

SOFTWARE DE AVALIAÇÃO DA MASSA CORPORAL DE QUAISQUER REBANHOS BOVINOS UTILIZANDO SISTEMAS FUZZY

**CAMILA PIRES CREMASCO¹, LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO²;
FERNANDO FERRARI PUTTI³, LUANA MAZIEIRO⁴, DEYVER BORDIN⁵**

¹Licenciada em Matemática, Doutora em Agronomia/Energia na Agricultura, Professor Assistente Doutor, UNESP, Tupã - SP, e Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP. Fone: (0XX14) 3404-4200, camila@tupa.unesp.br.

²Licenciado em Matemática, Doutor em Agronomia/Energia na Agricultura, Professor Assistente Doutor, UNESP, Tupã - SP, e Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu - SP. Fone: (0XX14) 3404-4200, gabrielfilho@tupa.unesp.br.

³Mestre em Agronomia/Irrigação, Professor Substituto UNESP, Tupã - SP. Fone: (0XX14) 3404-4200, putti@tupa.unesp.br.

⁴UNESP-TUPÃ - Univ Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho. Fone: (0XX14) 3404-4200, deyver@tupa.unesp.br

⁵UNESP-TUPÃ - Univ Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho. Fone: (0XX14) 3404-4200, mazieiro@tupa.unesp.br

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: A utilização do IMC (Índice de Massa Corporal) é uma ferramenta utilizada por pequenos produtores rurais para determinar o momento ideal de abater o animal, a fim de minimizar o custo de produção. Com o auxílio da teoria da lógica fuzzy, foi elaborado um sistema baseado em regras *fuzzy*, que teve como entradas as variáveis “massa” e “altura”, e como saída um novo índice de massa corporal, denominado Índice de Massa Corporal Fuzzy (IMC Fuzzy). Este sistema é possível indicar o momento ideal para o abate do animal, e/ou possibilidade de novos métodos de manejo, comparando-os entre si, utilizando variáveis linguísticas “Muito Baixa”, Baixa”, Média”, “Alta” e “Muito Alta”. Foi elaborado um software em linguagem Delphi para a adequação da interface ao pecuarista (usuário) possibilitando assim que o próprio avalie seu rebanho. Para a simulação da utilização do software, foi utilizado lotes de animais de diferentes localidades e para execução deste foi utilizado o Laboratório de Matemática Aplicada e Computacional. Com a determinação dos valores do IMC Fuzzy para cada animal e da combinação de todas as massas e alturas dos animais, em linguagem Delphi, foi desenvolvido, um software que possibilita indicar o momento ideal para se abater o animal, que este apresenta facilidade em seu uso possibilitando ao próprio produtor inserir dados e obter respostas que indiquem o momento do abate de seu rebanho, otimizando seus recursos e aumentando seus lucros.

PALAVRAS-CHAVE: sistema fuzzy, delphi, bovinos.

MASS OF EVALUATION SOFTWARE BODY OF ANY Herds CATTLE SYSTEMS USING FUZZY

ABSTRACT: The use of BMI (Body Mass Index) is a tool used by small farmers to determine the ideal time to slaughter the animal in order to minimize the cost of production. With the aid of the theory of fuzzy logic, it designed a fuzzy rule-based system, which had as inputs variables "mass" and "height", and outputs a new body mass index, called Body Mass Index Fuzzy (IMC Fuzzy). This system is able to indicate the ideal time for the animal to slaughter, and / or possibility of new management methods, comparing them to each other using linguistic variables "Very Low" Low "Medium", "High" and "Very high ". A software was developed in Delphi language to adapt the interface to the farmer (user) thus enabling the rate itself his flock. To simulate the use of the software, we used lots of animals from different locations and for its

implementation we used the Applied Mathematics Laboratory and Computational. With the determination of BMI Fuzzy values for each animal and the combination of all the mass and height of the animals, in Delphi language, was developed a software that enables indicate the ideal time to slaughter the animal that has this facility in your use enabling the producer himself enter data and get answers indicating the time of slaughter of his flock, optimizing its resources and increasing their profits.

KEYWORDS: fuzzy system, Delphi, cattle.

INTRODUÇÃO

A avaliação de bovinos é feita por grande parte dos produtores de forma empírica, aumentando os riscos da tomada de decisão principalmente no que se refere ao momento ideal para o abate. Tal risco é ocasionado devido à influência da função tempo no ganho de peso do animal, o que determina benefícios econômicos obtidos pelo produtor não só na remuneração do animal abatido, mas também na transmissão de características genéticas para sua descendência (ALONSO et al., 2015).

