



MODELAGEM *FUZZY* APLICADA NA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE GALINHAS POEDEIRAS NAS PRIMEIRAS SEMANAS DE VIDA

Rafaella Resende Andrade¹, Marcelo Bahuti², [Bruna Campos Amaral](#)², Lucas Henrique Pedrozo Abreu², Rômulo Marçal Gandia², Murilo Santos Freire², Jacqueline Cardoso Ferreira².

¹Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa-MG. rafaella.andrade@ufv.br, ²Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras-MG. marcelo_bahuti@hotmail.com, bruna.amaral@engagricola.ufla.br, lucas.abreu@deg.ufla.br, romagandia@gmail.com, murilo.s.freire@gmail.com, jacardosof@yahoo.com.br

RESUMO – Promover condições ideais nas primeiras semanas de vida das aves são essenciais para a sua futura eficiência produtiva, gerando reflexos positivos durante o ciclo de vida das mesmas, em função das exposições térmicas a qual foram submetidas. Desse modo, objetivou-se por meio desse trabalho, desenvolver um modelo *fuzzy* para predição do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, durante as seis primeiras semanas de vida, em diferentes condições térmicas de alojamento. As variáveis de entrada para o modelo *fuzzy* foram as temperaturas de exposição e as idades das aves. A inferência foi realizada por meio da metodologia Mamdani e a defuzzificação pelo método do centro de gravidade. Na comparação dos resultados obtidos na simulação do modelo com os dados experimentais, evidencia-se eficiência satisfatória na determinação das respostas, apresentando erro absoluto máximo equivalente a 0,395 g e coeficiente de determinação mínimo igual a 0,9872 dentre todas as variáveis.

Palavras-chave: ambiência animal, predição, respostas produtivas.

INTRODUÇÃO

As aves precisam ser criadas em um ambiente térmico apropriado, com adequado controle da temperatura do ar, a fim de expressar todo o potencial genético e obter a máxima produtividade (GARCIA et al., 2012). Para tal, as galinhas poedeiras necessitam do ambiente térmico apropriado já na fase inicial da vida, pois condições adversas afetam o metabolismo do animal, que por sua vez, gera efeitos permanentes sobre a produtividade (ANDRADE et al., 2017; MENEGALI et al., 2013).

Segundo Cordeiro et al. (2010), a correlação entre as respostas produtivas das aves e o ambiente térmico tem sido reportada em diversos trabalhos. De forma que, a avaliação da condição de conforto pode ser realizada por meio de parâmetros zootécnicos como, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar (ROCHA et al., 2010).



Assim, as respostas produtivas são ótimas formas de avaliação da eficiência na criação das aves, e a temperatura recomendada para o ambiente de alojamento varia de acordo com a idade dos animais, sendo assim, uma interação complexa. Desse modo, faz-se necessário a utilização de técnicas capazes de predizer o desempenho produtivo em diversas situações térmicas do ambiente.

Dentre as técnicas utilizadas para a avaliação de aves está a lógica *fuzzy*, que tem sido utilizada tanto para predição de respostas produtivas (ABREU et al., 2015) quanto fisiológicas (FERREIRA et al., 2012) em frangos de corte.

Diante do exposto, objetivou-se por meio desse trabalho, desenvolver um modelo a partir da lógica *fuzzy* para a predição do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de galinhas poedeiras nas primeiras semanas de vida.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados nesse trabalho foram obtidos por Andrade (2017), no qual utilizou aves da linhagem Lohmann LSL Lite, abrigadas em câmaras climáticas com dimensões de 3,2 x 2,44 x 2,38 metros de comprimento, largura e altura, respectivamente, sendo alojadas em gaiolas por um período de 42 dias.

Durante o período de alojamento, as poedeiras foram submetidas a diferentes temperaturas em cada semana do período de criação, conforme Tabela 1, a fim de proporcionar estresse térmico por altas temperaturas (tratamento 2: 38, 31, 29, 26, 22 e 22 °C para 1°, 2°, 3°, 4°, 5° e 6° semana, respectivamente) e baixas temperaturas (tratamento 3: 28, 25, 23, 20, 17 e 17 °C; e tratamento 4: 25, 22, 20, 17, 17 e 17 °C; ambos aplicados na 1°, 2°, 3°, 4°, 5° e 6° semana, respectivamente). Ademais, também foi realizado um tratamento controle com as temperaturas recomendadas para cada semana de vida (tratamento 1: 33, 28, 26, 23, 19 e 19 °C para 1°, 2°, 3°, 4°, 5° e 6° semana, respectivamente), conforme o manual de criação da linhagem (MANAGEMENT GUIDE LOHMANN LSL LITE (s.d)). A umidade relativa do ar aplicada foi de 60 ± 5 % (MEDEIROS et al., 2005).

