

INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA NA AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS PRODUTIVAS DE FRANGOS DE CORTE

DIAN LOURENÇONI¹, ÍTALO EMANNUEL DOS ANJOS SANTOS², ANA CAROLINA DE SÁ SILVA LINS³,
TADAYUKI YANAGI JUNIOR⁴, PAULO GIOVANNI DE ABREU⁵

¹Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. Adjunto, UNIVASF, Juazeiro-BA, dian.lourenconi@univasf.edu.br;

²Mestrando em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro-BA, italoemmanuelanjos@gmail.com;

³Mestranda em Engenharia Agrícola, UNIVASF, Juazeiro-BA, ana_carolina_lins@hotmail.com.

⁴Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. Associado, UFLA, Lavras-MG, yanagi@ufla.br;

⁵Dr. em Zootecnia, Pesquisador, EMBRAPA Suínos e Aves, Concórdia-SC, Paulo.g.abreu@embrapa.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: Na inteligência artificial, a seleção do tipo de curva de pertinência de sistemas *fuzzy* possibilita a melhor representação do sistema a ser modelado matematicamente, podendo resultar em menores erros de simulação. Nesse contexto, objetivou-se com o presente trabalho estudar o efeito de diferentes tipos de curvas de pertinência na modelagem do desempenho de frangos de corte criados em diferentes sistemas comerciais de produção por meio da modelagem *fuzzy*. Para o desenvolvimento e teste dos modelos *fuzzy*, três aviários comerciais (convencional, túnel com pressão negativa e *dark house*) para a criação de frangos de corte foram avaliados durante o período de um ano, totalizando 6 lotes por sistema. Para o desenvolvimento do modelo *fuzzy* adotou-se como variáveis de entrada a entalpia em cada fase de criação (Fases 1, 2 e 3 - inicial, fase 4 - crescimento e fase 5 - final) e, como variáveis de saída o consumo de ração (CR), o ganho de peso (GP), a conversão alimentar (CA) e o índice de eficiência produtiva (IEP). Curvas de pertinência triangulares, trapezoidais e gaussianas foram combinadas e então usadas para representação dos conjuntos *fuzzy* de entrada e saída, totalizando nove modelos *fuzzy* para cada variável de saída. As combinações de curvas de pertinência resultaram em respostas adequadas para a predição do CA, GP, CR e IEP. No entanto, a seleção dos tipos de curvas deve ser estudada caso a caso para que sejam obtidos os menores erros de simulação possíveis.

PALAVRAS-CHAVE: avicultura, desempenho produtivo, inteligência artificial, lógica *fuzzy*.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED IN THE EVALUATION OF PRODUCTIVE RESPONSE BROILER

ABSTRACT: In artificial intelligence, the selection of the fuzzy system pertinence curve type allows the best representation of the system to be mathematically modeled, which can result in smaller simulation errors. In this context, the objective of this work was to study the effect of different types of pertinence curves on the performance modeling of broiler chickens reared in different commercial production systems through fuzzy modeling. For the development and testing of fuzzy models, three commercial aviaries (conventional, negative pressure tunnel and dark house) for broiler breeding were evaluated during the one year period, totaling 6 lots per system. For the development of the fuzzy model, enthalpy input variables were used as input variables (Phases 1, 2 and 3 - initial, phase 4 - growth and phase 5 - final) and, as output variables, feed intake (FI), weight gain (WG), feed conversion (FC) and the productive efficiency index (PEI). Triangular, trapezoidal and Gaussian pertinence curves were combined and then used to represent the fuzzy input and output sets, totaling nine fuzzy models for each output variable. The combinations of pertinence curves resulted in adequate responses for the prediction of FC, WG, FI and PEI. However, the selection of the types of curves must be studied on a case-by-case basis in order to obtain the smallest possible simulation errors.

KEYWORDS: poultry farming, productive performance, artificial intelligence, fuzzy logic.

INTRODUÇÃO

Os frangos de corte são capazes de manter a temperatura corporal dentro de limites relativamente estreitos, por meio de mecanismos comportamentais e fisiológicos. Entretanto, quando o ambiente térmico extrapola esses limites, a energia usada para a produção de carne é dispendida nos processos termorregulatórios, ocasionando perdas produtivas (BARACHO et al., 2013; BOIAGO et al., 2013; SANTOS et al., 2014).