A fim de reduzir tais incertezas buscam-se métodos que determinem o momento ideal de abater os animais de forma mais objetiva, como é o caso da avaliação por meio do índice de massa corporal (IMC), que é um parâmetro obtido pelo quociente $Massa / (Altura)^2$ (CHACUR et al., 2007). Este índice representa uma associação fundamental do IMC diz respeito ao ponto de abate do animal, tornando-se uma variável preponderante na tomada de decisão do criador para a avaliação geral do rebanho.

A utilização deste método ainda mantém a subjetividade e incerteza quanto à decisão de valor de IMC determinante do abate. Neste sentido, é crescente a busca de sistemas baseados em inteligência artificial, uma vez que possuem capacidade em lidar com abstrações por meio de análises quantitativas aliada a parâmetros qualitativos (GHARIBI et al., 2012).

A partir disso, a utilização da lógica fuzzy, tem sido utilizada para a elaboração de sistemas que são capazes de imitar parte do raciocínio humano e interpretar variáveis quantitativas e retornar qualidades associadas a cada animal. Seu processamento é feito por meio da teoria dos conjuntos fuzzy, onde as afirmações vagas assumem valores pertinentes ao intervalo fechado entre zero e um, sendo zero a ausência de pertinência e “um” sua plenitude (LANZILLOTTI; LANZILLOTTI, 1999). Desta forma é possível mapear as transições graduais entre os estados de decisão, sem que seja necessário unir cada padrão em uma classe (MEZA et al. 2006).

Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema computacional baseado em lógica fuzzy que combinasse características de massa e altura (necessárias ao cálculo do IMC) e fornecesse um indicador (IMC *Fuzzy*) que pudesse facilitar a decisão do pecuarista sobre o momento ideal para o abate dos animais ou determinar o melhor manejo dos lotes indicados pelo sistema especialista, assim como simular no software diferentes rebanhos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados experimentais do presente trabalho foram obtidos em três fazendas. A primeira, está localizada em Santa Rita do Pardo-MS (latitude 21° 18' S; longitude 52° 49' W e altitude de 360m) com 147 animais da raça nelore. A segunda fazenda está localizada na cidade de Presidente Bernardes-SP (latitude 22° 00' S; longitude 51° 33' W, à uma altitude de 429m), sendo extraídos dados de 45 animais de raças cruzadas. Na terceira fazenda – localizada em Tupã-SP (latitude 21° 56' S; longitude 50° 30' W), foram coletados dados de 95 animais da raça nelore e cruzados.

As informações relativas aos animais foram inicialmente compostas por 3 grupos de

dados, identificadas por “Massa” (em Quilogramas), “Altura” (em metros) e “IMC” (índice de massa corporal em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Para uma descrição adequada das variáveis, foi realizada uma análise estatística descritiva destes dados a fim de determinar os quartis e percentis de tais grupos, sendo que o IMC utilizado em bovinos, calculado por Chacur et al. (2007), da seguinte forma:

$$IMC = \frac{Massa}{Altura^2} \quad (1)$$

Para a elaboração do sistema fuzzy desenvolvido neste trabalho, utilizou-se método análogo ao proposto por Gabriel Filho et al. (2011), que consiste na combinação das variáveis de entrada, massa e altura, visando oferecer como saída a situação do bovino, (Figura 1).

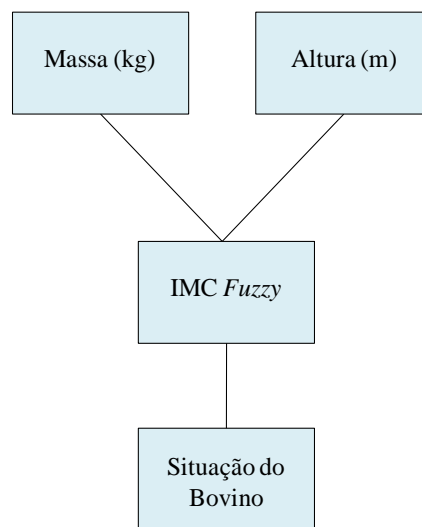


FIGURA 1. Sistema baseado em regras fuzzy para bovinos proposto por Gabriel Filho et al. (2011). **System based on fuzzy rules for bovine proposed by Gabriel Filho et al. (2011).**

Foi determinado os valores quartis e percentis dos dados para que o empirismo seja eliminado da avaliação do rebanho. Como na metodologia desenvolvida por Cremasco (2010) os tais delimitadores são calculados para que a avaliação ocorra de forma quantitativa e generalizada. Assim, cada animal é comparado apenas ao rebanho a qual faz parte. Essa maneira de avaliação atende às especificidades de criação de cada rebanho, visto que o processo de engorda é influenciado pela raça do animal e condições endofoclimáticas, entre outras variáveis.

