

Artigo de revisão bibliográfica

Modelagem do consumo alimentar e padrões comportamentais de coelhos Nova Zelândia Branco submetidos a desafios crônicos por altas temperaturas

Modeling of feed intake and behavioral patterns of New Zealand White rabbits subject to chronic high temperatures challenges

Modelado de consumo de alimentos y patrones comportamiento de conejos blancos de Nueva Zelanda sujetos a desafíos crónicos alta temperatura

Maria Alice Junqueira Gouvêa Silva^{2*}, Tadayuki Yanagi Junior¹, Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz¹, Raquel Silva de Moura², Lucas Henrique Pedrozo de Abreu³, Renato Ribeiro de Lima⁴

Departamentos de Engenharia Agrícola¹, Zootecnia², Engenharia³ e Estatística⁴, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Campus, Lavras, MG, 3037, Brasil.

*E-mail: malicejgsilva@gmail.com

RESUMO

O ambiente afeta o desempenho produtivo dos animais quando expostos a condições de estresse térmico, comprometendo o bem-estar, o crescimento e a produção. Diante disso, essa revisão bibliográfica foi elaborada com o objetivo de abordar a influência do microclima do coelhário sobre as respostas fisiológicas, comportamentais e desempenho produtivo de coelhos submetidos a condições de estresse térmico. E, também, descrever como a utilização de técnicas computacionais de inteligência artificial como os sistemas de inferências *fuzzy* Takagi-Sugeno e Mamdani, podem contribuir na busca por soluções que melhorem as condições microclimáticas nos coelhários já existentes a custo baixo bem como, auxiliar o produtor a melhorar a eficiência no controle da climatização da instalação com a finalidade de se obter maior aproveitamento econômico além de buscar novas alternativas para a manutenção da qualidade da produção dentro do coelhário e adequações no manejo diário dos animais.

Palavras-chave: ambiente térmico, cunicultura, estresse térmico, sistema de inferência *fuzzy*

ABSTRACT

The microclimate of a rabbit house affects the productive performance of animals when exposed to thermal stress conditions, compromising welfare, growth and production. Therefore, this bibliographic review was prepared with the objective of addressing the influence of the microclimate of a rabbit house on the physiological, behavioral responses and productive performance of rabbits subjected to thermal stress conditions. And, also, to describe how the use of computational artificial intelligence techniques such as Takagi-Sugeno and Mamdani fuzzy inferences systems, can contribute to the search for solutions that improve microclimate conditions in existing a rabbit house, as well as assist the producer to improve efficiency in controlling the air conditioning of the installation in order to obtain greater economic use, in addition to seeking new alternatives for maintaining the quality of production within the rabbit house and adjustments in the daily handling of animals.

Key-words: *fuzzy* inference system, rabbit breeding, thermal environment, thermal stress

RESUMEN

El ambiente afecta el desempeño productivo de los animales cuando se exponen a condiciones de estrés térmico, comprometiendo su bienestar, crecimiento y producción. Por ello, esta revisión bibliográfica se elaboró con el objetivo de abordar la influencia del microclima del granja conejo en las respuestas fisiológicas, conductuales y productivas de conejos sometidos a condiciones de estrés térmico. Y, también, describir cómo el uso de técnicas de inteligencia artificial computacional como los sistemas de inferencia difusa Takagi-Sugeno y Mamdani, puede contribuir a la búsqueda de soluciones que mejoren las condiciones microclimáticas en granjas conejos existentes a bajo costo, así como ayudar al productor a mejorar la eficiencia en el control de la climatización de la instalación con el fin de obtener un mayor aprovechamiento económico, además de buscar nuevas alternativas para mantener la calidad de producción dentro del granja conejo y ajustes en el manejo diario de los animales.

Palabras-clave: ambiente térmico, cunicultura, estrés térmico, sistema de inferencia *fuzzy*

Introdução

A cunicultura é uma atividade bastante desenvolvida em diversos países, como China e Itália, devido à facilidade em seu manejo, a alta prolificidade, por apresentar baixo impacto poluidor, se enquadrar bem em sistemas próprios de agricultura familiar, além de produzir carne de alto valor

biológico (MACHADO e FERREIRA, 2012; MACHADO, 2016).

Com isso, para que a cunicultura seja rentável para o produtor deve-se levar em consideração a raça do coelho, a nutrição, o manejo, a sanidade e, principalmente, o ambiente térmico em que o animal ficará alojado.

O ambiente afeta o desempenho produtivo dos animais quando expostos a condições de estresse térmico, comprometendo o bem-estar, o crescimento e a produção. Neste contexto, os animais que são criados em ambientes térmicos caracterizados como sendo a zona de termoneutralidade evitam o desperdício de energia metabólica contida na ração e gastam o mínimo para a manutenção da temperatura corporal (CERVERA e CARMONA, 2010; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996). Entretanto, os limites de termoneutralidade são fixados por meio de medidas indiretas, como a temperatura do ar, umidade relativa, ventilação entre outras variáveis ambientais que geram imprecisão na análise das reais necessidades ambientais para os animais, em função da grande quantidade de fatores relacionados.

Dessa forma, observar o consumo alimentar e os padrões comportamentais dos coelhos podem ser uma maneira eficaz para comparar diferentes condições de manejo e identificar a ocorrência de possíveis comportamentos anormais como, a redução no consumo de ração, comportamentos agonísticos e

estereotipados que podem ser sinais de frustração e ansiedade tendo como consequência a redução do bem-estar.

No Brasil, tem-se utilizado técnicas computacionais de inteligência artificial que visam resolver problemas na área de ambiência das quais pode-se destacar a modelagem *fuzzy*, sendo um método confiável que pode considerar as diversas associações entre o ambiente térmico de criação e a estimativa do bem-estar dos animais.

Desta maneira, a utilização do sistema de inferência *fuzzy* Takagi-Sugeno pode contribuir para o avanço nas pesquisas relacionadas ao conforto térmico na criação de coelhos em condições de clima tropical e auxiliar o produtor a melhorar a eficiência no controle da climatização da instalação com a finalidade de se obter maior aproveitamento econômico, bem como, buscar novas alternativas para a manutenção da qualidade da produção dentro do coelhário.

Influência do ambiente térmico no conforto dos coelhos

Os fatores ambientais que mais influenciam o bem-estar e, conseqüentemente, a saúde, reprodução e a produção dos coelhos são representados pela temperatura do ar (t_{ar} ,

°C), umidade relativa (UR, %), ventilação (m s^{-1}), fotoperíodo (SILOTO et al., 2008), poluição sonora, odorífera (FERREIRA, 2005) e insolação (FERREIRA et al., 2012).

Matics et al. (2020), Ferraz et al. (2019a) e Szendrő et al. (2018) destacaram a importância dos fatores ambientais principalmente, t_{ar} e UR, em zonas de clima quente e nos países mediterrânicos sobre o aumento da incidência de efeitos prejudiciais no crescimento e desempenho reprodutivo dos coelhos representando um problema na criação desses animais.

Com isso, as condições do ambiente interno do colhénario exerce forte influência no sistema de produção de coelhos e, por estas razões, as instalações zootécnicas devem ser construídas com o propósito de amenizar o efeito do ambiente sobre os coelhos para garantir um ambiente de produção dentro da zona de termoneutralidade (ZTN) a fim de obter a produção máxima (FERRAZ et al., 2019a; FERREIRA et al., 2017).