Diante do exposto, é imprescindível o desenvolvimento de algoritmos (modelos matemáticos) para o controle do ambiente no interior dos aviários. Entre eles, os modelos baseados em inteligência artificial, mais especificamente os baseados em metodologia *fuzzy*, tem se mostrado bastante eficientes em pesquisas com conforto animal (PONCIANO et al., 2012; CAMPOS et al., 2013; ABORISADE & STEPHEN, 2014; FERRAZ et al., 2014; JULIO et al., 2015; MIRZAEI-GHALEH et al., 2015; SCHIASSI et al., 2015).

Contudo, até então os sistemas *fuzzy* na área de ambiência animal têm sido desenvolvidos apenas com o uso de um ou dois tipos de curvas de pertinência, sendo usadas comumente as triangulares ou trapezoidais. Sendo que em outras áreas, existem estudos avaliando o uso de diferentes curvas de pertinência, como o trabalho realizado por YILMAZ & ARSLAN (2008). Portanto, objetivou-se com a presente pesquisa, desenvolver diferentes sistemas *fuzzy*, aplicando diferentes curvas de pertinência a cada um e avaliando quais são os melhores modelos para prever o desempenho de frangos de corte criados em diferentes sistemas comerciais de produção..

MATERIAL E MÉTODOS

Conforme utilizado por vários autores, o método de inferência de Mandani foi utilizado para o desenvolvimento dos diferentes modelos *fuzzy*. Esse método traz como resposta, um conjunto *fuzzy* originado da combinação dos valores de entrada com seus respectivos graus de pertinência, através do operador mínimo e em seguida pela superposição das regras, através do operador máximo. Como variáveis de entrada foram definidas as entalpias (H) nas diferentes fases de vida dos frangos (Tabela 1).

TABELA 1. Limites inferiores e superiores das temperaturas e entalpias ideais para frangos de corte em cada fase de vida.

Fase de vida (descrição)	Limites inferiores e superiores ideais		
	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Limites de entalpia (H) (kJ kg _{ar seco} ⁻¹)
1 (1ª semana de vida - fase inicial)	32 – 34	60 – 80	80,0 – 91,7
2 (2ª semana de vida - fase inicial)	28 – 32	60 – 80	72,0 – 86,5
3 (3ª semana de vida - fase inicial)	26 – 28	60 – 80	68,2 – 77,1
4 (4ª e 5ª semana de vida - fase crescimento)	18 – 26	60 – 80	54,8 – 72,8
5 (6ª semana de vida - fase final)	18 – 24	60 – 80	54,8 – 68,7

Fonte: Adaptado de Cândido et al. (2016), Cassuce et al. (2013) e Medeiros, Baêta e Oliveira (2005).

Os limites de conforto e desconforto térmico, com base na entalpia para cada fase de vida dos frangos de corte foram calculados por meio dos limites de temperatura e umidade relativa indicados por diversos autores para cada uma das fases de vida dos frangos (Tabela 1).

Por meio das combinações das fases de vida dos frangos e da entalpia (H), foram definidas 243 regras, sendo que para cada regra, foi atribuído um fator de ponderação igual a 1, pelo fato de todas as regras possuírem a mesma importância na determinação das respostas do sistema (PONCIANO et al., 2012; YANAGI JUNIOR et al., 2012; SCHIASSI et al., 2013; SCHIASSI et al., 2014).

As regras foram definidas em forma de sentenças linguísticas com base nos dados coletados experimentalmente e com o auxílio de 4 especialistas com experiência em ambiência animal e modelagem *fuzzy* por mais de dez anos, escolhidos conforme metodologia proposta por CORNELISSEN et al. (2002), empregado por YANAGI JUNIOR et al. (2012) e SCHIASSI et al. (2015).

Com base nas variáveis de entrada e se utilizando como referência os dados experimentais, os diferentes sistemas *fuzzy* predizem as variáveis de saída CR, GP, CA e IEP. A defuzificação foi feita utilizando-se o método do centro de gravidade (Centroide ou Centro de Área), que considera todas as alternativas de saída, convertendo o conjunto *fuzzy* originado pela inferência em valor numérico (LEITE et al., 2010).

Para cada uma dessas variáveis de saída, foram definidas as curvas de pertinência das variáveis de entrada e saída por meio da combinação de três curvas distintas, triangular, trapezoidal e gaussiana, totalizando nove modelos para cada variável.