O cadastramento da massa e altura de cada animal do rebanho forma a base de dados, enquanto que os quartis e percentis estabelecem os delimitadores das regras fuzzy do sistema desenvolvido em linguagem Delphi e posteriormente implementado no software Matlab. A partir disto o sistema classifica as entradas (massa e altura) de acordo com 5 níveis de comparações (Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto, Muito Alto). Posteriormente, o sistema fornece a condição do animal a partir de um índice entre o intervalo [0,1], denominado IMC fuzzy, fornecendo também uma classificação nos mesmos 5 níveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta dos dados foi possível verificar a real situação dos lotes para as 3 fazenda em estudo, os valores coletados foram de “Massa” [kg], “Altura” [m] e “IMC” [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$]. A partir destas variáveis foi possível determinar todas as combinações de *Massa* \times *Altura*, para cada rebanho, dentro do seu respectivo range (Tabela 1).

TABELA 1. Análise descritiva dos dados de Massa, Altura e IMC dos animais da Fazenda 1, Fazenda 2 e Fazenda 3, sendo que foi calculado a média, desvio padrão, mínimo, máximo e os quartis da massa, altura e IMC. **Descriptive analysis of mass data, height and BMI of farm animals 1, 2 and Farm Farm 3, and the average was calculated, standard deviation, minimum, maximum, and quartiles of weight, height and BMI.**

		Média	Desvio Padrão	Mínimo	1.º quartil (Q1)	2.º quartil (Q2)	3.º quartil (Q3)	Máximo
Fazenda 1	Massa	409,7	40,3	260	378	411	435	515
	Altura	1,35	0,03	1,27	1,33	1,35	1,38	1,44
	IMC	223,8	21,5	144,8	210,0	224,31	235,2	280,7
Fazenda 2	Massa	378,16	31,49	296	360,25	378	398,25	464
	Altura	1,26	0,03	1,19	1,24	1,25	1,29	1,34
	IMC	232,32	39,7	0,02	226,07	234,65	248,66	282,18
Fazenda 3	Massa	248,2	31,19	199	234	256	278	380
	Altura	1,29	0,05	1,2	1,25	1,3	1,35	1,45
	IMC	135,65	20,12	120,71	138,78	151,04	162,5	243,20

Para as análises estatísticas, vale ressaltar que os animais da Fazenda A possuem idade entre 5 e 7 anos, enquanto que os da Fazenda B possuem de 7 a 8 meses e os da Fazenda C apresentam de 11 a 14 meses. Tal fato justifica as maiores médias de massa e altura dos animais da Fazenda A. Além do maior desvio padrão para a variável massa, uma vez que se submeteram a adversidades na alimentação.

As informações dos valores mínimo, 1.º quartil, 2.º quartil, 3.º quartil e máximo, bem como os limites inferior e superior formaram os delimitadores dos conjuntos a qual os animais serão classificados. Por apresentarem variações de acordo com o próprio rebanho cadastrado.

Software em *Delphi* para avaliação de massa corporal *fuzzy* em quaisquer rebanhos

Em linguagem Delphi, orientada a objetos, foi possível pelo produtor o cadastramento de cada animal, informando massa, altura e índice de massa corporal. O programa classifica tanto a massa quanto a altura em 5 níveis de comparação com os demais animais do rebanho (muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto).

Posteriormente, o sistema criou um índice entre o intervalo [0,1] classificando o animal entre seus pares do rebanho e retornando também uma variável qualitativa. Este índice foi denominado índice de massa corporal *fuzzy* (IMC *Fuzzy*) e, desta forma, cada animal do rebanho possui um valor de IMC *Fuzzy* associado. Assim, o fluxograma que apresenta o caminhamento dos passos para a realização dos cálculos do IMC *fuzzy*.