Portanto, o desempenho dos coelhos está relacionado diretamente com os fatores ligados a ambiência, visto que estes animais apresentam grande sensibilidade às condições do meio, principalmente no tocante a condições de

t_{ar} elevadas (SKŁADANOWSKA-BARYZA e STANISZ, 2019; RESENDE et al., 2012) por não possuírem glândulas sudoríparas tegumentares, fazendo com que a dispersão do calor latente pela pele seja praticamente nula, o que torna esses animais menos eficientes em realizar a termorregulação por sudorese e a resistirem a temperaturas elevadas (FERREIRA et al., 2012; HILL et al. 2014; MAYA-SORIANO et al., 2015).

De acordo com Zeferino et al. (2011), Oliveira (1999), Lebas et al. (1996), Centoducati et al. (1990) e Müller (1989), para um bom desempenho zootécnico, os coelhos acima de 20 a 30 dias de vida devem ser criados em intervalo de t_{ar} compreendido entre 15 e 25°C. Como consequências imediatas quando t_{ar} atinge valores acima dessa faixa destaca-se: alterações nas respostas fisiológicas dos animais, distúrbios alimentares, perda de peso, piora na conversão alimentar, alterações no consumo de água, mudanças nos parâmetros sanguíneos, alterações no perfil enzimático e reações hormonais, além de desequilíbrio na saúde intestinal reduzindo a digestibilidade de proteínas, energia e minerais, podendo assim, comprometer a produtividade do plantel

(FERRAZ et al., 2019a; JARUCHE et al., 2012; VERGA et al., 2007).

Por sua vez, os filhotes recém-nascidos são incapazes de manter a temperatura corporal necessária ao bom funcionamento do seu organismo por possuírem o seu sistema termorregulatório pouco desenvolvido, sendo necessário que durante os primeiros dias de vida, a t_{ar} no ninho oscile entre 30 a 35°C para manter o conforto da ninhada, protegendo a saúde e o desenvolvimento dos filhotes (CRESPI, 2016).

Por sua vez, a UR é muito variável ao longo do dia e possui alta relação com a t_{ar} , sendo um fator difícil de ser controlado e altamente prejudicial ao animal (LEBAS et al., 1996). A UR ideal estaria entre 60 e 70%, sendo que, a UR muito alta afeta a troca de calor com o ambiente e a UR muito baixa poderá comprometer as vias respiratórias dos animais (FERREIRA et al., 2012; MOURA, 2010).

Além da t_{ar} e UR, também é necessário considerar a importância de condições mínimas de ventilação do ambiente com o objetivo de auxiliar na eliminação de gases nocivos, como amônia (NH_3) – resultante da decomposição da urina – e dióxido de carbono (CO_2), renovar o conteúdo de

oxigênio no ambiente e favorecer as trocas gasosas entre o animal e o ambiente (HOY e VERGA, 2006).

Duarte e Carvalho (1979) afirmaram que a velocidade do ar ideal é de 0,2 m s⁻¹ visando à renovação higiênica do ar.

Outra condição que pode interferir na rentabilidade da produção é a iluminação que deve ser homogênea distribuindo bem os pontos de luz dentro do galpão de produção (FERREIRA et al., 2012). Devido ao fato do animal possuir hábitos crepusculares (de baixa intensidade luminosa), variações na intensidade luminosa podem alterar a estabilidade do meio ao qual refletirá no bem-estar dos animais (HOY e VERGA, 2006).

No entanto, Ferreira et al. (2012) relata que não é necessário administrar programas de luz artificial devido o animal possui hábitos crepusculares (de baixa intensidade luminosa) mencionando que não há diferença significativa entre a fertilidade de fêmeas com e sem luz artificial no Brasil. Entretanto, de acordo com os autores, na Europa é comum estabelecer um programa artificial de luz na maternidade de um total de 16 horas por dia com uma intensidade luminosa de 3 a 4 W m⁻².

Portando, animais que são mantidos em espaço confinado devem estar submetidos à mínima faixa de variação diária dos fatores ambientais térmicos para, deste modo, evitar o aumento das exigências metabólica e comportamental em compensação às mudanças térmicas ambientais (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996).

Respostas fisiológicas

Os coelhos são animais homeotérmicos e extremamente sensíveis às condições de temperaturas do ar elevadas (acima de 26 °C) por serem menos eficientes em realizar a termorregulação por sudorese (LIMA et al., 2013), o que limita sua capacidade de eliminar o excesso de calor corporal (MAYA-SORIANO et al., 2015).

Os coelhos utilizam a posição geral do corpo, a taxa de respiração e a temperatura periférica como os três principais meios para aumentar a perda de calor (BERGHOF et al., 2019; FERRAZ et al., 2019b).

Por isso, quando os ajustes comportamentais já não apresentam mais efeito para a manutenção da homeotermia, o aumento da temperatura da superfície das orelhas (TSO, °C), da temperatura retal (TR, °C) e da

frequência respiratória (FR, respirações min⁻¹) tornam-se mecanismos necessários para estimular a perda de calor por condução, radiação e evaporação (FERRAZ et al. 2019a; FERREIRA et al. 2017; RESENDE et al., 2012; ZEFERINO et al., 2011).

Um importante órgão que contribui nas trocas de calor com o ambiente são as orelhas visto que, as orelhas são altamente vascularizadas e representam porcentagem relativamente grande da área da superfície corporal, aproximadamente 12% (ZEFERINO, 2009).

De acordo com Zeferino et al. (2011), a temperatura da superfície das orelhas (TSO, °C) são utilizadas pelos coelhos para dissiparem o calor sensível excedente. As orelhas dos coelhos possuem receptores térmicos que desempenham uma função fisiológica vital na termorregulação de coelhos (KLUGER et al., 1971). De acordo com Konradi (1960), as orelhas dos coelhos possuem um mecanismo vasomotor que controla a circulação sanguínea do núcleo do corpo para os vasos sanguíneos e capilares, que podem ser dilatados e contraídos por uma ferramenta vasomotora que irá favorecer a dissipação de calor superficial para

minimizar o impacto causado por um agente estressor (FERRAZ et al., 2019b).

Ludwig et al. (2007) observaram variações de temperatura do ar de acordo com os diferentes estressores aplicados em coelhos, com isso, os autores sugeriram que o melhor lugar para analisar uma possível condição de estresse é através da temperatura superficial da orelha. Gonzalez et al. (1971) verificaram que a temperatura superficial média da orelha aumenta 3°C, quando a temperatura ambiental se eleva de 20 para 30°C.

Por sua vez, a temperatura corpórea interna expressa as condições térmicas reais do corpo (FINZI et al., 1988) e a sua variação se deve pela termogênese metabólica associada ao calor fornecido pelo ambiente, momento esse em que a termólise realizada pelo coelho é menos eficiente em dissipar todo o calor recebido ou produzido pelo corpo fazendo com que ocorra um aumento na temperatura corporal (FERREIRA et al., 2017).

Assim, a temperatura retal (TR) pode ser considerada como um bom indicativo da temperatura corpórea interna (ZEFERINO et al., 2011).

Desta maneira, Zeferino et al. (2011) e Manning et al. (1994) mencionaram que, para coelhos em

repouso, a FR varia entre 32 e 60 respirações min⁻¹ e a temperatura retal normal em adultos da raça Nova Zelândia Branca, varia de 38,5 a 39,5°C em condições de conforto (intervalo de t_{ar} compreendida entre 15 e 20°C).

Ferreira et al. (2017) verificaram aumento na FR de 50 para 204 respirações min⁻¹ em coelhos NZB e Botucatu em ambientes cuja temperatura do ar aumentou de 20 para 32°C, indicando desconforto que pode comprometer outros processos fisiológicos e comportamentais dos animais.

