



**LEONARDO SCHIASSI**

**DESEMPENHO E COMPORTAMENTO DE  
FRANGOS DE CORTE EM TÚNEIS DE VENTO  
CLIMATIZADOS**

**LAVRAS - MG**

**2013**

**LEONARDO SCHIASSI**

**DESEMPENHO E COMPORTAMENTO DE FRANGOS DE CORTE EM  
TÚNEIS DE VENTO CLIMATIZADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Tadayuki Yanagi Junior

Coorientadores

Dr. Alessandro Torres Campos

Dr. Renato Ribeiro de Lima

**LAVRAS - MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Schiassi, Leonardo.

Desempenho e comportamento de frangos de corte em túneis de  
vento climatizados / Leonardo Schiassi. – Lavras : UFLA, 2014.

78 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Tadayuki Yanagi Junior.

Bibliografia.

1. Ambiência térmica. 2. Modelagem matemática. 3. Ambiente  
controlado. 4. Frangos de corte - Análise de comportamento. 5.  
Frangos de corte - Ambiente térmico. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD – 636.0831

**LEONARDO SCHIASSI**

**DESEMPENHO E COMPORTAMENTO DE FRANGOS DE CORTE EM  
TÚNEIS DE VENTO CLIMATIZADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 19 de dezembro de 2013.

Dr. Alessandro Torres Campos      UFLA

Dr. Edison José Fassani              UFLA

Dra. Adriana Garcia do Amaral      UFMT

Dra. Giselle Borges de Moura        UFGD

Dr. Tadayuki Yanagi Junior  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2013**

Aos meus pais, Adão Schiassi e Irene Vieira Schiassi, por tudo que me ensinaram e pelo orgulho que tenho em tê-los como exemplo de vida, trabalho e honestidade.

**OFEREÇO**

Aos meus irmãos, familiares e amigos, pelo incentivo, apoio e confiança, sempre acreditando e desejando meu sucesso.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Engenharia (DEG), pela oportunidade concedida para a realização do doutorado.

Aos meus irmãos, Marcelo, Marlene, Nenê, Marcília, Moacir e Jú, pelo constante apoio, amizade e incentivo.

A Carol, por estar sempre me apoiando e participando de todos os momentos.

Ao professor e orientador Dr. Tadayuki Yanagi Junior, pelos ensinamentos, amizade e oportunidades.

Aos amigos, Lucas, Gregory, Patrícia, Jaqueline e Guilherme, pela grande ajuda durante a condução do experimento e análise dos dados.

## RESUMO GERAL

Objetivando-se avaliar o efeito do ambiente térmico no desempenho e comportamento de frangos de corte, durante as três primeiras semanas de vida, foi realizado um experimento com animais criados de 1 a 21 dias de idade em túneis de vento climatizados. Foi utilizado o Laboratório de Ambiência para Pequenos Animais, da Universidade Federal de Lavras, onde foi estabelecido, utilizando o sistema automático de monitoramento e controle, valores constantes de umidade relativa e velocidade do ar, variando apenas a temperatura de bulbo seco durante cada semana experimental. Dessa forma, foi avaliado o efeito da variação da temperatura do ar na produtividade e comportamento das aves. Visando obter uma ferramenta matemática para prever as respostas produtivas de frangos de corte, foi desenvolvida uma modelagem utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy*, em que as respostas de consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar foram estabelecidas em função da idade e temperatura do ar na qual a ave foi mantida, obtendo assim uma avaliação instantânea de um possível ambiente estressante. Para testar o sistema desenvolvido foram utilizados dados experimentais, realizando simulações para prever as respostas e comparando os valores fornecidos pelo modelo matemático desenvolvido com aqueles obtidos durante a condução do experimento. Em seguida, foi realizada a avaliação dos padrões comportamentais característicos de agrupamento, presença no bebedouro, presença no comedouro e presença em áreas intermediárias. O modelo *fuzzy* proposto pode ser usado para determinação, em tempo real, das respostas produtivas de frangos de corte, auxiliando na tomada de decisões quanto ao controle térmico de aviários, sendo que o uso da análise de comportamento possibilitou apresentar uma metodologia de análise visual do bem-estar das aves, em que as variações da temperatura do ar influenciam o comportamento animal, afetando dessa forma a produtividade e eficiência do sistema produtivo.

Palavras-chave: Ambiência térmica. Modelagem matemática. Análise de comportamento. Ambiente controlado.