Desse modo, os efeitos das temperaturas sobre as respostas produtivas como, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, foram obtidas ao final de cada semana, sendo mensurados os parâmetros Zootécnicos nos dias 8, 15, 22, 29, 36 e 42 de criação das aves.

Tabela 1. Temperaturas de exposição aplicadas no ambiente de criação das poedeiras em cada fase de vida.

Tratamentos	Temperaturas de exposição (° C)					
	Idade (dias)					
	1 a 7	8 a 14	15 a 21	22 a 28	29 a 35	36 a 42
1	33	28	26	23	19	19
2	38	31	29	26	22	22
3	28	25	23	20	17	17
4	25	22	20	17	17	17

Fonte: Adaptado de Andrade et al. (2017).

Assim, iniciou-se o desenvolvimento do modelo *fuzzy*, em que, foram definidas como variáveis de entrada os valores das temperaturas aplicadas sobre as aves, assim como suas respectivas idades. Já as variáveis de saída para o sistema foram o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar.

O modelo foi desenvolvido no MATLAB, a partir do *Fuzzy Logic Designer*, sendo utilizada a inferência de Mamdani (1974) com método defuzzificação centroide, uma vez que esta configuração tem alcançado bons níveis de predição de respostas produtivas de aves (ABREU et al., 2015; PONCIANO et al., 2012; SCHIASSI et al., 2015).

Os parâmetros de definição das funções de pertinência que compõem as variáveis de entrada estão listados na Tabela 2. Por sua vez, na Figura 1 contém as funções de pertinência para as variáveis de saída do modelo. Para ambas as variáveis foram utilizadas funções triangulares.

Tabela 2. Parâmetros de definição das funções de pertinência das variáveis de entrada, temperatura de exposição (°C) e idade das aves (dias).

Entrada 1					
Temperaturas de exposição	T ₁₇ [17; 17; 18,9]	T ₁₉ [17,1; 19; 19,9]	T ₂₀ [19,1; 20; 21,9]	T ₂₂ [20,1; 22; 22,9]	
	T ₂₃ [22,1; 23; 24,9]	T ₂₅ [23,1; 25; 25,9]	T ₂₆ [25,1; 26; 27,9]	T ₂₈ [26,1; 28; 28,9]	
	T ₂₉ [28,1; 29; 30,9]	T ₃₁ [29,1; 31; 32,9]	T ₃₃ [31,1; 33; 37,9]	T ₃₈ [33,1; 38; 38]	
	Entrada 2				
	Idades	I ₈ [8; 8; 15]	I ₁₅ [8; 15; 22]	I ₂₂ [15; 22; 29]	
		I ₂₉ [22; 29; 36]	I ₃₆ [29; 36; 42]	I ₄₂ [36; 42; 42]	