Finzi et al. (1988), observaram que ao submeterem coelhos NZB ao estresse térmico com temperatura ambiente de 30°C, houve um aumento da FR para 232 respirações min⁻¹, comprovando que a temperatura ambiente fora da zona de conforto dos coelhos é correlacionada diretamente com o aumento da FR.

Em decorrência disso, Resende et al. (2012) propuseram a realização de tosquia dos coelhos no verão para facilitar a troca de calor, sendo esta dissipada diretamente da superfície cutânea para o ambiente, o que, segundo Maia et al. (2009), não ocorre quando a superfície cutânea do animal está coberta por uma camada densa de pêlos, na qual

a troca de calor do corpo com o ambiente é determinada pelo isolamento térmico proporcionado por esta camada.

Resende et al. (2012) observaram que coelhos tosquiados apresentaram menor TR quando comparados aos animais não tosquiados. A TR dos animais tosquiados apresentou-se normal com 38,5°C (FINZI et al., 1988), enquanto que, a TR dos animais não tosquiados chegou a 39,8°C.

Segundo Nããs (1989), esta variação na TR se deve ao acúmulo de calor no organismo animal, devido ao excesso de calor recebido do ambiente e somando à produção de calor interna durante o período em que o animal ficou exposto a alta temperatura e, também, pela incapacidade dos mecanismos termorreguladores em eliminar o excedente.

Desta forma, conhecer a influência do ambiente térmico nas respostas fisiológicas dos animais possibilita compreender os efeitos do calor na criação de coelhos em países de clima quente, como o Brasil.

Comportamento de Coelhos Domésticos

Os coelhos domésticos modificam consideravelmente os

padrões comportamentais quando mantidos em gaiolas devido à limitação do espaço disponível e, também, quando submetidos estresse térmico para tentar minimizar este efeito (SKŁADANOWSKA-BARYZA e STANISZ, 2019; FERRAZ et al., 2019b; MARTRENCAR et al., 2001).

Os coelhos mantidos em um ambiente de produção podem estar submetidos a muitos fatores estressantes tais como, altas temperaturas, viver em condições limitantes nas gaiolas, em ambiente monótono e de alta densidade, favorecendo a ocorrência de comportamentos estereotipados (HOY e VERGA, 2006).

Os comportamentos estereotipados dos coelhos confinados podem ser sinais de frustração e ansiedade tendo como consequência a redução do bem-estar (MASTELLONE et al., 2019).

De acordo com Verga et al. (2007), Morisse et al. (1999) e Lehmann (1991), aspectos anormais do comportamento e de ingestão de alimentos podem ser utilizados como indicadores de estresse térmico.

Ferreira et al. (2017) avaliaram os parâmetros comportamentais de coelhos mestiços dos grupos genéticos Botucatu e Nova Zelândia, em fase de

crescimento, submetidos a estresse agudo por calor por meio de filmagem por câmeras a cada 5 minutos. Os resultados obtidos pelos pesquisadores foram que os coelhos mantidos no calor (t_{ar} de 32°C) permaneceram mais tempo em ócio (83% do tempo) que aqueles em conforto térmico de 20°C (42% do tempo) e, também, que os coelhos submetidos ao calor apresentaram decréscimo no consumo de ração (CR) de 56,7 % quando comparado com os animais em conforto. Os autores acrescentam ainda que a redução no CR (em média, de 100g para 43g para t_{ar} de 20 e 32°C, respectivamente) possivelmente ocorreu pelo fato de que, os animais em estresse por calor tendem a consumir menor quantidade de ração para diminuir a termogênese induzida pela dieta, reduzindo, também, a eficiência na utilização de energia metabolizável.

Ferraz et al. (2019b) avaliaram as respostas fisiológicas e comportamentais de coelhos Nova Zelândia Branco (NZB) nos períodos de 6:00h, 12:00h e 18:00h durante sete dias. Os autores observaram que o tempo que os coelhos exibiram comportamentos lúdicos e exploratórios ou a estereotipia foi muito semelhante durante os três períodos observados (6:00h, 12:00h e 18:00h) e representou

menos de 10% do tempo total observado. Entretanto, o tempo em que os animais gastaram em comportamentos indicativos de estresse por calor era muito maior do que o tempo gasto em outros comportamentos (aproximadamente 75% do tempo), especialmente nos períodos de 12:00h e 18:00h quando o valor médio do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) (ITU = 76) estava acima da faixa ideal de 59 a 61 (Ferraz et al., 2019b; Thom, 1958) para criação de coelhos NZB. Com isso, ficou evidente que os coelhos exibiram uma maior frequência de comportamentos indicativos de estresse térmico durante a maior parte do dia, uma vez que estavam alojados em condições fora da ZTN.

Neste contexto, para melhor avaliar o estado de conforto de um animal, é aconselhável utilizar uma combinação de diferentes indicadores de estresse térmico (comportamentos, desempenho produtivo, fatores ambientais) para evitar problemas de interpretação que surgem ao usar um único método de observação (HOY e VERGA, 2006).

Segundo Mastellone et al., 2019, esta recomendação é baseado na ocorrência de interpretações equivocadas que surgem quando se usa

apenas um indicador de estresse, pois nem sempre é fácil interpretar as respostas como positivas ou negativas. Por esse motivo, os autores também sugeriram associar a avaliação dos parâmetros comportamentais à avaliação dos parâmetros sanguíneos como, por exemplo, o cortisol.

A determinação da concentração de cortisol sanguíneo é o procedimento padrão para avaliar as condições de estresse em animais de produção como aves e suínos. O cortisol aumenta no sangue alguns minutos após o animal ser exposto a um agente estressor e é mantido por cerca de uma hora após o término do evento estressante (MASTELLONE et al., 2019).

Diante disso, se faz necessário avaliar o comportamento dos coelhos combinado a diferentes indicadores de estresse térmico para compreender melhor os requerimentos da espécie e a adaptação ao sistema intensivo de criação, pois um ambiente inadequado pode afetar o padrão comportamental, os níveis de estresse e, conseqüentemente, sua produtividade (MASTELLONE et al., 2019; TROCINO et al., 2014).

Desempenho de coelhos submetidos a estresse

O coelho possui elevada taxa de crescimento (BLAS, 1989) e, na fase pós-desmame que compreende a primeira semana após o desmame, ocorre a maior influência do ambiente térmico no consumo alimentar, ganho de peso e conversão alimentar (SAKAGUTI, 1994) dos animais.

Por isso, para monitorar possíveis perdas que possam vir ocorrer nos parâmetros produtivos, é importante observar as metas de desempenho produtivo (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar) para coelhos NZB de acordo com a fase de produção dos animais.

Os coelhos em fase de crescimento ou engorda devem receber ração à vontade, o que varia de 80 a 130 g dia⁻¹ conforme a idade e época. No entanto, os animais em reprodução, sem filhotes ou no início da gestação, não podem receber ração à vontade, pois o excesso provocaria sobrepeso, que prejudica a fertilidade dos animais. Por sua vez, fêmeas durante o terço final de gestão e lactação devem receber ração à vontade (FERREIRA et al., 2012), sendo assim, a Tabela 1 poderá ser usada como indicativo da quantidade de ração a ser consumida em cada fase de produção e poderá ser consultada para o planejamento da compra de ração.

Tabela 1 – Consumo médio diário de ração de coelhos Nova Zelândia Branco nas diferentes fases de produção.