Para realizar a validação dos sistemas *fuzzy* desenvolvidos foram utilizados os dados mensurados nos aviários comerciais. As simulações foram empregadas com o auxílio do *Fuzzy Toolbox*® do Matlab®, *software version* 7.13.0.564 (R2011b), no qual todas as modelagens foram elaboradas. Na avaliação dos modelos propostos, as respostas produtivas simuladas e observadas foram comparadas por meio do desvio-padrão e do erro percentual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tipos de curvas de pertinência que melhor representaram o conjunto de dados das variáveis entrada e de saída para o CR e GP foram a gaussiana e a triangular, respectivamente (Tabela 2). Os desvios-padrão e erros percentuais médios observados foram de 3,99 e 4,86 % e de 141,42 e 7,75 % para o CR e GP, respectivamente. Enquanto que, para as variáveis de entrada não se observou na literatura o uso da curva de pertinência gaussiana, para as variáveis de saída diversos autores propuseram o uso da curva de pertinência triangular (PONCIANO et al., 2012; ABREU et al., 2015; SCHIASSI et al., 2015). Os desvios-padrão médios e erros percentuais relacionados aos sistemas ajustados por estes autores para a variável CR foram de 1,19 g e 0,20 %, 4,31 g e 2,38 % e 4,15 g e 2,12 %, e para GP foram de 2,09 g e 0,49 %, 4,76 g e 2,94 % e 3,10 g e 2,74 %, respectivamente.

TABELA 2 - Desvios-padrão médios e erros percentuais médios (entre parênteses) entre os valores medidos e simulados de consumo de ração (CR, g), ganho de peso médio (GP, g), conversão alimentar (CA, g g⁻¹) e índice de eficiência produtiva (IEP, adimensional) para as diferentes curvas de pertinência utilizadas no desenvolvimento de sistemas *fuzzy*.

		Saída		
		Triangular	Trapezoidal	Gaussiana
Entrada	Triangular	4,70 (5,58 %)	4,58 (5,45 %)	4,58 (5,45 %)
	Trapezoidal	4,05 (4,92 %)	4,16 (5,05 %)	4,16 (5,06 %)
	Gaussiana	3,99 (4,86 %)	4,03 (4,90 %)	4,08 (4,96 %)
		GP		
		Triangular	Trapezoidal	Gaussiana
Entrada	Triangular	161,85 (8,52 %)	143,78 (7,89 %)	141,42 (7,75 %)
	Trapezoidal	143,78 (7,89 %)	143,78 (7,89 %)	143,78 (7,89 %)
	Gaussiana	141,42 (7,75 %)	141,42 (7,75 %)	141,42 (7,75 %)
		CA		
		Triangular	Trapezoidal	Gaussiana
Entrada	Triangular	0,09 (8,51 %)	0,06 (5,03 %)	0,06 (5,19 %)
	Trapezoidal	0,06 (5,03 %)	0,06 (5,03 %)	0,06 (5,03 %)
	Gaussiana	0,06 (5,19 %)	0,06 (5,19 %)	0,06 (5,19 %)
		IEP		
		Triangular	Trapezoidal	Gaussiana
Entrada	Triangular	34,06 (14,16 %)	24,24 (12,13 %)	22,90 (11,58 %)
	Trapezoidal	24,24 (12,13 %)	24,24 (12,13 %)	24,24 (12,13 %)
	Gaussiana	22,90 (11,58 %)	22,90 (11,58 %)	22,90 (11,58 %)

O tipo de curva de pertinência trapezoidal foi que resultou em menores valores médios de desvio-padrão e erro percentual para a CA (0,06 e 4,69 %, respectivamente) quando usados nas variáveis de entrada e saída. Esse comportamento corrobora com os resultados de sistemas *fuzzy*

desenvolvidos por diversos autores (OLIVEIRA et al., 2005; PANDORFI et al., 2007; SANTOS et al., 2009).

Com relação ao IEP, o tipo de curva de pertinência que melhor representou o conjunto de dados de entrada e de saída foi a gaussiana, com desvio-padrão médio de 22,20 e erro percentual médio de 11,35 %. Em estudo realizado por YILMAZ & ARSLAN (2008), avaliando modelos com diferentes curvas de pertinência nas variáveis de entrada para o cálculo das alturas geográficas, em Istambul (Turquia), os autores ressaltam que o modelo usando a curva de pertinência gaussiana foi o que obteve o melhor resultado.