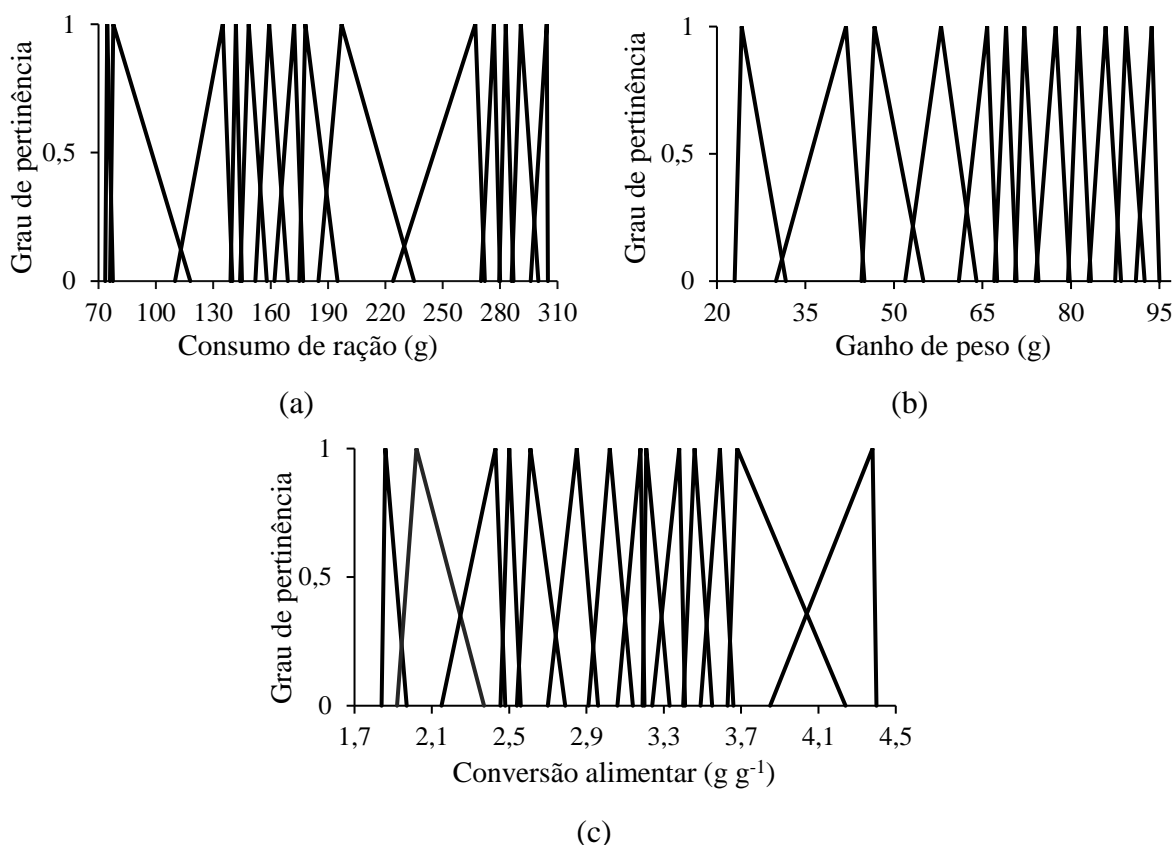


Figura 1. Funções de pertinência triangulares aplicadas às variáveis de saídas (a) consumo de ração (b) ganho de peso e (c) conversão alimentar.

O sistema de regras foi desenvolvido com base nas combinações das variáveis de entradas, nas quais foram atribuídos peso igual a 1, a fim de proporcionar igualdade de relevância para cada regra (SARGOLZAIE et al., 2008; ABREU et al., 2015). De modo que, tanto as regras quanto as definições dos parâmetros das funções de pertinência, foram realizadas por meio de especialistas, segundo metodologia de Cornelissen et al. (2002).

Por fim, para testar o sistema *fuzzy*, os dados obtidos experimentalmente foram confrontados aos dados da predição por meio de índices estatísticos como, desvio padrão, erro percentual, erro absoluto e coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Cordeiro et al. (2010) e Andrade (2017), as primeiras semanas de vida das aves são importantes para o seu desenvolvimento, e eventuais irregularidades no ambiente de criação podem gerar perdas produtivas ao longo de todo o ciclo da ave. Dessa forma, faz-se

necessário o conhecimento e o controle sobre o ambiente de criação, a fim de alcançar a máxima produtividade.

As respostas produtivas obtidas através do experimento, assim como as previstas pelo sistema *fuzzy*, estão dispostas na Tabela 3, juntamente com os indicadores estáticos para a comparação.

Tabela 3. Comparação dos valores de consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) obtida por meio do experimento e por meio do sistema *fuzzy*.