Consumo médio diário de ração peletizada	
Fêmeas não gestantes, com 2 semanas de gestação e machos reprodutores	140 - 160 gramas
Fêmeas com mais de 2 semanas de gestação ou em lactação	330 - 380 gramas
Coelhos em engorda	80 - 130 gramas

Fonte: Ferreira et al. (2012).

A conversão alimentar (CA) representa a quantidade de alimento consumido para o ganho de 1 kg de peso vivo (GARCIA, 2017) sendo a variável de grande importância a ser avaliada dentro do período de crescimento.

Ao avaliar o desempenho de 120 coelhos NZB, Botucatu e mestiço (3/4 Botucatu x NZB), sendo 40 animais de cada grupo, submetidos à temperatura do ar média de 20,3°C e 31,6°C, no período pós-desmama (31 – 67 dias de idade), Machado et al. (2019), observaram que os valores de CA média para os grupos NZB, Botucatu e mestiços foram de 3,14 g g⁻¹, 2,95 g g⁻¹ e 3,03 g g⁻¹, respectivamente, para essa faixa etária.

Em outra pesquisa, Chiericato et al. (1994), submeteram coelhos híbridos comerciais a dois tipos de ambientes: frio (12°C) e quente (30°C), ambos tratamentos com UR de 65% e constataram que para ganho de peso diário, ingestão de ração e conversão alimentar os animais alojados em

ambiente quente obtiveram os piores resultados de 25,7 g, 110 g e 4,37 g g⁻¹, respectivamente, quando comparados aos animais alojados em ambiente frio de 36,7 g, 173 g e 4,73 g g⁻¹, respectivamente.

No entanto, McNitt e Lukefahr (1993) observaram que os animais da raça NZB são menos afetados em condições ambientais extremas tendo maior ganho de peso pós-desmame em relação às raças híbridas comerciais. Porém, dentre os animais da mesma raça NZB o menor ganho de peso foi encontrado durante a estação de verão (MCNITT e LUKEFAHR, 1993).

De acordo com o trabalho conduzido por Ghosh et al. (2008), ao avaliar as características de desempenho produtivo de coelhos das raças NZB e Chinchila em relação a diferentes estações do ano (verão com variações de 24,2 a 35,1°C e inverno com variações de 8,4 a 24,5°C) relataram que não houve efeito da raça sobre os pesos à desmama

mas, em contrapartida, a estação de inverno foi a mais favorável ao desempenho dos coelhos visto que os pesos à desmama foram maiores em relação aos animais expostos as condições de verão (peso à desmama aos 42 dias de vida no verão foi de 0,682 g e no inverno de 0,717 g).

Segundo Zeferino et al. (2011), quando os animais são expostos à condição de calor intenso ocorre imediatamente a redução do ganho de peso em relação àqueles animais mantidos na zona termoneutra.

Com o objetivo de melhorar o desempenho produtivo de coelhos durante a estação do verão (t_{ar} de 27 a 35°C e UR de 70 a 80%), Yassein et al. (2008) forneceram três tipos de tratamento de água: água de torneira fresca sem nenhuma suplementação; água potável esfriada a 10 - 15°C e água de torneira fresca suplementada diariamente com ácido ascórbico (vitamina C) e perceberam que a utilização da água potável esfriada ou suplementada com vitamina C, durante o verão, reduziu o estresse térmico em coelhos, pois, observou-se o aumento do peso vivo final de 649 g e no consumo de ração diários de 16,50 g dia⁻¹ das matrizes, bem como, maiores massas

corporais na desmama dos láparos de 313 g.

As alterações nas variáveis de desempenho animal podem ocorrer em função da temperatura ambiental, idade, sexo, tamanho corporal, exercício físico e, principalmente, raça (ZEFERINO, 2009; LEBAS et al., 1996).

Com isso, se faz necessário melhorar o ambiente em que os coelhos ficarão submetidos durante toda a fase de produção com o intuito de lhes proporcionar condições em que possam se expressar mais livremente para que se obtenha melhora no bem-estar e, conseqüentemente, em sua produtividade.

Inteligência computacional e metodologia *fuzzy*

As técnicas computacionais de inteligência artificial têm sido amplamente utilizadas a fim de se buscar soluções que melhorem as condições microclimáticas nos coelhários já existentes a um custo de produção menor bem como, auxiliar o produtor na tomada de decisões, pois essas tecnologias fornecem uma avaliação rápida das condições de alojamento permitindo prever as respostas produtivas e comportamentais dos coelhos submetidos a estresse crônico por calor

(FERRAZ et al., 2019c; FERREIRA et al., 2017).

A inteligência computacional estuda os conceitos, paradigmas, algoritmos e implementações de sistemas computacionais inspirados em aspectos da natureza, tais como, aprendizado, percepção, raciocínio, evolução, adaptação e interação social (KRUSE et al., 2013).

De acordo com Schiassi et al. (2015) e Yanagi Junior et al. (2012), para controlar o ambiente térmico em que os animais ficarão expostos durante todo o período produtivo pode-

se desenvolver sistemas que utilizem técnicas de modelagem computacional, como sistemas de especialistas inteligentes, que permitam executar tarefas ou controlar as variáveis ambientais tais como, a temperatura e a umidade relativa do ar, a partir de uma base de conhecimento. Os autores ainda mencionam que os sistemas mais utilizados e testados são a lógica *fuzzy* e redes neurais artificiais. A Tabela 2 lista alguns estudos encontrados na literatura que utilizam a metodologia *fuzzy*.

Tabela 2 – Estudos encontrados na literatura que utilizam a metodologia *fuzzy*.

Autor	Área de estudo
Andrade e Jacques (2008)	Controle de tráfego em interseções isoladas
Silveira et al. (2008)	Detecção de câncer
Almeida e Kagan (2010)	Sistemas de monitoração para redes de transmissão de energia elétrica
Brunassi et al. (2010)	Detecção de cio em vacas leiteiras
Nääs et al. (2010)	Análises de custo de produção
Yanagi Junior et al. (2012)	Avaliação da insalubridade em atividades agrícolas
Schiassi et al. (2015)	Desempenho de frango de corte
Freitas et al. (2017)	Índice de conforto térmico para suínos
Ferraz et al. (2018)	Respostas fisiológicas de frangos de corte submetidos a estresse térmico
Abreu et al. (2019)	
Pessoa et al. (2020)	Índice <i>fuzzy</i> de qualidade de água para ambiente lótico - IQA _{FAL}

Tendo em vista que a interação entre a idade pós-desmame e a temperatura do ambiente de alojamento dos coelhos influencia no consumo alimentar e nos padrões

comportamentais dos animais, a aplicação do sistema de inferência *fuzzy* pode ser uma metodologia eficaz, pois possibilita prever o bem-estar dos coelhos quando se parte de um cenário

conhecido do ambiente térmico, evidenciando as situações de desconforto térmico provocadas por altas temperaturas (BAHUTI et al., 2018; SCHIASSI et al., 2015; YANAGI JUNIOR et al., 2012).

Lógica *fuzzy*

A teoria de conjuntos *fuzzy* foi introduzida por Lotfi Asker Zadeh, em 1965, como uma teoria matemática aplicada a conceitos difusos. A lógica *fuzzy*, também chamada de lógica nebulosa ou difusa, é uma teoria matemática, onde o seu principal objetivo é simular o raciocínio humano através das tomadas de decisões em ambientes de incerteza e imprecisão (BOENTE, 2016; SIMÕES e SHAW, 2007; SOUSA).

