

APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY NA ANÁLISE DO ÍNDICE CORPORAL DE CAVALOS DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR

Esdras Teixeira Costa¹, Rodrigo Couto Santos², Fernando Ricardo Moreira³,
Christian Dias Cabacinha⁴, Marcio Koetz⁵

¹Professor Doutor da Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Goiás
(esdras99@yahoo.com)

²Professor Doutor da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Goiás

³Professor Mestre da Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Goiás

⁴Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Goiás

⁵Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso

RESUMO

O índice corporal é um dos mais importantes índices na análise da morfometria do cavalo Mangalarga Marchador, uma vez que relaciona o comprimento do corpo com o perímetro torácico, classificando os animais de acordo com determinados valores, podendo ser longilíneos, mediolíneos e brevilíneos. As variáveis envolvidas neste processo são conhecidas e contínuas, enquanto que a classificação final não apresenta tal perfil, sendo incompatível com esta continuidade. Baseado neste 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*. Assim, o objetivo deste trabalho foi apresentar um sistema baseado na lógica *fuzzy* que pudesse fornecer o índice corporal (IC) de um cavalo da raça Mangalarga Marchador, de maneira que o resultado coincidissem com o método tradicional, incluindo também pontos de sobreposição nas variáveis, onde existem graus de incerteza que podem influenciar na variável resposta. Ao final da pesquisa o modelo proposto conseguiu realizar o trabalho de generalização do método tradicional da forma como foi planejado, mostrando que a lógica *fuzzy* é uma ferramenta interessante para trabalhar este tipo de situação.

PALAVRAS-CHAVE: Lógica *fuzzy*, índice corporal, mangalarga marchador

APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN THE ANALYSIS OF CORPORAL INDEX OF MANGALARGA MARCHADOR HORSE BREED.

ABSTRACT

The corporal index is one of the most important indices in the morphometric analysis of Mangalarga Marchador horse, once it makes a relation between body length and thoracic girth, classifying animals according to scale of small, medium and large shape. The variables in the process are known and continuous, although the final classification shows blank spaces, which is against the nature of continuity of the referred variable. The terms used in this classification can be treated as input linguistic variables which generates an output variable in a rule-based fuzzy logic

system. Therefore, The intention of this paper was present a system based on fuzzy logic to provide the body index (CI) of Mangalarga Marchador breed, in such way that the results were the same as in the traditional method, and which also could classify results outside range of the traditional method. Using this new method, we could show that fuzzy logic is an interesting tool to work with this kind of situation.

KEYWORDS: Fuzzy logic, corporal index, mangalarga marchador

1. INTRODUÇÃO

O Mangalarga Marchador, segundo CABRAL et al. (2004) é um cavalo de porte mediano, com medidas longitudinais e verticais equilibradas, sendo considerado bem proporcionado se existe boa adaptação das partes de seu corpo à função a qual o animal se destina, seja ela de 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 determinado pela expressão:

$$IC = (\text{comprimento do corpo} \div \text{perímetro torácico}) \times 100 \quad (1)$$

O resultado desta expressão permite classificar os animais em longilíneos, mediolíneos e brevilíneos, de acordo com o Quadro 1.

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

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

Fonte: OOM & FERREIRA (1987)

Por serem tanto o comprimento do corpo como o perímetro torácico, variáveis de entrada que podem assumir quaisquer valores pertencentes ao conjunto dos números reais, o índice corporal também apresenta esta característica. Principalmente, por se tratarem de variáveis provenientes de processos de medida, pode-se afirmar que as três variáveis envolvidas são contínuas. Porém, a classificação de OOM & FERREIRA (1987) apresenta intervalos de indefinição entre os pontos 85 a 86 e 88 a 90. São exatamente nestes intervalos do processo que a lógica *fuzzy* pode ser utilizada para complementar o método tradicional, auxiliando justamente nos casos onde não é possível chegar a uma resposta conclusiva quanto à classificação do animal.