Temp. (°C)	Idade	Dados experimentais			Dados <i>fuzzy</i>			Desvio padrão			Erro percentual			Erro absoluto							
		CR	GP	CA	CR	GP	CA	CR	GP	CA	CR	GP	CA	CR	GP	CA					
38	8	73,78	23,18	3,18	74,90	26,30	3,15	0,79	2,21	0,02	1,52	13,46	1,03	1,12	3,12	0,03					
31	15	140,83	40,51	3,48	142,00	38,60	3,47	0,83	1,35	0,00	0,83	4,71	0,18	1,17	1,91	0,01					
29	22	134,96	72,51	1,86	120,00	72,40	1,89	4,92	0,08	0,02	5,16	0,15	1,54	6,96	0,11	0,03					
26	29	171,86	86,49	1,99	170,00	85,80	2,10	1,32	0,49	0,08	1,08	0,80	5,68	1,86	0,69	0,11					
22	36	288,22	65,79	4,38	292,00	64,60	4,21	2,67	0,84	0,12	1,31	1,81	3,90	3,78	1,19	0,17					
22	42	281,70	78,99	3,57	283,00	77,10	3,58	0,92	1,34	0,01	0,46	2,39	0,38	1,30	1,89	0,01					
33	8	76,43	25,34	3,02	88,10	26,30	3,02	8,25	0,68	0,00	15,27	3,79	0,13	11,67	0,96	0,00					
28	15	147,85	46,43	3,18	150,00	48,70	3,15	1,52	1,61	0,02	1,45	4,89	1,08	2,15	2,27	0,03					
26	22	146,71	71,64	2,05	150,00	72,40	2,10	2,33	0,54	0,04	2,24	1,06	2,55	3,29	0,76	0,05					
23	29	178,17	68,74	2,59	181,00	68,90	2,65	2,00	0,11	0,04	1,59	0,23	2,24	2,83	0,16	0,06					
19	36	266,94	93,72	2,85	260,00	93,20	2,84	4,91	0,37	0,01	2,60	0,55	0,29	6,94	0,52	0,01					
19	42	277,66	82,20	3,38	275,00	81,40	3,34	1,88	0,57	0,03	0,96	0,97	1,12	2,66	0,80	0,04					
28	8	79,01	24,90	3,17	88,10	26,30	3,15	6,43	0,99	0,02	11,50	5,62	0,73	9,09	1,40	0,02					
25	15	149,03	47,02	3,17	150,00	48,70	3,15	0,69	1,19	0,01	0,65	3,57	0,62	0,97	1,68	0,02					
23	22	142,78	58,83	2,43	142,00	58,00	2,35	0,55	0,59	0,05	0,55	1,41	3,17	0,78	0,83	0,08					
20	29	172,81	69,19	2,50	170,00	68,90	2,51	1,99	0,21	0,01	1,63	0,42	0,50	2,81	0,29	0,01					
17	36	275,94	80,42	3,43	288,00	84,00	3,53	8,53	2,53	0,07	4,37	4,45	2,88	12,06	3,58	0,10					
17	42	284,00	89,37	3,18	289,00	87,70	3,25	3,54	1,18	0,05	1,76	1,87	2,27	5,00	1,67	0,07					
25	8	75,20	23,41	3,21	74,90	26,30	3,24	0,21	2,04	0,02	0,40	12,35	0,86	0,30	2,89	0,03					
22	15	159,30	43,31	3,68	160,00	39,00	3,85	0,49	3,05	0,12	0,44	9,95	4,67	0,70	4,31	0,17					
20	22	150,28	57,19	2,63	150,00	57,30	2,65	0,20	0,08	0,02	0,19	0,19	0,85	0,28	0,11	0,02					
17	29	196,86	75,75	2,60	206,00	77,10	2,65	6,46	0,95	0,04	4,64	1,78	1,97	9,14	1,35	0,05					
17*	36*	304,42	84,14	3,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
17*	42*	293,38	86,97	3,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Média								2,79	1,04	0,04	2,75	3,47	1,76	3,95	1,48	0,05					

* Conjunto desconsiderado a fim de evitar ambiguidade entre regras.

Com base nos dados expostos, observa-se que os melhores resultados para os indicadores estatísticos ocorreram para a variável conversão alimentar (CA), por sua vez, o ajuste de menor exatidão ocorreu para a resposta consumo de ração (CR). No entanto, todas as variáveis analisadas obtiveram acurácias satisfatórias.