O software desenvolvido em linguagem Delphi possui interface simplificada para facilitar a compreensão do uso e assim otimizar a execução das tarefas. O cadastro do rebanho pode ser realizado a partir de uma planilha eletrônica contendo apenas os dados de massa e

altura do rebanho, em análise, sendo que deve estar na seguinte ordem: (1) Massa e (2) Altura, sendo que é possível realizar o cadastrar de diferentes rebanhos que forem necessários e é possível também incluir cadastro individual dos animais diretamente no software. Como ilustra a Figura 2.

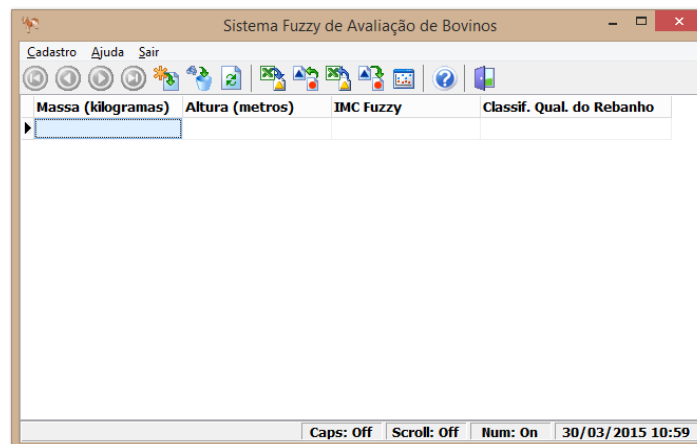


FIGURA 2. Interface de inicialização do software proposto para avaliação momento ideal para o abate do animal, e/ou possibilidade de novos métodos de manejo. **Software startup interface proposed for evaluation ideal time for the animal to slaughter, and / or possibility of new management methods.**

Posteriormente, o sistema fornece a classificação quantitativa, por meio do IMC *fuzzy*, e qualitativa sendo a classificação do rebanho nos níveis especificados (Figura 3). Ainda é possível há a possibilidade de gerar diversos tipos de gráficos (superfície, mapas de contorno e BoxPlot (Figura 4), contendo as interações de massa e altura e os respectivos resultados, além de gráficos de correlação entre o IMC convencional e o IMC *fuzzy*, e o cálculo da reta de regressão indicando a tendência, assim como o valor da correlação entre os dados.

Massa (kilogramas)	Altura (metros)	IMC Fuzzy	Classif. Qual. do Rebanho
245	1,45	0,080363214837713	MB
251	1,37	0,087552447552447	MB
254	1,23	0,080363214837713	MB
258	1,36	0,087552447552448	MB
301	1,43	0,088346552213939	MB
321	1,36	0,2210645032113	B
325	1,25	0,55233791602052	M
330	1,32	0,22959540580222	B
356	1,39	0,082485712318392	MB
360	1,62	0,24736966857588	B
378	1,45	0,080535395863053	MB
457	1,47	0,40683037744429	M

FIGURA 3. Interface do *software* para avaliação de rebanho por meio da Massa e Altura dos animais, sendo desenvolvido em linguagem *Delphi*, assim sendo possível a avaliação qualitativa e quantitativa do rebanho, através da aplicação da lógica *fuzzy*. **Software interface to herd evaluation through the mass and height of the animals, being developed in Delphi language, so it is possible the qualitative and quantitative evaluation of the herd through the application of fuzzy logic.**

