação e proporções corporais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. vol.33 no.6 suppl.1 Viçosa Nov./Dec. 2004.
- COSTA, E.T.; SANTOS, R.C.; MOREIRA, F.R.; CABACINHA, C.D.; KOETZ, M.. Aplicação da lógica *fuzzy* na análise do índice corporal de cavalos da raça mangalarga marchador. **Enciclopédia Biosfera**. v. 6, p. 1-7, 2010.
- DIAS, J.C.L. **Interpretação do Padrão Racial. Curso de capacitação de técnicos e árbitros da raça Mangalarga Marchador**. Belo Horizonte: ABCCMM, 1990. 132p.
- 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 09 mar 2010.
- MAMDANI E. H. e ASSILIAN S.: An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller, **International Journal of Man-Machine Studies**. Vol. 7, 1-13, 1975.
- MATLAB R2006a®. The Mathworks Inc. 2006. 03 Apple Hill Drive. Natick, MA 01760-2098. Disponível em <<http://www.mathworks.com>> Acesso em 13 mar. 2012.
- MOLLO NETO, M. Desenvolvimento de um sistema computacional para diagnóstico preventivo de patologia de casco em bovinos de leite. 149p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2007.
- OOM, M.M.; FERREIRA, J.C. Estudo biométrico do cavalo Alter. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**. v.83, n.482, p.101-148, 1987.
- SAMI, M., SHIEKHDAVOODI, M.J., et al.. Environmental comprehensive assessment of agricultural systems at the farm level using *fuzzy* logic: A case study in cane farms in Iran. **Environmental Modelling & Software**. v. 58, p. 95-108, 2014.
- SANTOS, R.C.; NÃÃS, I.A.; MOREIRA, F.R.; GOMES FILHO, R.R.. Aplicação da lógica nebulosa na simulação de estro de vacas leiteiras. **Enciclopédia biosfera**. v. 5, p. 1-6, 2009.
- SANTOS, R. C. Modelo para predição do estro em vacas leiteiras confinadas. 109p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2007.