## GENERAL ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of the thermal environment on the performance and behavior of broilers during the first three weeks of life, we conducted an experiment using bred animals from 1-21 days of age in acclimatized wind tunnels. We used the Ambience Laboratory for Small Animals, at the Universidade Federal de Lavras, in which we established, through an automatic monitoring and control system, constant values of relative humidity and air velocity, varying only for the dry bulb temperature during each experimental week. Thus, we evaluated the effect of air temperature variation on the productivity and behavior of the birds. Seeking to obtain a mathematical tool to predict productive responses from the broilers, we developed a model using the *fuzzy* set theory, in which the responses of feed intake, weight gain and feed conversion were established according to age and air temperature in which the bird was maintained, thus obtaining an instant assessment of a possible stressful environment. In order to test the system developed, we used experimental data, performing simulations to predict the response and compare the values provided by the mathematical model with those obtained during the experiment. Subsequently, we evaluated the behavioral patterns characteristic of groupings, the presence at the drinker, the presence at the feeders and the presence in the intermediate areas. The proposed *fuzzy* model may be used to determine, in real time, the productive responses of broilers, aiding in the decision making regarding the thermal control of poultry houses, being that the use of the behavior analysis allowed the presentation of a visual analysis methodology of bird welfare, in which the variations of air temperature influence animal behavior, thus affecting the productivity and efficiency of the productive system.

Keywords: Thermal ambience. Mathematical modeling. Behavior analysis. Controlled environment.

## LISTA DE FIGURAS

### PRIMEIRA PARTE

Figura 1	Esquema ilustrativo de um sistema <i>fuzzy</i> .....	23
----------	--	----

### SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

#### ARTIGO 1

Figura 1.	Análise do comportamento de frangos de corte em relação à manifestação para cada semana experimental: a) primeira semana de vida e b) segunda semana de vida, em função das temperaturas avaliadas.....	46
Figura 2.	Análise de agrupamento dos tratamentos analisados: a) primeira semana de vida e b) segunda semana de vida das aves....	48

#### ARTIGO 2

Figura 1.	Funções de pertinência para as variáveis de entrada: a) Idade das aves (dias), b) Temperatura do ar na primeira semana (°C) e c) Temperatura do ar na segunda semana (°C).....	66
Figura 2.	Funções de pertinência para as variáveis de saída: a) consumo de ração (g), b) ganho de peso (g) e c) conversão alimentar ( $g \cdot g^{-1}$ ) .....	67
Figura 3.	Regressões lineares para as variáveis de saída: a) consumo de ração (CR); b) ganho de peso (GP) e c) conversão alimentar (CA), em função dos valores preditos pela lógica <i>fuzzy</i> e os valores medidos experimentalmente .....	73

## LISTA DE TABELAS

### PRIMEIRA PARTE

Tabela 1	Faixas de temperaturas de conforto para frangos do corte em diferentes idades.....	16
Tabela 2	Consequências da variação de temperatura sobre o comportamento produtivo das aves.....	200

### SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

#### ARTIGO 1

Tabela 1.	Média semanal da temperatura do ar, com respectivo desvio padrão, no interior dos túneis de vento climatizados, correspondentes a cada tratamento.....	400
Tabela 2.	Pontuação atribuída aos padrões comportamentais dos frangos de corte analisados .....	433
Tabela 3.	Níveis de temperatura do ar considerados na análise do comportamento das aves para cada semana de avaliação .....	444
Tabela 4.	Comparação dos valores médios das pontuações de padrões comportamentais para cada semana analisada, em função da temperatura do ar.....	500

#### ARTIGO 2

Tabela 1.	Média semanal da temperatura do ar, com respectivo desvio padrão, no interior dos túneis de vento climatizados correspondentes a cada tratamento.....	633
Tabela 2.	Conjuntos <i>fuzzy</i> para as variáveis de entrada .....	655
Tabela 3.	Comparação dos valores de consumo de ração (CR, gramas), ganho de peso (GP, gramas) e conversão alimentar (CA, gramas gramas <sup>-1</sup> ) acumulados, obtidos experimentalmente (ME) e simulados pelo modelo <i>fuzzy</i> (SF).....	711

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Ambiente térmico de frangos de corte</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Comportamento de frangos de corte</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Respostas fisiológicas dos frangos de corte ao estresse</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2.1.1</b>	<b>Respostas comportamentais à variação de temperatura</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Sistemas <i>fuzzy</i></b> .....	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS</b> .....	<b>33</b>
	<b>ARTIGO 1 Análise do comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos</b> .....	<b>33</b>
	<b>ARTIGO 2 Modelagem fuzzy aplicada na avaliação do desempenho de frangos de corte</b> .....	<b>56</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1 INTRODUÇÃO**

A produção de frangos de corte no Brasil tem crescido nas últimas décadas, assim como a busca por maior produtividade e qualidade do produto, carne de frango, obtido.