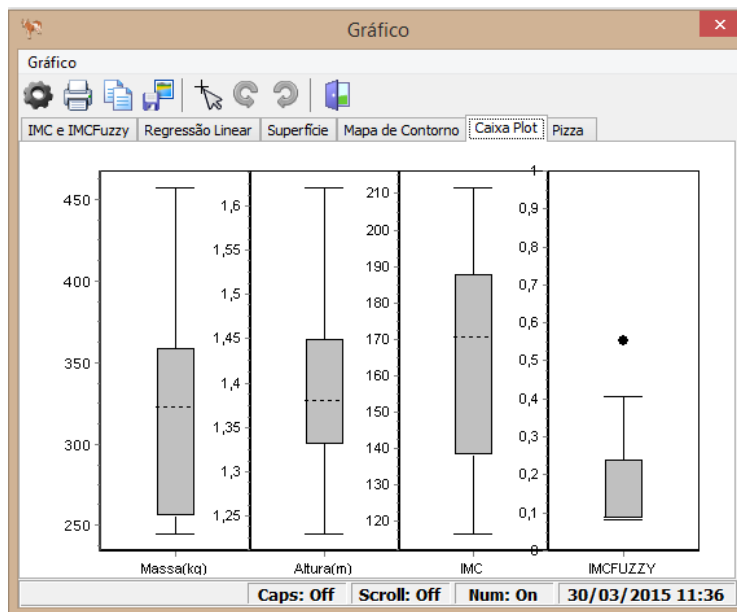


FIGURA 4. BoxPlot da Massa, Altura, IMC e IMC *fuzzy* para a avaliação do rebanho inserido pelo produtor no software IMC *fuzzy*. **BoxPlot Pin, height, BMI and fuzzy IMC for assessing the herd entered by the producer in the *fuzzy* IMC software.**

Após a inserção do rebanho cadastro, o software poderá a realização a simulação automática entre os valores máximos e mínimos obtido na coleta dos dados. Desde modo apresentando em formato de um relógio o valores informado pelo usuário (Figura 5).

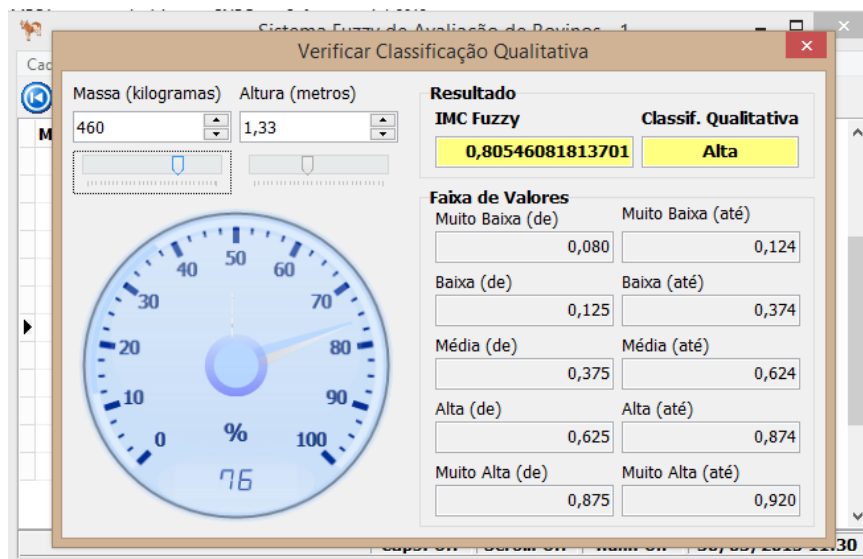


FIGURA 5. Interface do software IMC *fuzzy*, em que automaticamente calcula-se os valores entre os maiores valores de massa e altura e menores, assim abrangendo todo o intervalo de dados. **Software interface *fuzzy* IMC, in which automatically calculates the values between the highest weight and height and smaller, thus covering the entire range of data.**

Após a verificação do rebanho pelo produtor, o software fornece o valor de correlação entre os dados informados e metodologia tradicional do cálculo do IMC *fuzzy*. Como ilustra a Figura 6.

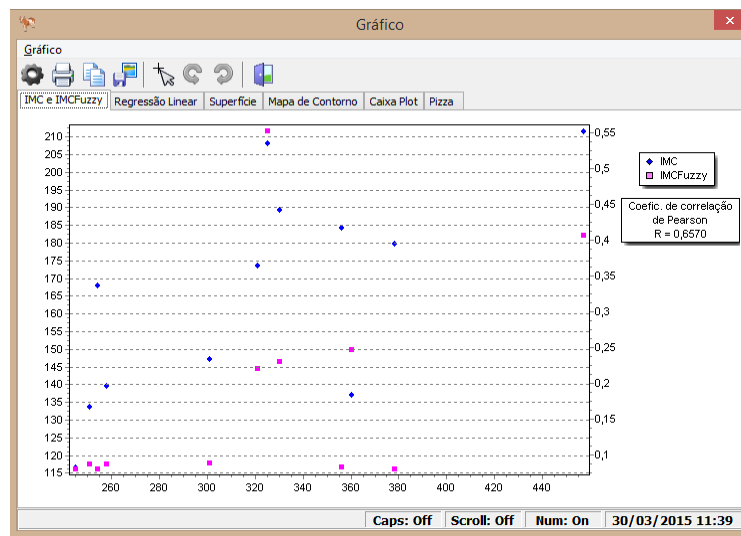


FIGURA 6. Interface do software IMC *fuzzy*, correlação. **Software interface BMI *fuzzy*, correlation.**

A partir da análise estatística descritiva realizada (Tabela 1), foi possível construir as funções de pertinência das variáveis de entrada e saída dos rebanhos, a base de regras utilizada. Foi possível plotar os gráficos tridimensional e os mapas de contorno da função associada da situação do rebanho.

