

AVALIAÇÃO DO SISTEMA *FUZZY* DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SÊMEN BOVINO

LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO¹; LUANA MAZIERO²;
CAMILA PIRES CREMASCO GABRIEL³; FERNANDO FERRARI PUTTI⁴;
MARCELO CHACUR⁵

^{1,3,4}Doutor(a) em Agronomia –Docente da FCE UNESP, Tupã-SP, fone: 1434044240 -gabrielfilho@tupa.unesp.br

²Mestre em , Agronegócio FCE UNESP e doutoranda em Agronomia/ Irrigação e Drenagem, UNESP-FCA/Botucatu-SP

⁵Doutor em Medicina Veterinária e Docente Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) – Presidente Prudente

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar um sistema *fuzzy* capaz de fornecer o escore de fertilidade de touros a partir da combinação das variáveis Turbilhão, Motilidade, Vigor, Defeitos Maiores, Defeitos Menores e Defeitos Totais do sêmen. Para isso, foram analisadas 152 amostras de sêmen válidas coletadas de touros da raça Nelore e Simental durante o período de um ano. Os resultados obtidos do sistema *fuzzy* avaliado, foram analisados por meio de análises de correlação e de clusters e curva ROC. A variável de saída, Fertilidade *Fuzzy*, mostrou maior similaridade com algumas variáveis, além de forte correlação com a maioria delas, o que significa que a retirada de alguma variável pode afetar a qualidade de predição do modelo.

PALAVRAS-CHAVE: lógica *fuzzy*; validação de modelos; fertilidade de bovinos

EVALUATION OF THE FUZZY SYSTEM FOR QUALITY ASSESSMENT OF BOVINE SEMEN

ABSTRACT: The objective of the present work was to evaluate a fuzzy system capable of providing the fertility score of bulls from the combination of the variables Turbidity, Motility, Stamina, Major Defects, Minor Defects and Total Defects of semen. For this, we analyzed 152 samples of valid semen collected from Nelore and Simmental bulls during the one year period. The results obtained from the evaluated fuzzy system were analyzed through analysis of correlation and cluster analysis and ROC curve. The output variable, Fuzzy Fertility, showed greater similarity with some variables, besides a strong correlation with most of them, which means that the withdrawal of some variable can affect the prediction quality of the model.

KEYWORDS: fuzzy logic; validation of models; fertility of cattle

INTRODUÇÃO

É certo que o desenvolvimento de métodos estatísticos cada vez mais avançados e o uso de tecnologias de reprodução assistida ajudaram a maximizar a seleção para ganho genético de bovinos, de acordo com Singh (2014). Contudo Standerholen (2015) e Singh (2014), relatam que o sucesso dos programas de inseminação artificial bovina depende, em grande parte, do uso de sêmen de boa qualidade, já que as características do espermatozoide estão correlacionadas às diferenças na fertilidade, sendo igualmente importante para se obter uma alta taxa de concepção, a fertilidade das fêmeas, através do exame dos óvulos. Em consonância, Amaral et al. (2003) relatam que o

investimento na Inseminação Artificial torna-se viável a partir de uma taxa de prenhez de 70%, e devido as taxas brasileiras estarem entre 50% e 60%, muitos produtores evitam esta prática.

Desta maneira, é crescente a busca por ferramentas que contribuem para selecionar animais que tenham as melhores características para serem reprodutores, garantindo o permanente aumento da produtividade por meio de ganhos imediatos e permanentes, segundo Faria (1999). Assim, a utilização de sistemas baseados em inteligência artificial tem se destacado, pois apresentam capacidade de trabalhar com a subjetividade (GHARIBI et al., 2012).

A Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* possui essa capacidade, pois apresenta a tentativa de imitação da capacidade humana de tomada de decisões baseadas em informações imprecisas, tornando possível a interpretação de variáveis quantitativas com retorno de uma variável qualitativa (ZADEH, 2008; REZAEI e ORTT, 2013).

Portanto, a avaliação de um sistema capaz de prever quais animais apresentam melhores condições espermáticas no momento da reprodução é de extrema importância para o produtor assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o sistema *fuzzy* que forneça o escore de fertilidade de touros a partir da combinação das variáveis Turbilhão, Motilidade, Vigor, Defeitos Maiores, Defeitos Menores e Defeitos Totais do sêmen e para isso será utilizado análises de correlação e de clusters e curva ROC.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema avaliado utilizou em sua metodologia de elaboração a Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*, o qual realiza a interpolação entre os extremos binário de verdadeiro e falso (ZADEH, 1965). As variáveis Turbilhão, Motilidade, Vigor, Defeitos Maiores, Defeitos Menores e Defeitos Totais foram processadas pelo método de inferência Mamdani a partir de uma base de regras de 729 diferentes combinações, além de seis regras que definem a eliminação do animal que possui alguma característica com índices que devam ser rejeitados. Os valores permitidos para a aprovação e rejeição dos animais foram definidos de acordo com o manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal (CBRA, 2013).