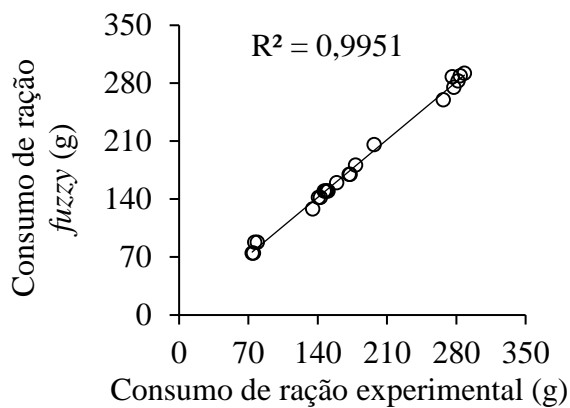
Os valores médios de desvio padrão para o modelo proposto foram equivalentes a 2,79; 1,04 e 0,04 g para consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente.

Schiassi et al. (2015) ao desenvolver um modelo *fuzzy* para avaliar o desempenho produtivo de frangos de corte durante as três primeiras semanas de vida, encontrou desvio padrão médio de 4,15 g, 3,10 g e 0,03 g g⁻¹ para as variáveis consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, indicando assim, boa acurácia em ambos os modelos.

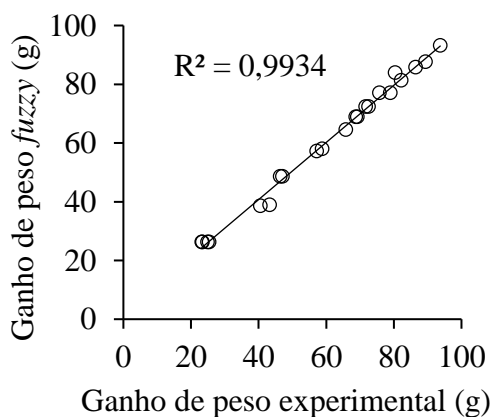
Com relação aos erros absolutos médios obtidos pelo sistema *fuzzy*, para as repostas de consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, foram, na devida ordem, iguais à 3,95 g, 1,48 g e 0,05 g g⁻¹. Ponciano et al. (2012) ao avaliarem a performance do sistema *fuzzy* para predição do desempenho produtivo de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, encontraram erros médios equivalentes a 6,09 g, 6,73 g e 0,02 g g⁻¹, para consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente. Marques et al. (2016) encontram erro percentual médio de 3,84 % ao utilizaram lógica *fuzzy* para predizer a conversão alimentar de codornas.

Desse modo, os baixos valores de erros associados a predição nos trabalhos, indicam que a metodologia *fuzzy* pode ser utilizada para predição e controle durante as primeiras semanas de vida das aves.

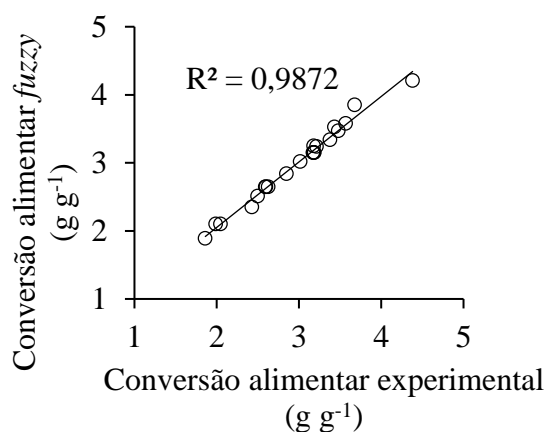
Por sua vez, na Figura 2 estão ilustrados os gráficos de correlação das respostas produtivas obtidas experimentalmente e as previstas pelo sistema *fuzzy* desenvolvido, assim como seus respectivos R².



(a)



(b)



(c)

Figura 2. Regressões lineares dos valores preditos pela lógica *fuzzy* para as variáveis de saída (a) consumo de ração, (b) ganho de peso e (c) conversão alimentar, em função dos valores obtidos experimentalmente.

Com base nas regressões lineares simples, os resultados mostraram coeficientes de determinação equivalentes a 0,9951; 0,9934 e 0,9872 para consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente. Medeiros et al. (2005) desenvolveram um modelo matemático para prever o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar e encontraram coeficientes de determinação de 0,91; 0,89 e 0,72, respectivamente.