Na Fazenda A, foram coletadas informações de 147 vacas da raça nelore entre 5 e 7 anos de idade, e estabelecidas as funções de pertinência das variáveis de entrada (massa e altura) e da variável de saída (IMC *fuzzy*) com o Toolbox Matlab. A figura 7, mostra as funções de pertinência do software.

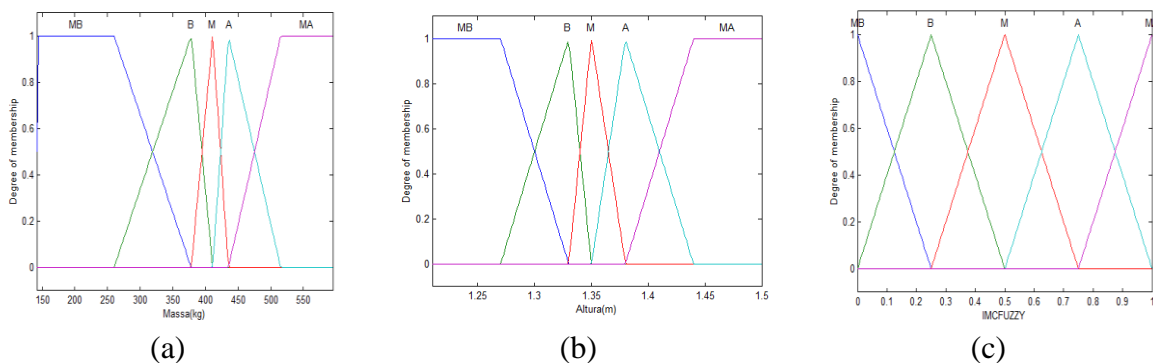


FIGURA 2. Funções de pertinência dos conjuntos *fuzzy* da variável de entrada (a) Massa (b) Altura e da variável de saída (c) IMC *fuzzy*. **Membership functions of *fuzzy* sets of input.**

O sistema realiza inferência *fuzzy* com o Método de Mamdani e gera o gráfico tridimensional e mapa de contorno da função associada. Tais gráficos demonstram as relações existentes entre as três variáveis envolvidas no estudo (Massa, Altura e IMC *fuzzy*), sendo que a região de cor azul evidência animais classificados com IMC *fuzzy* “Muito Baixo”, tal cor segue gradualmente até o vermelho, onde os animais são classificados com IMC *fuzzy* “Muito

Alto”, e por isso seriam os animais com melhor aproveitamento para abate.

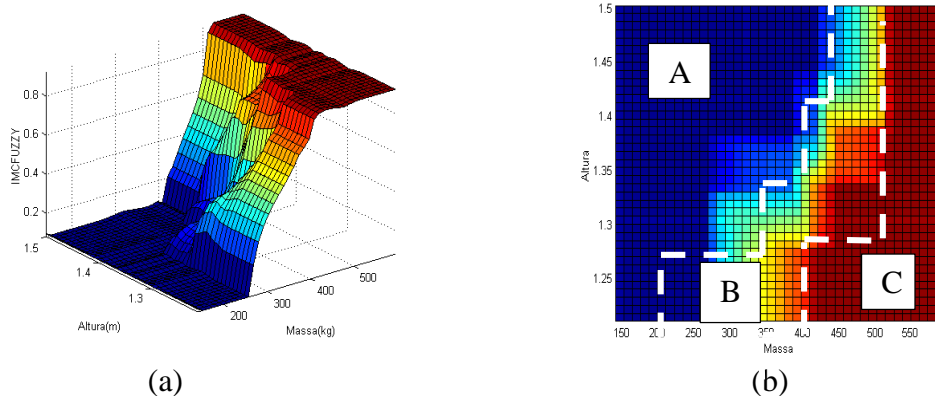


FIGURA 3. Índice de Massa Corporal *fuzzy* (IMC *Fuzzy*) representando as possíveis avaliações do rebanho por meio do (a) gráficos tridimensional e (b) mapa de contorno, da respectiva função para a Fazenda 1. **Fuzzy Body Mass Index (BMI Fuzzy) representing the possible evaluations of the herd through (a) three-dimensional graphics and (b) contour map, the corresponding function for the Farm 1.**