A lógica *fuzzy*, apresentada pela primeira vez nos trabalhos de Lofti A. Zadeh (ZADEH, 1965) se baseia na idéia de que um elemento pertencente a um determinado conjunto, possui um dado grau de pertinência, que pode ser qualquer número real de zero a um. Atualmente, vários sistemas que auxiliem na tomada de

decisão vêm sendo desenvolvidos, sendo que grande parte deles utilizam como base a lógica *fuzzy* (SANTOS et al., 2006; MALTZ et al., 2009).

2. OBJETIVO

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.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O comprimento corporal médio dos animais, bem como seus perímetros torácicos, necessárias para a determinação do IC consideraram o tamanho de suas cabeças, conforme relações médias apresentadas no trabalho de TORRES & JARDIM (1981) e CABRAL et al. (2004) apud OOM & FERREIRA (1987). Estas medidas levaram em consideração:

- Comprimento do corpo: distância entre as porções cranial do tubérculo maior do úmero e caudal da tuberosidade isquiática;
- Perímetro torácico: medida de circunferência aferida com fita métrica posicionada logo após o final da cernelha, entre os processos espinhosos T8 e T9, passando pelo espaço intercostal da 8^a e 9^a costelas, até a articulação da última costela com o processo xifóide.

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 1.

TABELA 1. 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 SANTOS (2007). Com base nos valores da Tabela 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.

A função de pertinência de um conjunto *fuzzy* A, é caracterizado por

relacionar os elementos de um domínio, espaço, ou universo de discurso X , ao intervalo unitário $[0,1]$ (ZADEH, 1973). Matematicamente, essa relação é descrita como: $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, onde o valor $\mu_A(x) \in [0,1]$ mostra o grau com que o elemento x de X está no conjunto *fuzzy* A , com $\mu_A(x) = 0$ e $\mu_A(x) = 1$ indicando, respectivamente, a não-pertinência e a pertinência completa de x ao conjunto *fuzzy* A .

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 (2007), em que foi possível simular várias situações envolvendo características físicas e índice corporal, possibilitando o seu teste ao compará-lo com situações de campo.

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 & SOUZA (2004).

4. 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.

4.1. Análise da variável lingüística de entrada comprimento corporal

A variável lingüística “Comprimento Corporal”, teve seu domínio compreendido entre 2,60 e 2,75m, fracionada em 11 termos lingüísticos equidistantes (C1, C2,...C11) de mesma medida, como se segue:

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]	

Para a representação gráfica desta variável, a função de pertinência que mais se adequou a este intervalo foi a triangular.

4.2. Análise da variável lingüística de entrada perímetro torácico

A variável lingüística “Perímetro Torácico”, com domínio compreendido entre 3,05 e 3,15m também foi fracionada em 11 termos lingüísticos equidistantes (P1, P2,...P11) de mesma medida, como se segue:

P1: [3.05 3.05 3.056]
P3: [3.064 3.07 3.076]
P5: [3.084 3.09 3.096]
P7: [3.104 3.11 3.116]
P9: [3.124 3.13 3.136]
P11: [3.144 3.15 3.15]

P2: [3.054 3.06 3.066]
P4: [3.074 3.08 3.086]
P6: [3.094 3.1 3.106]
P8: [3.114 3.12 3.126]
P10: [3.134 3.14 3.146]

Para a representação gráfica desta variável, a função de pertinência que mais se adequou a este intervalo foi a triangular.

4.3. Análise da variável lingüística de saída índice corporal

Para a variável de saída foram especificadas três variáveis lingüísticas 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 lingüístico Índice Corporal (IC) assim dividido:

brevilíneo: [80 80 85 86]
mediolíneo: [85 86 88 90]
longilíneo: [88 90 95 95]

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

Segundo SANTOS (2007), 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 ___.

Para este sistema *fuzzy*, foram compostas 121 regras, 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.