A variável de saída Fertilidade *Fuzzy* tem as funções de pertinência classificados em 14 conjuntos onde os animais classificados em C_0 são considerados inaptos para fertilidade, C_1 são as amostras que possuem menor condição de fertilidade e os classificados em C_{13} os que possuem maiores condições.

A obtenção dos dados experimentais para a validação do modelo foi conseguida junto à Chacur et al. (2012), que coletaram amostras de sêmen pelo método de eletroejaculação (Eletroejac®, Neovet, Brasil) de cinco touros adultos da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) e cinco da raça Simental (*Bos taurus taurus*), com idades entre 48 e 72 meses, criados em manejo extensivo em pastagem de *Brachiaria decumbens* com mistura mineral e água *ad libitum*. Os animais do experimento ficaram alojados em uma propriedade rural pertencente ao município de Presidente Prudente-SP na latitude 21°29'50"S; longitude 49°14'20"W e altitude de 475 metros.

As coletas ocorreram no período de setembro de 2008 a agosto de 2009 totalizando 160 amostras, deste total coletado houve descarte de 8 delas devido a impossibilidade de análise, ficando 152 amostras aplicadas ao modelo.

Para a validação do modelo *fuzzy*, os dados coletados foram inseridos no sistema e a partir de seus resultados se estabeleceu a análise de correlação linear (Pearson) para averiguar a relação entre as variáveis em estudo, principalmente a influência sobre a variável de saída do modelo (Fertilidade *Fuzzy*) para um nível de significância de $\alpha = 0,05$. A relação entre as variáveis mostrada na análise de correlação também é reforçada pela a análise de clusters, já que é possível agrupar objetos de tal forma que sejam mais semelhantes que outros dentro de um conjunto de dados heterogêneo, sendo que o resultado desse agrupamento hierárquico pode ser visto por meio de um dendograma (NOIVA; FERNANDEZ; WESCOAT JUNIOR, 2016).

Para a análise por meio da curva ROC é feito uma comparação entre duas classificações, a atual em que se tem classificação em apto (1) ou inapto (0) e a *fuzzy* que retorna valores entre 0 e 5. Para a viabilidade da classificação, adotou-se que as amostras seriam inaptas quando o modelo *fuzzy* retornava resultados menores que 1 e aptas caso contrário (maiores ou iguais a 1).

Desta forma, é identificado o número de ocorrências de verdadeiros positivos (VP), verdadeiros negativos (VN), falsos positivos (FP) e falsos negativos (FN) através da comparação entre as duas classificações (a atual e a *fuzzy*) para a geração da curva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A correlação entre as variáveis é mostrada na TABELA 1, onde as variáveis Turbilhão, Motilidade e Vigor apresentam correlação positiva forte com a Fertilidade *Fuzzy*, isto indica que quanto maior forem as notas atribuídas a estas variáveis de entrada maior será o escore de fertilidade. A correlação negativa apresentada pelas variáveis Defeitos Maiores, Defeitos Menores e Defeitos Totais indica que quanto maior forem as notas dessas variáveis menor será o escore de fertilidade, sendo que apenas a variável defeitos menores apresenta correlação fraca com a Fertilidade *Fuzzy*, já que seu índice está abaixo de 0,5, estabelecido para o teste. Vale ressaltar que todos os índices de correlação obtidos tiveram *p*-valor significativo, ou seja, próximos a zero.

Verifica-se que as variáveis Turbilhão, Motilidade e Vigor ao serem cruzadas com as variáveis Defeitos Maiores, Defeitos Menores e Defeitos Totais apresentam correlação negativa baixa mostrando pouca analogia com as demais, sendo que a variável Defeitos Menores apresentou a mais baixa correlação com as demais. Destaca-se a correlação positiva forte entre os pares de variáveis Defeitos Maiores-Defeitos Totais e Defeitos Menores-Defeitos Totais, o que pode ser explicado pela variável Defeitos Totais ser a soma destas variáveis correlacionadas.

TABELA 1: Correlação significativa (com *p*-valor<5%) entre a variável de saída Fertilidade *Fuzzy* e as variáveis de entrada Turbilhão, Motilidade, Vigor, Defeitos Maiores, Defeitos Menores e Defeitos Totais.

	Fertilidade <i>Fuzzy</i>	Turb	Mot	Vig	Def M	Def m
<i>Turb</i>	0,713					
<i>Mot</i>	0,653	0,817				
<i>Vig</i>	0,678	0,864	0,917			
<i>Def_{Maiores}</i>	-0,646	-0,268	-0,259	-0,279		
<i>Def_{Menores}</i>	-0,299	-0,176	-0,220	-0,168	0,435	
<i>Def_{Totais}</i>	-0,590	-0,273	-0,289	-0,276	0,898	0,786

O resultado da análise de correlação pode ser confirmado por meio de dendogramas, que mostram a similaridade entre as variáveis. A Figura 1a, mostra que as variáveis Turbilhão, Motilidade e Vigor se assemelham à Fertilidade *Fuzzy* em 83%, enquanto as variáveis de Defeitos Maiores, Menores e Totais se assemelham em 16%. Apesar da baixa semelhança a análise de correlação mostrou que estas variáveis são representativas ao modelo, por isso a exclusão delas poderia alterar o modelo de forma significativa. O que pode ser reforçado por meio da curva ROC, que quando comparou a classificação existente e a *fuzzy* obteve 100% de confirmação da classificação das coletas de amostras de sêmen, tal resultado pode ser visualizado na Figura 1b, onde o ponto **0; 1,0** mostrou a otimização do sistema revelando que todos os eventos positivos e negativos são corretamente classificados.