Desta forma os animais da Fazenda A que apresentavam altura acima de 1,35m possuem menor facilidade em migrar da classe “Muito Baixo” (Região A) para a “Muito Alto” (Região C) visto que é necessário ganho de massa de 50kg, enquanto os animais que apresentam estatura abaixo devem ter ganho de aproximadamente 100kg.

A Figura 4, ilustra a simulação do sistema baseado em regras fuzzy para os valores de Massa e Altura obtidos do rebanho. De acordo com o cálculo do IMC *fuzzy* o resultado é de 0,246 para um animal, com massa 368 quilogramas e altura de 1,36 metros, este animal encontra-se em situação intermediária (Região B), o que pode ser visualizado no mapa de contorno. O que mostra o estado deste animais ainda em uma situação intermediária não estão prontos para um maior rendimento no abate (Figura 4).

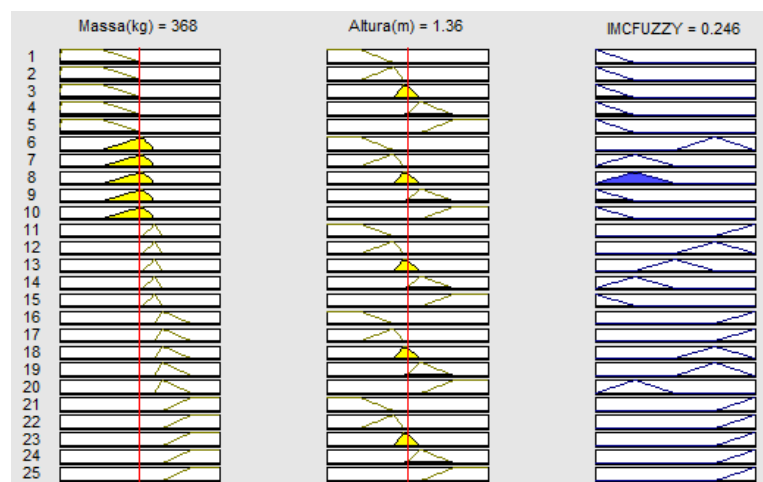


FIGURA 4. Utilização do método de inferência de Mamdani, para Massa = 368 kg e Altura = 1,36 m, resultando um valor do IMC *fuzzy* = 0,246. **Use the Mamdani inference method for mass = 368 kg and height = 1,36 m, resulting in a value of fuzzy BMI = 0,246.**

Avaliação do software desenvolvido com o sistema *fuzzy*

Na avaliação comparativa entre o software desenvolvido e a metodologia *fuzzy* para a determinação do momento ideal para o abate do animal, e/ou possibilidade de novos métodos de manejo proposto por Gabriel Filho et al., (2011), foi possível verificar a correlação entre as metodologias, sendo realizado analogamente para as 3 Fazendas (A, B, C). A partir do software foi realizado a simulação dos rebanhos, assim ao inserir os dados do rebanho da Fazenda A, foi possível realizar as determinações da condição corporal do rebanho, afim de comparar os valores obtidos para o IMC *fuzzy* com os valores calculados do IMC (Figura 5). O software desenvolvido também gera o coeficiente de correlação de Pearson, obtendo-se o valor 0,9237, que representa alta correlação positiva entre tais conjuntos e indicando que o método proposto está adequado relativamente ao método anteriormente empregado para cálculo do IMC convencional (Figura 5). Observando que neste trabalho somente apresentamos resultados da Fazenda A.