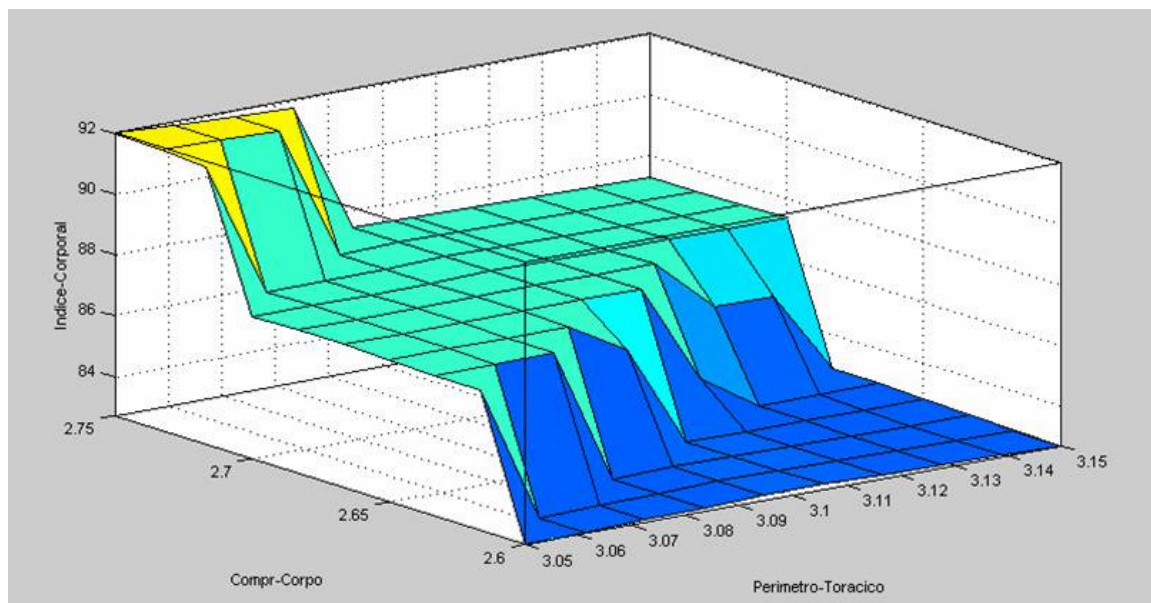


FIGURA 1. Representação gráfica da base de regras ativada do sistema *fuzzy*
 Fonte: MATLAB R2006a[®] (2006)

Analisando a Figura 1, observa-se que para as medidas as quais o método tradicional é capaz de classificar, o método de classificação *fuzzy* retornou resultados 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.

5. CONCLUSÃO

O sistema baseado em regras *fuzzy* proposto neste trabalho conseguiu emular as respostas do método tradicional, além de ser capaz de preencher as lacunas apresentadas por este último. O sistema é flexível e permite, com modificações simples, abranger uma faixa maior de medidas tanto de comprimento corporal como de perímetro torácico.

A lógica *fuzzy* demonstrou ser uma ferramenta ideal para problemas como os apresentados neste trabalho, podendo desta forma também ser aplicada para a representação de outros índices da avaliação morfométrica, como o índice meloscópico e o Índice dáctilo-torácico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 eqüinos da raça Mangalarga Marchador: índices de conformação e**

proporções corporais . R. Bras. Zootec. vol.33 no.6 suppl.1 Viçosa Nov./Dec. 2004.

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 10 abril 2009.

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 jun. 2009.

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.

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.

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.

TORRES, A.P.; JARDIM, W.R. **Criação do cavalo e de outros eqüinos**. São Paulo: Livraria Nobel, 1981. 654p.

ZADEH, L. A.:**Fuzzy Sets**. Information and control 8. p.338-353. 1965.

ZADEH, L.A. : **Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility**. Fuzzy Sets and Systems, 1, 3-28. 1973.