No modelo *fuzzy*, as variáveis linguísticas são representadas por conjuntos *fuzzy*, cujos valores não são números e, sim, palavras ou sentenças em linguagem natural, permitindo a existência da variação de opções para atender os diferentes graus de satisfação do tomador de decisão (VERDEGAY, 2015; ZADEH, 1965;).

Segundo Bahuti et al. (2018), o modelo *fuzzy* é composta por três etapas: fuzzificação, inferência e defuzzificação (Figura 1). A inferência também é conhecida como controlador e pode ser do tipo Takagi e Sugeno (1985), em que o consequente é formado por um valor constante baseado em dados de entrada (RAJ e MOHAN, 2016), ou do tipo Mamdani (1974), em que o antecedente e o consequente são conjuntos *fuzzy*.

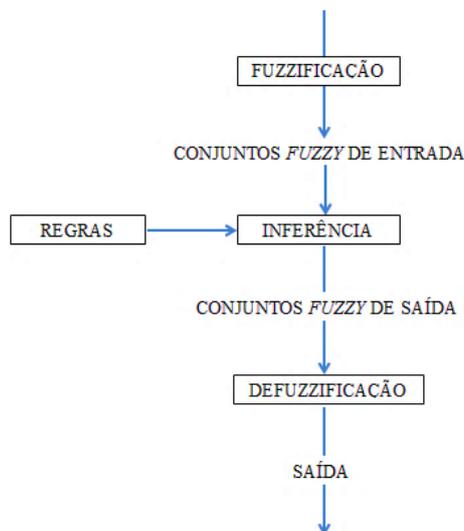


Figura 1 - Operações básicas da lógica *fuzzy*.

É desejável a participação de um especialista ou que se tenha uma base de dados do fenômeno estudado, pois este processo consiste no mapeamento do domínio de números reais para o domínio *fuzzy*, a cada variável de entrada devem ser atribuídos termos linguísticos que representam os estados desta variável e, cada termo linguístico, deve ser associado um conjunto *fuzzy* por uma função de pertinência, ou seja, quanto que um elemento pertence a um conjunto (ZORZELLA, 2015; PONCIANO et al., 2011;).

Sistema de inferência tipo Takagi-Sugeno

Segundo Klug (2010), a ideia do modelo *fuzzy* Takagi-Sugeno, consiste na descrição de um modelo não-linear, com dados localmente válidos, interpolados de forma suave, não-linear e convexa, também chamados de regras, que descrevam o comportamento deste sistema em diferentes pontos do seu espaço de estados. De maneira que tal combinação seja inferida por funções de pertinência, que controlarão as funções de interpolação entre as regras locais.

Na avicultura, tem-se utilizado sistemas de inferência *fuzzy* Takagi-Sugeno (BAHUTI et al., 2018) que

visam resolver problemas na área de ambiência, sendo um método confiável que pode considerar as diversas associações entre o ambiente térmico de criação e a estimativa do bem-estar de frangos de corte, por exemplo.

Assim, a utilização deste método pode contribuir para o avanço das pesquisas relacionadas a ambiência na cunicultura bem como, o entendimento das associações entre as respostas fisiológicas, comportamentais e de ambiente térmico na criação de coelhos em condições de clima quente.

Em estudos realizados com frangos de corte, Abreu et al. (2012), demonstraram a importância da manutenção das condições de conforto térmico em frangos de corte, principalmente, nas três primeiras semanas de vida, sendo que a temperatura superficial (t_s) varia em função de temperatura de bulbo seco (t_{bs}). Com isso, Bahuti et al. (2018) compararam sistemas *fuzzy* com diferentes configurações para prever a t_s de frangos de corte submetidos a diferentes intensidades (t_{bs} : 24, 27, 30 e 33 °C) e tempos de tratamento térmico (1, 2, 3 ou 4 dias) na segunda semana de vida dos animais.

Após a coleta de dados experimentais de t_{bs} e t_s , iniciou-se modelagem *fuzzy* em dois tipos de controladores, Mamdani e Sugeno, estabelecendo as funções de pertinência para dados de entrada (t_{bs} e duração do desafio térmico - dias) e saída (t_s).

Desta forma, para os dados analisados (experimentalmente e preditos pelos sistemas), Bahuti et al. (2018) calcularam o coeficiente de determinação (R^2) para quantificar a capacidade dos modelos em estimar corretamente a variável t_s . Os autores observaram que os coeficientes de determinação foram comparativamente menores nos sistemas *fuzzy* usando inferência de Sugeno e funções de pertinência triangular ($R^2 = 0,9978$) de variáveis de entrada independentes do método de defuzzificação (média ponderada ou soma ponderada) e funções de pertinência gaussiana ($R^2 = 0,9963$) com defuzzificação de média ponderada. Enquanto que para o método de inferência de Mamdani, o R^2 para as funções de pertinência triangular foram de 0,9789 e gaussiana de 0,9910.

De acordo com Bahuti et al. (2018), a análise das t_s de frangos de corte utilizando estes métodos, indicaram que a partir do segundo dia de tratamento térmico, os animais se

adaptaram, retendo ou dissipando calor tanto em baixa quanto em alta temperatura (<26 °C e >30,5 °C, respectivamente) e, em contrapartida, próximo ao t_{bs} de 30 °C, recomendado como temperatura de conforto para aves na segunda semana de vida (SCHIASSI et al., 2015), a t_s média manteve-se constante, evidenciando o conforto térmico dos animais e menor gasto energético para a manutenção da homeotermia.

Com isso, os modelos demonstraram que a t_s foi aumentada ou diminuída quando as aves foram submetidas a valores altos ou baixos de t_{bs} , respectivamente, e essa variação foi dependente da idade dos animais (BAHUTI et al., 2018).

Assim sendo, a realização de simulações utilizando sistemas *fuzzy* para prever a t_s de frangos de corte refletem o efeito do ambiente térmico sobre o bem-estar dos animais e, portanto, recomenda-se o uso destes sistemas de suporte à decisão para o acionamento e/ou desligamento de sistemas de climatização no interior das instalações nesta fase de desenvolvimento dos animais.

Com base na literatura exposta e tendo em vista que a interação entre idade dos animais e microclima no

interior dos coelhários também são variáveis que influenciam nas respostas fisiológicas dos coelhos, a aplicação do sistema de inferência *fuzzy* Takagi-Sugeno pode ser uma metodologia eficaz para prever o bem-estar dos animais quando se parte de um cenário conhecido do ambiente térmico, evidenciando as situações de desconforto térmico provocadas por altas temperaturas.

Desta maneira, simulações realizadas com o sistema *fuzzy* Takagi-Sugeno, possibilita fornecer informações mais detalhadas ao produtor das alterações nas respostas fisiológicas e comportamentais dos coelhos durante processo de criação, permitindo, assim, uma melhor eficiência no controle da climatização e adequações no manejo diário do coelhário.

Sistema de inferência tipo Mamdani

O sistema de inferência *fuzzy* tipo Mamdani diferencia-se do sistema Takagi-Sugeno descrito na seção anterior, basicamente pela representação do consequente das regras (CORDON et al., 2001). No modelo Mamdani as regras possuem antecedentes compostos por variáveis linguísticas semelhantes ao modelo Takagi-Sugeno, porém o consequente, também, é composto por termos linguísticos e, não, pela

composição de equações que se relacionam as entradas das saídas como no modelo Takagi-Sugeno.

Freitas et al. (2017) realizaram um estudo com suínos e desenvolveram um modelo *fuzzy* para prever o conforto térmico desses animais na fase de creche com base no comportamento.