Os sistemas *fuzzy* compostos por curvas de pertinência triangulares nas variáveis de entrada foram os que resultaram em maiores valores médios de desvio-padrão e erro percentual. Este comportamento, no geral, deve-se à existência de faixas bem delimitadas para os conjuntos *fuzzy* de entrada com alteração gradual entre estes conjuntos. Para estas variáveis, a existência de um ponto com grau de pertinência 1 e variação linear a partir deste ponto não foi adequado. Ademais, o comportamento da curva gaussiana também se assemelha mais as variações observadas nos seres vivos que nem sempre produzem comportamentos descritos por curvas triangulares e ou retangulares.

Pode-se observar que os desvios-padrão médios e erros percentuais médios (entre parênteses) para os diferentes sistemas *fuzzy* variaram entre 3,99 g (4,86 %) e 4,70 g (5,58 %) para CR, 141,42 g (7,75 %) e 163,42 g (8,59 %) para GP, 0,06 g g⁻¹ (4,96 %) e 0,09 g g⁻¹ (8,51 %) para CA e 22,20 (11,35 %) e 34,41 (14,26 %) para IEP. Portanto, todos os modelos propostos considerando a combinação das diferentes curvas de pertinência são capazes de estimar com certa eficiência o desempenho produtivo de frangos de corte.

Entretanto, a seleção de um tipo de curva de pertinência ou a combinação de vários tipos depende do comportamento da variável a ser estudada, sendo que, a estatística descritiva pode ser usada para a seleção da melhor configuração para o desenvolvimento do sistema *fuzzy*, permitindo a redução dos erros. Para as variáveis estudadas, as reduções observadas dos valores médios de desvio-padrão e de erro percentual médio foram de 0,71 g e 0,72 % para CR, de 22,00 g e 0,84 % para GP, de 0,03 g g⁻¹ e 3,55 % para CA e de 12,21 e 2,91 % para IEP

CONCLUSÃO

As curvas de pertinência triangular, trapezoidal e gaussiana usadas no desenvolvimento dos sistemas *fuzzy* propiciam respostas adequadas para a predição do consumo de ração médio diário, ganho de peso, conversão alimentar e índice de eficiência produtiva de frangos.

Entretanto, a seleção dos tipos de curvas usadas para representar as variáveis de entrada e de saída depende do comportamento dessas variáveis e devem ser estudadas caso a caso para que se obtenha os menores erros de simulação possíveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam os seus agradecimentos à FAPEMIG, à CAPES, ao CNPq e à EMBRAPA Suínos e Aves pelo apoio a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Aborisade, D. O.; Stephen, O. Poultry house temperature control using Fuzzy-PID controller. International Journal of Engineering Trends and Technology, v.11, n.6, p.310-314, 2014.
- Abreu, L. H. P.; Yanagi Junior, T.; Fassani, E. J.; Campos, A. T.; Lourençoni, D. Fuzzy modeling of broiler performance, raised from 1 to 21 days, subject to heat stress. Engenharia Agrícola, v.35, n.6, p.967-978, 2015.
- Baracho, M. S.; Cassiano, J. A.; Nääs, I. A.; Tonon, G. S.; Garcia, R. G.; Royer, A. F. B.; Santana, M. R. Ambiente interno em galpões de frango de corte com cama nova e reutilizada. Agrarian, v.6, n.22, p.473-478, 2013.
- Boiago, M. M.; Barba, H.; Souza, P. A.; Scatolini, A. M.; Ferrari, F. B.; Giampietro-Ganeco, A. Desempenho de frangos de corte, alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.65, n.1, p.241-247, 2013.