No ano de 2012, o Brasil manteve a posição de maior exportador mundial e de terceiro maior produtor de carne de frango, atrás dos Estados Unidos e China. Do volume total de frangos produzido pelo país, 69% foi destinado ao consumo interno e 31% para exportações, com isso o consumo *per capita* de carne de frango atingiu 45 quilos por pessoa, por ano (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA - UBABEF, 2013).

Diante deste cenário, para se maximizar a produtividade, é imprescindível aliar um elevado potencial genético do plantel a uma alimentação com nível nutricional adequado, em ambiente saudável e ajustado às necessidades das aves. Nesse contexto, o ambiente de produção exerce papel fundamental na avicultura moderna, visto que essa tem por objetivo alcançar alta produtividade em espaço físico e tempo relativamente reduzidos.

Por serem animais homeotérmicos, as aves são capazes de manter a sua temperatura corporal por meio de mecanismos fisiológicos e comportamentais, dentro de limites muito estreitos. Entretanto, nas primeiras semanas de vida, o sistema termorregulador da ave não está completamente desenvolvido (SILVA et al., 2009) e, caso essas sejam submetidas a condições de estresse térmico, o seu bem-estar poderá ser afetado significativamente e, conseqüentemente, o seu desempenho produtivo.

Para Furlan (2006), o desenvolvimento do pintainho, principalmente na primeira semana de vida, é primordial para o desempenho futuro do animal, pois

processos fisiológicos como hiperplasia e hipertrofia celular, maturação do sistema termorregulador e diferenciação da mucosa gastrointestinal influenciarão de maneira marcante o peso corporal e a conversão alimentar da ave até a idade de abate, já que a interação entre variáveis como temperatura ambiente, peso pós-eclosão, nutrientes da dieta e qualidade da água influenciam na produtividade, ganho de peso e conversão alimentar dos frangos de corte.

De acordo com Funck e Fonseca (2008), a maior taxa de formação de órgãos vitais, como coração, pulmão, sistema digestivo e imunológico, ocorre durante os primeiros sete dias de vida das aves e, para que esse desenvolvimento seja normal, os animais necessitam absorver todos os nutrientes e anticorpos contidos no saco embrionário, e isso só ocorre se forem mantidos em condições ideais de temperatura e umidade relativa e ingerirem água e ração.

Alguns autores apontam que, entre os fatores ambientais, os térmicos são os que afetam diretamente as aves, pois comprometem sua função vital mais importante que é a manutenção de sua homeotermia (BARBOSA FILHO; VIEIRA; SILVA, 2009; MENEGALI et al., 2009; WELKER; ROSA; MOURA, 2008).

Segundo Ferreira (2005), Macari, Furlan e Maiorka (2004) e Medeiros et al. (2005), a faixa de conforto para aves de corte é de 32 a 34 °C na primeira, de 28 a 32 °C na segunda e de 26 a 28 °C na terceira semana de idade. Essa alta temperatura ambiente exigida para o frango de corte está associada ao fato do pintainho apresentar uma grande relação entre área e volume corporal e com isso ter dificuldade de reter calor, em razão do sistema termorregulatório ainda não estar totalmente desenvolvido.

Temperaturas superiores a 35 °C, na fase inicial de criação, podem induzir os pintainhos a hipertermia com desidratação, levando a uma redução no consumo de ração e atraso no crescimento (MICKELBERRY; ROGLER; STALDEMAN, 1966), e temperaturas muito abaixo da zona de conforto podem

desencadear quadros hipotérmicos, podendo induzir à síndrome de hipertensão pulmonar (ascite) (MAXWELL; ROBERTSON, 1998).

Deste modo, manter a temperatura no interior de aviários em níveis adequados é crucial para o bem-estar de frangos de corte, uma vez que esses animais necessitam de temperaturas ambientais mais elevadas durante as primeiras semanas de vida, para que sua taxa metabólica seja mínima e a homeotermia mantenha-se com menos gasto energético.

Visando analisar a interação entre idade e temperatura do ar, no conforto de frangos de corte, durante as primeiras semanas de vida, podem-se utilizar técnicas de modelagem computacional. Tais métodos, conhecidos como sistemas especialistas inteligentes, são capazes de executar tarefas ou resolver problemas a partir de uma base de conhecimento, sendo que os mais utilizados e testados são a lógica *fuzzy* e redes neurais artificiais (SCHIASSI, 2011).