O experimento foi realizado em uma granja suína dividida em dois galpões (creches) com capacidade de 720 e 576 animais, respectivamente. A avaliação comportamental se deu pela observação de uma amostra de seis leitões de cada creche nas baias destinadas ao experimento sendo realizadas durante 10 dias consecutivos das das 07h00 às 17h00, a cada 10 minutos. Os comportamentos foram quantificados baseados no etograma proposto por Sabino et al. (2011) e Campos et al. (2010). Para a obtenção dos parâmetros ambientais foi calculado o Índice de Umidade do Globo Negro (ITGU).

Posteriormente, os dados relativos ao ambiente e a frequência de comportamento na condição de conforto térmico foram utilizados no desenvolvimento de um modelo matemático *fuzzy* tipo Mamdani, no qual a idade dos animais (dias) e o ITGU foram utilizados como variáveis de

entrada, uma vez que influenciam diretamente a resposta comportamental dos animais. Assim, com base nas variáveis de entrada e usando os dados experimentais coletados durante as análises de campo como referência, o modelo *fuzzy* prevê a variável de saída Índice de conforto térmico dos animais com base em seu comportamento (FREITAS et al., 2017).

Com base nos resultados, os autores obtiveram o desvio padrão médio do modelo *fuzzy* (valores preditos) em relação aos valores observados experimentalmente de 3,58% sendo, o maior desvio padrão observado de 8,32% e o menor de 0,33%. Ao medir a qualidade do modelo quanto à sua capacidade de estimar corretamente os valores da variável resposta (índice de conforto térmico), calculou-se o R^2 (%) que indicou 72,86% da variação pode ser explicada pelo modelo.

Freitas et al. (2017), concluíram que o modelo *fuzzy* desenvolvido em função da idade do leitão e ITGU mostrou-se adequado para prever o índice de conforto térmico com base no comportamento do animal, apresentando baixos desvios-padrão e alta correlação com os dados medidos durante o experimento de campo. Desta forma, o modelo *fuzzy* pode ser utilizado como

instrumento na tomada de decisões quanto a alterações no ambiente térmico, evitando perdas de desempenho e proporcionando melhores índices de produção (FREITAS et al., 2017).

Lourençoni et al. (2019), Damasceno et al. (2017) e Abreu et al. (2015), ao desenvolverem sistemas *fuzzy* para prever o consumo diário de ração (CDR) de frangos de corte utilizando um banco de dados experimental, optaram por utilizar o método de inferência Mandani, obtendo como melhores valores de desvios-padrão 3,99; 4,77 e 1,19 respectivamente, evidenciando a capacidade do sistema desenvolvido em prever a variável resposta CDR de frangos de corte submetidos a condições de estresse térmico.

Em suma, a realização de simulações utilizando o sistema de inferência *fuzzy* Mamdani demonstraram ser de grande valia em estudos que buscam prever o consumo diário de ração, avaliação de padrões comportamentais e respostas fisiológicas refletindo o efeito do ambiente térmico sobre os mesmos.

Portanto, se faz importante o desenvolvimento de ambos os sistemas de inferência *fuzzy* (tipo Takagi-Sugeno e Mamdani) que visem melhorar as condições das instalações dos coelhários,

a compreensão dos requerimentos nutricionais e fisiológicos da espécie bem como, a adaptação dos coelhos ao sistema intensivo de criação em condições de estresse térmico, pois um ambiente inadequado pode afetar o padrão comportamental, os níveis de estresse e, conseqüentemente, sua produtividade (MASTELLONE ET AL., 2019; TROCINO et al., 2014).

Considerações finais

O microclima de um coelhário influencia diretamente no estado de conforto e bem-estar dos coelhos. Sendo assim, animais que não são criados em condições térmicas adequadas manifestam adaptações comportamentais e fisiológicas para garantirem a sua homeotermia, porém estas adaptações geram gastos metabólicos que comprometem o desempenho produtivo dos coelhos podendo causar perdas econômicas aos criadores cunícolas.

Desta forma, torna-se importante desenvolver baseados na teoria dos conjuntos *fuzzy*, para prever as alterações que ocorrerão no desempenho produtivo e comportamental dos coelhos em função das mudanças no ambiente térmico onde os animais estarão alojados, visto que, os resultados obtidos

com estes modelos poderão auxiliar o produtor a melhorar a eficiência no controle da climatização da instalação com a finalidade de se obter maior aproveitamento econômico, bem como, buscar novas alternativas para a manutenção da qualidade da produção dentro do coelhário.

Referências Bibliográficas

ABREU, L.H.P. YANAGI JUNIOR, T.; FASSANI, E.J.; et al. 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.

ABREU, L.H.P.; YANAGI JUNIOR, T. CAMPOS, A.T.; et al. Modelo fuzzy para predição da temperatura cloacal de frangos de corte submetidos a estresse térmico. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.39, n.1, p.18-25, 2019.

ABREU, P.G.; ABREU, V.M.; COLDEBELLA, A.; et al. Medidas morfológicas em função do peso e da idade da ave, por meio de imagens. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 795–801, 2012.

ALMEIDA, C.F.M.; KAGAN, N. Aplicação de algoritmos genéticos e teoria dos conjuntos fuzzy no

dimensionamento de sistemas de monitoração para redes de transmissão de energia elétrica. **Revista Controle e Automação**, Campinas, v.21, n.4, p. 363-378, 2010.

ANDRADE, M.; JACQUES, M.A.P. Estudo comparativo de controladores de Mamdani e Sugeno para controle de tráfego em interseções isoladas. **Transportes**, v. 16, n. 2, p. 24-31, 2008.

BAHUTI, M.; ABREU, L.H.P.; YANAGI JUNIOR, T.; et al. Performance of fuzzy inference systems to predict the surface temperature of broiler chickens. *Engenharia Agrícola*, v. 38, n. 6.p. 813-823, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v38n6p813-823/2018>

BERGHOF, T.V.L.; POPPE, M.; MULDER, H.A. Opportunities to Improve Resilience in Animal Breeding Programs. **Front. Genet**, v.9, p. 1-7, 2019.

BLAS, C. de. **Alimentación del conejo**. 2ª ed. Madrid: Mundi-Prensa. Ed. 175, p.24, 1989.

BRUNASSI, L.A.; MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A.; et al. Improving detection

of dairy cow estrus using fuzzy logic. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.5, p.503-509, 2010.

CAMPOS, J.A.; TINÔCO, I.F.F.; SILVA, F.F.; et al. Enriquecimento ambiental para leitões na fase de creche advindos de desmame aos 21 e 28 dias. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 2, p. 272-278, 2010. DOI: [10.5039/agraria.v5i2a660](https://doi.org/10.5039/agraria.v5i2a660)

CENTODUCATI, P.; CASAMASSIMA, D.; ZEZZA, L.; et al. L'influenza della temperatura ambientale sulle caratteristiche delle carcasse di coniglio "N.Z.B." alimentati com diversi livelli proteici. **Coniglicoltura**, v.27, n.3, p.47-52, 1990.

CERVERA, C .; CARMONA, F.J. Nutrição e o Ambiente Climático. In: **The Nutrition of the Rabbit**, 2ª ed.; De Blas, C., Wiseman, J., Eds . Publicação do CABI: Wallingford, Reino Unido, 2010, pp. 273–295.

CHIERICATO, G.M.; RAVAROTTO, L.; RIZZI, C. Study of the metabolic profile of rabbits in relation to two different environmental temperatures. **World Rabbit Science**, v.2, n.4, p.153-160, 1994.