Assim, o modelo proposto expressa boa acurácia e pode retratar de forma realista as respostas de desempenho produtivo das galinhas poedeiras nas primeiras semanas de vida, explicando mais que 98,7% da variação, em suas respectivas faixas de domínio, para todas as variáveis analisadas.

CONCLUSÃO

O modelo *fuzzy* proposto permite estimar, com eficiência, o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de galinhas poedeiras, durante as seis primeiras semanas de vida, submetidas a diferentes condições de exposição térmica em cada semana de vida.

Os modelos de regressão que comparam os dados experimentais aos dados *fuzzy* são capazes de explicar, ao menos, 98,7% do comportamento dos dados para todas as variáveis, sendo, portanto, uma boa alternativa para auxiliar a tomada de decisão.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, L.H.P.; YANAGI JUNIOR, T.; FASSANI, É.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.
- ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; BARBARI, M.; CONTI, L.; CECON, P. R.; CÂNDIDO, M.G.L.; MARTINS, I.T.A.; TELES JUNIOR, C. Evaluation of the surface temperature of laying hens in different thermal environments during the initial stage of age based on thermographic images. *Agronomy Research*, v. 15, n. 3, p. 629-638, 2017.
- ANDRADE, R.R. Determinação da faixa de conforto térmico para galinhas poedeiras na fase inicial de criação. 2017. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.
- CORDEIRO, M.B.; TINÔCO, I.F.F.; SILVA, J.N.; VIGODERIS, R.B.; PINTO, F.A.C.; CECON, P.R. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 1, p. 217-224, 2010.
- CORNELISSEN, A.M.G.; VAN DEN BERG, J.; KOOPS, W. J.; KAYMAK, U. Eliciting expert knowledge for fuzzy evaluation of agricultural production systems. Rotterdam: Erasmus Research Institute of Management, 2002.
- FERREIRA, L.; YANAGI JUNIOR, T.; LACERDA, W.S.; RABELO, G.F. A fuzzy system for cloacal temperature prediction of broiler chickens. *Ciência Rural*, v. 42, n. 1, p. 166-171, 2012.
- GARCIA, R.G.; ALMEIDA PAZ, I.C.L.; CALDARA, F.R.; NÄÄS, I.A.; PEREIRA, D.F. FERREIRA, V.M.O.S. Selecting the most adequate bedding material for broiler production in Brazil. *Brazilian Journal of Poultry Sciences*, v. 14, n. 2, p. 71-158, 2012.
- MAMDANI, E.H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. In *Proceedings of the institution of electrical engineers*, v. 121, n. 12, p. 1585-1588, 1974.
- MANEGEMENT GUIDE LOHMANN LSL-Lite (s.d). Disponível em: <http://www.hylinena.com/UserDocs/products/Lohmann_LSL-Lite.pdf>. Acesso em: 24 de dezembro de 2018.
- MARQUES, J.I.; LOPES NETO, J.P.; LOPES, F.F.; FURTADO, D.A.; ARAUJO, T. G. Fuzzy modeling in the prediction of climate indices and productive performance of quails kept in climate chamber. *Engenharia Agrícola*, v. 36, n. 4, p. 604-612, 2016.
- MEDEIROS, C.M.; BAÊTA, F.D.C.; OLIVEIRA, R.D.; TINÔCO, I.D.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v. 13, n. 4, p. 277-286, 2005.
- MENEGALI, I.; TINOCO, I.F.; CARVALHO, C.D.; SOUZA, C.D.F.; MARTINS, J.H. Comportamento de variáveis climáticas em sistemas de ventilação mínima para produção de



pintos de corte. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi, v. 17, n. 1, 2013.

PONCIANO, P.F.; YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; CAMPOS, A.T.; NASCIMENTO, J.W. 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.

ROCHA, H.P.; FURTADO, D.A.; NASCIMENTO, J.W.B; SILVA, J.H.V. Índices bioclimáticos e produtivos em diferentes galpões avícolas no semiárido paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 12, p. 1330–1336, 2010.

SARGOLZAEI, J.; KHOSHNOODI, M.; SAGHATOLESLAMI, N.; MOUSAVI, M. Fuzzy inference system to modeling of crossflow milk ultrafiltration. Applied Soft Computing, v. 8, n. 1, p. 456-465, 2008.

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.