A teoria dos conjuntos *fuzzy*, ou segundo a tradução, a teoria dos conjuntos nebulosos, desenvolvida pelo matemático Lofti A. Zadeh, em 1965 (ZADEH, 1965), consiste em uma revolução da teoria dos conjuntos clássicos, permitindo a introdução de graus de incerteza ao lidar com conjuntos. Utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy* pode-se avaliar a interação entre duas ou mais variáveis no bem-estar e produtividade de frangos de corte.

Diante do exposto, mostra-se imprescindível o desenvolvimento de pesquisas que investiguem e avaliem a melhor faixa de temperatura para criação de aves. Esse conhecimento, na fase inicial da vida dos animais, tem como objetivo, além de garantir o melhor ambiente térmico para produção, otimizar o custo de energia despendida no aquecimento. Também torna-se relevante identificar a influência da temperatura do ar a que as aves foram submetidas, em cada semana de criação, sobre o seu desempenho e sobre seu bem-estar associado a avaliações comportamentais.

Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar o efeito do ambiente térmico no desempenho e comportamento de frangos de corte, durante as três primeiras semanas de vida.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

No referencial bibliográfico foi abordado o tema conforto térmico de frangos de corte, em especial os efeitos dos ambientes térmicos no comportamento e produtividade de frangos de corte, durante as primeiras semanas de vida, além de um breve estudo sobre a metodologia *fuzzy*.

### **2.1 Ambiente térmico de frangos de corte**

Segundo Cassuce (2011), o ambiente que envolve os animais compreende todos os elementos físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que influenciam o seu desenvolvimento e crescimento. Dentre esses, os elementos climáticos, componentes do ambiente térmico do animal, incluem temperatura, umidade relativa, movimentação do ar e radiação e são tidos entre os mais relevantes, por exercerem ação direta e imediata sobre as respostas comportamentais, produtivas e reprodutivas dos animais (BAÊTA; SOUZA, 2010).

Assim, para o animal homeotermo, como é o caso das aves, a temperatura do ambiente a que se encontra exposto, tem papel decisivo sobre todas as suas respostas fisiológicas, permitindo ou não que a produtividade máxima obtida pela espécie seja atingida. Um animal homeotermo alojado em ambiente onde a temperatura se encontra fora da zona de conforto necessita desviar energia de produção para buscar a manutenção da homeotermia, considerada a função basal mais importante e prioritária (CASSUCE, 2011).

Visando estabelecer bons parâmetros de criação, vários autores vêm estabelecendo as faixas de temperatura consideradas como ideais para os ambientes de criação de frangos de corte, objetivando maior desempenho produtivo. Essas faixas de temperatura, de uma forma ou outra, têm norteadas a

forma de criação e empregos de sistemas de acondicionamento térmico para frio e calor no Brasil. Essas faixas, adaptadas de trabalhos realizados por alguns autores, para várias idades de frangos de corte, encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Faixas de temperaturas de conforto para frangos do corte em diferentes idades

Idade (Semana)	Faixa de Temperatura (°C)
1 <sup>a</sup>	32 – 34
2 <sup>a</sup>	28 – 32
3 <sup>a</sup>	26 – 28

Adaptado de Cassuce (2011), Clark (1981), Freeman (1968), May e Lot (2000), Medeiros et al. (2005) e Yousef (1985).

Segundo Almeida (2010) e Cassuce (2011), em situação de estresse por frio, animais em crescimento ou adultos, mantêm o consumo de alimento, gerando incremento calórico, porém a energia que serviria para deposição tecidual, em grande parte é utilizada para manutenção, diminuindo assim o desempenho. Em pintos, durante a fase pré-inicial, o estresse por frio causa inibição do consumo de alimento, gastando reservas para a termogênese e influenciando negativamente no desenvolvimento anatômico-fisiológico. Isso reflete no desenvolvimento dos animais durante as demais fases de criação, resultando em queda de produtividade, lotes desuniformes, perda de peso e piora na conversão alimentar.

Oliveira et al. (2006) avaliaram os efeitos da temperatura e umidade relativa sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade e observaram redução de 19,6% no ganho de peso e aumento de 3% no consumo de ração das aves mantidas em ambiente frio (16 °C) em relação àquelas em

ambiente termoneutro (25 °C), acarretando piores valores de conversão alimentar.