- CORDON, O.; HERRERA, F.; HOFFMANN, F.; et al. Genetic Fuzzy Systems – Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy Knowledge Bases. **World Scientific**, 2001. 488p.
- CRESPI, M.P.A.L. **Cuidados antes, durante e após o parto com a coelha e com a ninhada**. Associação Científica Brasileira de Cunicultura. 2016. Acesso em 10 fev. 2017. Disponível em: http://www.acbc.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=107&Itemid=138 >
- DAMASCENO, F.A.; CASSUCE, D.C.; ABREU, L.H.P.; et al. Effect of thermal environment on performance of broiler chickens using fuzzy modeling. **Revista Ceres**, v. 64, n. 4, p. 337-343, 2017.
- DUARTE, A.T.; CARVALHO J.M. **Cunicultura**. Lisboa. Clássica, 1979. 413p.
- FERRAZ, P. F., DAMASCENO, F. A., MOURA, R. S. D.; et al. Spatial variability of enthalpy in rabbit house with and without ridge vent. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 2, p.126-132, 2019c
- FERRAZ, P.F.P.; FERRAZ, G.A.S.; BARBARI, M.; et al. Behavioural and physiological responses of rabbits. **Agronomy Research**, v. 17, n. 3, p. 704–710, 2019b.
- FERRAZ, P.F.P.; HERNÁNDEZ-JULIO, Y.F.; FERRAZ, G.A. E S; et al. Decision trees for predicting the physiological responses of rabbits. **Animals**, v. 9, n.11, p. 994, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9110994>
- FERRAZ, P.F.P.; YANAGI JUNIOR, T.; JULIO, Y.F.H.; et al. Genetic fuzzy system for prediction of respiratory rate of chicks subject to thermal challenges. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.6, p.412-417, 2018.
- FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente**. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371p.
- FERREIRA, R.A.; MOURA, R.S. de.; AMARAL, R.C.; et al. Estresse agudo por calor em coelhos. **Revista Brasileira de Cunicultura**, Bambuí, MG, v.12, n.1, nov. 2017. Acesso em 20 jan. 2019. Disponível em: <http://www.rbc.acbc.org.br/index.php?>

[option=com_content&view=article&id=74&Itemid=93>](#)

FERREIRA, W.M.; MACHADO, L.C.; JARUCHE, Y. de G.; et al. **Manual prático de cunicultura**. Bambuí. Ed. do autor, 2012. 75p.

FINZI, A.; MORERA, P.; KUZMINSKY, G. Acclimatation and repeatability of thermotolerance of parameters in rabbit. In: **World Rabbit Congress**, Budapest. Physiology Short Papers, v.1, p.419-426, 1988.

FREITAS, L.C.S.R.; CAMPOS, A.T.; SCHIASSI, L.; et al. Fuzzy index for swine thermal comfort at nursery stage based on behavior. **DYNA**, v.84, n.203, p.201-207, 2017.

GARCIA, R.P.A. **Silagem de girassol ou de milho na produção de coelhos**. 71 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS, 2017.

GHOSH, S.K.; DAS A.; BUJARBARUAH, K.M.; et al. Effect of breed and season on rabbit production under subtropical climate. **World Rabbit Science**, v.16, n.1, p.29-33, 2008.

GONZÁLEZ, R.R.; KLUGER, M.J.; HARDY, J.D. Partitional calorimetry of the New Zealand White rabbit at temperatures 5 – 35 °C. **Journal of Applied Physiology**, v.31, n.5, p.728-734, 1971.

HILL, R.W.; WYSE, G.A.; ANDERSON, M. **Fisiologia animal**. 2. ed. Grupo ArtMed, 2014. 920p.

HOY, S.; VERGA, M. **Welfare indicators**. In: MAERTENS, L.; COUDERT, P. (Eds.). Recent advances in rabbit sciences. Belgium, p.71-72, 2006.

HOY, S.; VERGA, M. Welfare indicators. In: **Recent Advances in Rabbit Sciences**; Maertens, L., Coudert, P., Eds.; Ilvo-Institute for Agriculture and Fisheries Research: Melle, Belgium, 2006; pp. 71–74.

JARUCHE, Y.G.; FILHO, D.E. de F.; DIAS, A.N.; et al. Efeito da densidade de alojamento sobre a homeostase térmica em coelhos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v.1, n.1. 2012.

KLUG, M. **Realimentação dinâmica de saídas com parâmetros variantes e aplicação aos sistemas fuzzy Takagi-Sugeno**. 118 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

KLUGER, M. J.; GONZALEZ, R. R.; MITCHELL, J. W.; HARDY, J. D. The rabbit ear as a temperature sensor. **Life Sciences**, v. 10, p. 895-899, 1971.

Konradi, G. **Textbook of Physiology**; Kova, K.M., Ed.; Foreign Languages Publishing House: Moscow, Russia, 1960.

KRUSE, R.; BORGELT, R.; KLAWONN, C.; et al. Computational intelligence: a methodological introduction. [S.l.]: **Springer Science e Business Media**, 2013.

LEBAS, F.; COUDERT, P.; ROCHAMBEAU, H. de.; et al. **El conejo: cria y patologia**. Rome: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, p. 227, 1996. (Colección FAO. Produccion y sanidad animal).

LEHMAN, M. Social behavior in young domestic rabbit under semi-natural

conditions. **Applied Animal Behaviour Science**, v.32, p.269-292, 1991.

LIMA, V.; MONTES, M.; RAFEL, S.; et al. Use of infrared thermography to assess the influence of high environmental temperature on rabbits. In: **Research in Veterinary Science**, v.95, n.2, p.802-810, 2013.

LOURENÇONI, D.; YANAGI JUNIOR, T.; YANAGI, S. DE N.M. et al. Productive responses from broiler chickens raised in different commercial production system-part II: Impact of climate change. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 1, p. 11-17, 2019.

LUDWIG, N.; GARGANO, M.; LUZI, F.; et al. Technical note: applicability of infrared thermography as a non invasive measurements of stress in rabbit. **World Rabbit Science**, p. 199–206, 2007.

MACHADO, L.C. **Preços comumente praticados em Cunicultura**. Associação Científica Brasileira de Cunicultura (ACBC), nota 4. 2016. Acesso em 12 set. 2017. Disponível em: http://acbc.org.br/site/images/Boletim_4_edicao_ultimo_formato.pdf

MACHADO, L.C.; FARIA, C.G.S. de; ZEFERINO, C.P.; et al. Desempenho e mortalidade de coelhos puros e mestiços durante os períodos pré e pós-desmama. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v.15, mai. 2019. Acesso em 22 mai. 2019. Disponível em: <http://www.rbc.acbc.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=83&Itemid=106>

MACHADO, L.C.; FERREIRA, W.M. A Cunicultura e o Desenvolvimento Sustentável. Minas Gerais. In: **Associação Científica Brasileira de Cunicultura**. 2012. Acesso em 10 fev. 2019. Disponível: <<http://acbc.org.br/site/index.php/notas-tecnicas/a-cunicultura-e-o-desenvolvimento-sustentavel>>

MAIA, A.S.C.; SILVA, R.; ANDRADE, P.C. Efeitos da temperatura e da movimentação do ar sobre o isolamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.104-108, 2009.

MAMDANI, E.H. Applications of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. **Proc. IEEE** **121**, vol. 12, p. 1585-1588, 1974.

MANNING, P.J.; RINGLER, D.H.; NEWCOMER, C.E. The biology of the laboratory Rabbit. 2nd ed. **Academic Press**, 1994. 483p.