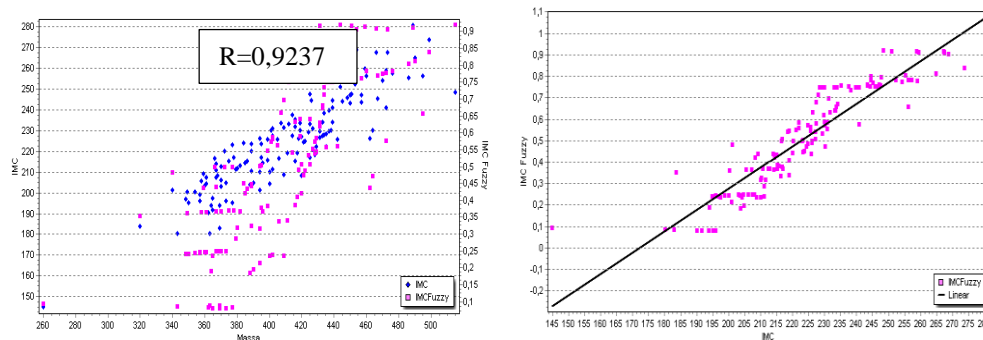


FIGURA 5. (a) Índice de massa corporal dos animais e avaliação do rebanho pela lógica *fuzzy* e (b) Reta de regressão linear do IMC *fuzzy* e sua equação. (a) **body mass index of animals and evaluation of the flock for fuzzy logic** and (b) **Straight linear regression of fuzzy IMC and its equation.**

CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido estabelece um método computacional capaz de interpretar o índice de massa corporal de qualquer tipo de raça bovina e em qualquer região do país. Tal método, capaz de imitar parte do raciocínio humano, foi baseado na lógica fuzzy. A interpretação sobre este índice, é definida como Índice de Massa Corporal Fuzzy (IMC *Fuzzy*) visa avaliar o rebanho e comparar cada animal do rebanho com seus pares do grupo, fornecendo um método quantitativo de tomada de decisão para o pecuarista. Foi possível estabelecer um sistema baseado em regras *fuzzy* para a classificação de animais de qualquer rebanho através de um índice de massa corporal, sendo possível estabelecer identificações qualitativas e quantitativas para cada animal. O software para avaliação bovina baseada em sistemas de regras fuzzy desenvolvido nesse trabalho é um programa de fácil uso, com o objetivo de ajudar pecuaristas de qualquer região ou criadores de raças bovinas diferentes, indicando os níveis de IMC *Fuzzy*. Sendo possível indicar o momento ideal para o abate do animal, e/ou possibilidade de novos métodos de manejo. Pode-se dizer que o software é um método de auto-avaliação de seu rebanho por meios quantitativos que fornecem subsídios para a tomada decisão do pecuarista.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa de Doutorado concedida e o Programa de Pós-Graduação em

REFERÊNCIAS

ALONSO, J; VILLA, A; BAHAMONDE, A. Improved estimation of bovine weight trajectories using Support Vector Machine Classification. **Computers and Electronics in Agriculture**. v.125 p.36-41. 2015.

CHACUR, M.G.M.; ARAÚJO, M.C.; KRONKA, S.N. **Aspectos seminais e anatômicos do aparelho reprodutor da raça Canchim aos 14 e aos 48 meses de idade**. Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 17, 2007, Curitiba, PR. Anais ... Belo Horizonte, MG: CBRA, 2007.

CREMASCO, C. P.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; CATANEO, A. Metodologia de determinação de funções de pertinência de controladores fuzzy para a avaliação energética de empresas de avicultura de postura. **Revista Energia na Agricultura, Botucatu**, v. 25, n. 1, p.21-39, 2010.

GABRIEL FILHO, L. R. A.; CREMASCO, C. P.; PUTTI, F. F.; CHACUR, M. G. M. Application of fuzzy logic for the evaluation of livestock slaughtering. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal , v. 31, n. 4, 2011.

GHARIBI, H. et al. A novel approach in water quality assessment based on fuzzy logic. **Journal of Environmental Management**.v.112 p. 87-95, 2012.

LANZILLOTTI, H.; LANZILLOTTI, R. Análise sensorial sob enfoque da decisão fuzzy. **Revista Brasileira de Nutrição**, Campinas, v.12, n.2, 1999.

MEZA, E. B. M.; SCHILLING, M. Th.; SOUZA, J. C. S.; COUTTO FILHO, M. B. Utilização de um modelo neuro-fuzzy para a localização de defeitos em sistemas de potência. **Sba Controle & Automação**. Campinas, v.17, n.1, 2006.

USP. Indicador ESALQ/BM&FBovespa. Disponível em: < <http://cepea.esalq.usp.br/boi/>>. Data de acesso: 02/jan/2015.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Informat Control**, p.338-353, 1965.