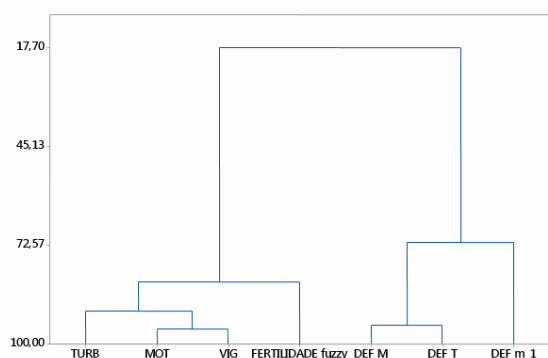


FIGURA 1a: Dendrograma da relação das variáveis Fertilidade *Fuzzy*, Turbilhão, Motilidade, Vigor, Defeitos Maiores, Defeitos Menores e Defeitos Totais.

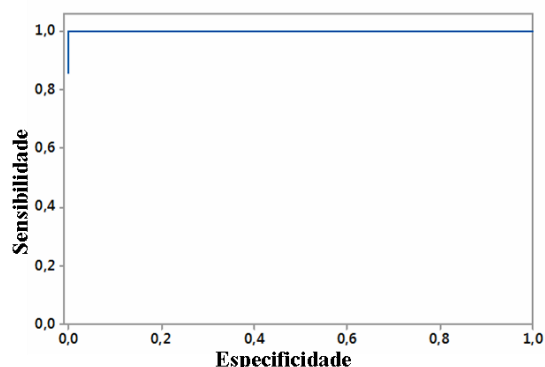


FIGURA 1b: Curva ROC para o modelo *Fuzzy* proposto.

CONCLUSÕES

O sistema *fuzzy* avaliado mostrou-se eficiente na classificação de fertilidade de touros a partir da avaliação do sêmen animal, trazendo resultados satisfatórios quando submetido a testes estatísticos, mostrando que a Fertilidade *Fuzzy* possui alta correlação com as variáveis de entrada do modelo, sendo que algumas (Turbilhão, Motilidade e Vigor) apresentam maior similaridade com o resultado. Além da curva ROC que demonstrou que o modelo acertou 100% das classificações quando comparado a julgamento anterior dos animais (apto ou inapto).

Desta maneira, o sistema é eficiente e confiável na classificação e possui o diferencial de realizar a classificação dos animais em conjuntos que representam a inaptidão ou a aptidão com graus de fertilidade de maneira instantânea, possibilitando ao produtor uma ferramenta de auxílio no manejo produtivo, no que tange a reprodução animal, já que a constante avaliação animal permite direcionar os animais melhor classificados à reprodução.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, T. B.; COSTA, F. P.; CORRÊA, E. S. *Touros melhoradores ou inseminação artificial: um exercício de avaliação econômica*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2003.
- CBRA - COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL. *Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal*. 3 ed. Belo Horizonte: CBRA, 2013. 104 p.
- CHACUR, M. G. M. et al. Influência da estação do ano nas características do sêmen e na concentração de hormônios em touros Nelore e Simental. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 64, n. 3, p. 540 – 546. 2012.
- FARIA, N. R. Programa de inseminação artificial em grande escala em bovinos de corte/ produção de novilho precoce e super precoce. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa, *Anais...* Viçosa: UFV, 1999. p. 65-84.
- GHARIBI, H. et al. A novel approach in water quality assessment based on Fuzzy logic. *Journal of Environmental Management*. n. 112, p. 87 – 95. 2012.
- NOIVA, K.; FERNANDEZ, J. E.; WESCOAT JUNIOR, J. Cluster analysis of urban water supply and demand: Toward large-scale comparative sustainability planning. *Sustainable Cities and Society*, v. 27, n. 1, p. 484 – 496, nov. 2016.
- REZAEI, J.; ORTT, R. Supplier segmentation using *Fuzzy* logic. *Industrial Marketing Management*, v. 42, n. 4, p. 507–517, maio. 2013.
- SINGH, U. et. al. Molecular markers and their applications in cattle genetic research: A review. *Biomarkers and Genomic Medicine*, v. 6, n. 2. p. 49-58, jun. 2014.
- STANDERHOLEN, F. B. et al. Use of immobilized cryopreserved bovine semen in a blind artificial insemination trial. *Theriogenology*, v. 84, n. 3, p. 413–420, ago. 2015
- ZADEH, L. A. *Fuzzy sets*. *Information and Control*, v. 8, n. 3, p.338-353, jun. 1965.
- ZADEH, L. A. Is there a need for *Fuzzy* logic? *Information Sciences*, v. 178, n. 13, p. 2751– 2779, 2008.