MARTRENCAR, A.; BOILLETOT, E.; COTTE, J.P.; et al. Wire-floor pens as an alternative to metallic cage in fattening rabbits: influence on some welfare traits. **Animal Welfare**, v.10, p.153-161, 2001.

MASTELLONE, V.; BOVERA, F.; MUSCO, N.; et al. Mirrors Improve Rabbit Natural Behavior in a Free-Range Breeding System. **Animals**, v. 9, n. 8, p. 533, 2019. <https://doi.org/10.3390/ani9080533>.

MATICS, Z.; KASZA, R.; GERENCSÉR, Z.; et al. Effect of hair shearing on live performance and carcass traits of growing rabbits under hot ambient temperature. **World Rabbit Science**, v. 28, n. 3, p. 161-167, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4995/wrs.2020.13164>

MAYA-SORIANO, M.J.; TABERNER, E.; SABES-ALSINA, M.; et al. 2015. Daily exposure to summer temperatures affects the motile subpopulation structure of epididymal sperm cells but

not male fertility in an in vivo rabbit model. **Theriogenology**, v. 84, p. 384-389, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.033>

MCNITT, J.I.; LUKEFAHR, S.D. Breed and environmental effects on postweaning growth of rabbits. **Journal of Animal Science**, v.71, n.8, p.1996-2005, 1993.

MORISSE, J.P.; BOILLETOT, E.; MARTRENCAR, A. Preference testing in intensively kept meat production rabbits for straw on wire grid floor. **Applied Animal Behaviour Science**, v.64, p.71-80, 1999.

MOURA, A.S.A.M.T. Rabbit Production in Latin America. In: **American Rabbit Congress**, 4. Cordoba - Argentina, 2010.

MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3. ed. Porto Alegre: SULINA, 1989. 262p.

NÄÄS, I.A.; VALE, M.M.; SALGADO, D.D.; et al. Impact of global warming on beef cattle production cost in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.1, p.1-8, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Guide for the care and use of laboratory animals**. Washington, D. C.: National Academy Press, 1996. 128 p.

OLIVEIRA, E.M. de. Ambiência e produtividade na cunicultura. In: **Seminário nacional de pesquisa e tecnologia em cunicultura**. Jaboticabal. Anais... Jaboticabal, p. 15, 1999.

PESSOA, M.A.R., SOUZA, F.J. de; DOMINGOS, P.; AZEVEDO, J.P.S. de. Índice fuzzy de qualidade de água para ambiente lótico - IQAFAL. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.25, n.1, p. 21-30. 2020.

PONCIANO, P.F.; LOPES, M.A.; YANAGI JUNIOR, T.; et al. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.60, n.1, p.1-13, 2011.

RAJ, R.; MOHAN, B.M. Modelling and analysis of the simplest fuzzy PI/PD controllers of Takagi-Sugeno type. **IFAC-PapersOnLine**, v. 49, n. 1, p. 537-542, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.110>

- RESENDE, L.H.C; BORGES, J.F.P.M; SERAFIM, R.S. Tosquia de coelhos como alternativa para melhorar o conforto térmico. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.9, p.85-89, 2012.
- SABINO, L.A.; SOUSA JÚNIOR, V.R.; ABREU, P.G.; et al. Comportamento suíno influenciado por dois modelos de maternidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 12, p. 1321-1327, 2011. DOI: 10.1590/S1415-43662011001200015
- SAKAGUTI, E.S. **Utilização de técnicas de análise multivariada na avaliação de cruzamentos dialélicos em coelhos**. 184 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; GREGORY, M.R.; et al. 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.
- SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; GREGORY, M.R.; et al. 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.
- SILOTO, E.V.; ZEFERINO, C.P.; MOURA, A.S.A.M.T.; et al. Temperatura e enriquecimento ambiental sobre o bem-estar de coelhos em crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2008. Online. Acesso em: 10 fev. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/2008nahead/a81cr461.pdf>
- SILVEIRA, G.P.; VENDITE, L.L.; BARROS, L.C. Software desenvolvido a partir de um Modelo Matemático Fuzzy para predizer o estágio patológico do Câncer de Próstata. **Biomatemática**, Campinas, v.18, p.27-36, 2008.
- SIMÕES, M.G.; SHAW, I. S. **Controle e modelagem fuzzy**. São Paulo. Blucher, Fapesp, 2007.
- SKŁADANOWSKA-BARYZA, J.; STANISZ, M. Pre-Slaughter Handling Implications on Rabbit Carcass and Meat Quality – A Review. **Annals of Animal Science**, v. 19, n. 4, p. 875-885, 2019. DOI:10.2478/aoas-2019-0041
- SOUSA, A.; BOENTE, A. Metodologia de avaliação de desempenho baseada em

lógica fuzzy: avaliação de desempenho de uma instituição estadual de ensino superior em Duque de Caxias. **Revista Científica Digital da FAETEC**, v.8, n.1, p.1-16, 2016.

SZENDRŐ, Z.S.; PAPP, Z.; KUSTOS, K. Effect of ambient temperature and restricted feeding on the production of rabbit does and their kits. **Acta Agr. Kapos.**, v. 22, p. 1-17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.31914/aak.2272>

TAKAGI, T.; SUGENO, M. *Fuzzy* identification of systems and its applications to modeling and control. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, SMC-15, n.1, p.116–132, 1985.

TROCINO, A.; FILIOU, E.; TAZZOLI, M.; et al. Behaviour and welfare of growing rabbits housed in cages and pens. **Livestock Science**, v.167, p.305-314, 2014.

TROCINO, A.; FILIOU, E.; TAZZOLI, M.; et al. Behaviour and welfare of growing rabbits housed in cages and pens. **Livestock Science**, v.167, p.305-314, 2014.

TROCINO, A.; XICCATO, G. Animal welfare in reared rabbits: a review with emphasis on housing systems. **World Rabbit Science**, v.14, p.77-93, 2006.

VERDEGAY, J. Progress on Fuzzy Mathematical Programming: A personal perspective. **Fuzzy Sets and Systems**, v.281, p.219-226, 2015.

VERGA, M.; LUZI, F., CARENZI, C. Effects of husbandry and management systems on physiology and behaviour of farmed and laboratory rabbits. **Hormones and Behavior**, v.52, p.122-129, 2007.

YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; ABREU, L.H.P.; et al. Procedimento fuzzy aplicado à avaliação da insalubridade em atividades agrícolas. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.32, n.3, p.423-434, 2012.

YASSEIN, S.A.; MAHMOUD, K. Gh. M.; MAGHRABY, N.; et al. Hot climate effects and their amelioration on some productive and reproductive traits in rabbit does. **World Rabbit Science**, v.16, n.3, p.173-181, 2008.

ZADEH, L.A. *Fuzzy sets*. **Information and Control**, United Kingdom, v.18, p.338-53, 1965.

ZEFERINO, C. P. **Indicadores fisiológicos, desempenho, rendimento ao abate e qualidade de carne de coelhos puros e mestiços submetido ao estresse pelo calor intenso ou moderado.** 92 p. Dissertação (Mestre em zootecnia) - Universidade Estadual Paulista – Faculdade de medicina veterinária e zootecnia. Campus de Botucatu. Botucatu, SP, 2009.

ZEFERINO, C. P.; MOURA, A.S.A.M.T.; FERNANDES, S.; et al. Genetic group×ambient temperature interaction effects on physiological responses and growth performance of rabbits. **Livestock Science**, p.177–183, 2011.

ZORZELLA, M. **Modelagem matemática da análise da dor no pós-operatório de cadelas ovariohisterectomizadas.** 82 p. Dissertação. (Mestrado Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2015.