- Campos, A. T.; Castro, J. O.; Schiassi, L.; Yanagi Junior, T.; Pires, M. F. Á.; Mattioli, C. C. Prediction of free-stall occupancy rate in dairycattle barns through fuzzy sets. *Engenharia Agrícola*, v.33, n.1, p.1079-1089, 2013.
- Cândido, M. G.; Tinôco, I. D. F.; Pinto, F. D. A. D. C.; Santos, N. T.; Roberti, R. P. Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. *Engenharia Agrícola*, v.36, n.5, p.760-767, 2016.
- Cassuce, D. C.; Tinoco, I. D. F.; Baeta, F. C.; Zolnier, S.; Cecon, P. R.; Vieira, M. D. A. Atualização da temperatura de conforto térmico para frangos de corte de até 21 dias de idade. *Engenharia Agrícola*, v.33, n.1, p.28-36, 2013.
- Cornelissen, A. M. G.; Van Den Berg, J.; Koops, W. J.; Kaymak, U. Elicitation of expert knowledge for fuzzy evaluation of agricultural production systems. *Agriculture, ecosystems e environment*, v.95, n.1, p.1-18, 2002.
- Ferraz, P. F. P.; Yanagi Junior, T.; Julio, Y. F. H.; Castro, J. O.; Gates, R. S.; Reis, G. M.; Campos, A. T. Predicting chick body mass with artificial intelligence-based models. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, n.7, p.559-568, 2014.
- Julio, Y. F. H.; Yanagi Junior, T.; Pires, M. F. A.; Lopes, M. A.; Lima, R. R. Fuzzy system to predict physiological responses of Holstein cows in southeastern Brazil. *Revista Colombiana de Ciências Pecuárias*, v.28, n.1, p.42-53, 2015.
- Leite, M. S.; Fileti, A. M. F.; Silva, F. V. Desenvolvimento e aplicação experimental de controladores fuzzy e convencional em um bioprocesso. *Revista Controle & Automação*, v.21, n.2, p.147-158, 2010.
- Medeiros, C. M.; Baêta, F. C.; Oliveira, R. F. M. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Engenharia na Agricultura*, v.13, n.4, p.277-286, 2005.
- Mirzaee-Ghalehv, E.; Omid, M.; Keyhani, A.; Dalvand, M. J. Comparison of fuzzy and on/off controllers for winter season indoor climate management in a model poultry house. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.110, p.187-195, 2015.
- Oliveira, H. L.; Amendola, M.; Nääs, I. A. Estimativa das condições de conforto térmico para avicultura de postura usando a teoria dos conjuntos fuzzy. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.2, p.300-307, 2005.
- Pandorfi, H.; Silva, I. J. O.; Guiselini, C.; Piedade, S. M. S. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.1, p.83-92, 2007.
- Ponciano, P. F.; Yanagi Junior, T.; Schiassi, L.; Campos, A. T.; Nascimento, J. W. B. Sistema fuzzy para predição do desempenho produtivo de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. *Engenharia Agrícola*, v.32, n.3, p.446-458, 2012.
- Santos, G. B.; Sousa, I. F.; Brito, C. O.; Santos, V. S.; Barbosa, R. J.; Soares, C. Estudo biológico das regiões litorâneas, agreste e semiárida do estado de Sergipe para a avicultura de corte e postura. *Ciência Rural*, v.44, n.1, p.123-128, 2014.
- Santos, R. C.; Nääs, I. A.; Moreira, F. R.; Gomes Filho, R. Aplicação da lógica nebulosa na simulação de estro de vacas leiteiras. *Enciclopédia Biosfera*, v.5, n.8, p.1-6, 2009.
- Schiassi, L.; Melo, N.S.M.; Tavares, G.F.; Souza, Í.P.; Araújo, H.B.; Della Giustina, C. Modelagem fuzzy em parâmetros de bem-estar humano. *Nativa*, v.1, n.1, p.8-12, 2013.
- Schiassi, L.; Yanagi Junior, T.; Damasceno, F. A.; Saraz, J. A. O.; Amaral, A. G. Thermal-Acoustic Comfort Index for Workers of Poultry Houses Using Fuzzy Modeling. *International Journal of Engineering Research and Applications*, v.4, n.9, p.60-64, 2014.
- Schiassi, L.; Yanagi Junior, T.; Reis, G. M.; Abreu, L. H. P.; Campos, A. T.; Castro, J. O. Modelagem fuzzy aplicada na avaliação do desempenho de frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.2, p.140-146, 2015.
- Yanagi Junior, T.; Schiassi, L.; Abreu, L. H. P.; Barbosa, J. A.; Campos, A. T. Procedimento fuzzy aplicado à avaliação da insalubridade em atividades agrícolas. *Engenharia Agrícola*, v.32, n.3, p.423-434, 2012.
- Yilmaz, M.; Arslan, E. Effect of the Type of Membership Function on Geoid Height Modelling with Fuzzy Logic. *Survey Review*, v.40, n.310, p.379-391, 2008.