## **2.2 Comportamento de frangos de corte**

A ocorrência de desconforto térmico na primeira semana de vida das aves implicará de maneira marcante na redução do peso corporal e aumento da conversão alimentar até a fase de abate (FURLAN, 2006), pois o desenvolvimento inicial do pintainho é fundamental para melhor desempenho do frango de corte até o final do ciclo de produção (TEIXEIRA et al., 2009).

Para se caracterizar melhor as condições de conforto e desconforto poder-se-á usar o estudo do comportamento animal, conforme pesquisa desenvolvida por Cordeiro (2007). Dessa forma, a análise conjunta de informações relativas ao ambiente térmico de produção, respostas produtivas e comportamento das aves propicia a análise mais detalhada dos processos envolvidos, permitindo a busca de soluções para amenizar ou eliminar o problema.

### **2.2.1 Respostas fisiológicas dos frangos de corte ao estresse**

As aves são animais classificados como homeotermos, portanto apresentam a capacidade de manter a temperatura interna próxima de constante. Isso significa que esses animais estão em troca térmica contínua com o ambiente. Entretanto, o mecanismo é eficiente somente quando a temperatura ambiental encontra-se dentro de certos limites. As aves não são animais que se ajustam perfeitamente aos extremos de temperatura, podendo, inclusive, ter a vida ameaçada. Dessa forma, é importante que esses animais sejam alojados em ambientes em que se torne possível o balanço térmico (MEDEIROS, 2001; RUTZ, 1994).

De acordo com Curtis (1983) e Esmay e Dixon (1986), quando as condições ambientais no interior da instalação não estão dentro da zona de termoneutralidade, ou seja, o ambiente térmico torna-se desconfortável, o organismo animal se ajusta fisiologicamente para manter sua homeotermia, seja para conservar ou dissipar calor. Esse dispêndio de energia resulta em redução na sua eficiência produtiva.

Para Schmid (1998), os principais sintomas que descrevem um quadro de estresse por calor são aqueles em que as aves consomem menos ração, bebem mais água, aumentam a frequência respiratória, ficam prostradas, reduzem o ganho de peso, têm o comportamento alterado e ficam mais susceptíveis às doenças. Nessa situação, as aves recorrem a mecanismos de controle do calor, como o posicionamento de suas pernas, abertura de asas, exposição da região ventral altamente vascularizada, e aumento de respiração e transpiração (MEDEIROS, 2001). Enquanto que, em baixas temperaturas, as aves consomem mais ração, bebem menos água e permanecem mais tempo agrupadas (BAÊTA; SOUZA, 2010).

Assim, entre todos os fatores ambientais, os térmicos, representados por temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação térmica, são os que afetam mais diretamente a ave, alterando seu comportamento e comprometendo uma das suas mais importantes funções vitais, que é a manutenção da própria homeotermia, conforme observado por Curtis (1983), Medeiros (2001) e Tinôco (1988).

#### **2.2.1.1 Respostas comportamentais à variação de temperatura**

Hahn e Osburn (1970) e Medeiros (2001) comentaram que, nos trópicos, o maior problema para a criação de animais domésticos está na eliminação do calor corporal, para o ambiente. Entretanto, esse fator não está relacionado

somente às altas temperaturas, mas à associação dessas com a elevada umidade relativa e baixa movimentação do ar.

Para Medeiros (2001), a quantidade de calor produzida ou incorporada ao corpo provém do metabolismo basal, da atividade muscular, da digestão do alimento e do meio ambiente térmico. Esse calor tem que ser dissipado através de mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente. Tal mecanismo envolve trocas de calor sensível através da radiação, convecção e condução e também de trocas de calor latente que se produzem através da evaporação nos pulmões e na pele (TEIXEIRA, 1991).

A temperatura interna dos animais varia na escala de, aproximadamente, 36 a 41 °C, envolvendo mamíferos e aves (MÜLLER, 1989). Nos ambientes frios quando a temperatura ambiental está abaixo da crítica inferior, esses animais, para manter o calor corporal, ativam através do centro termorregulador, localizado no sistema nervoso central, certos processos fisiológicos, como vasoconstrição, redução da frequência respiratória, elevação da taxa metabólica, maior isolamento da pele, com ereção dos pelos e produção de calor através da ocorrência de tremor muscular e arrepio. Nos ambientes quentes, quando essa temperatura está acima da crítica superior, as aves reagem por meio da respiração acelerada e diferentes posições corporais (HAFEZ, 1973; MEDEIROS, 2001).

A zona de conforto ou termoneutra varia de acordo com a espécie e dentro da mesma espécie animal. Nas aves, a zona termoneutra muda com sua constituição genética, idade, sexo, tamanho corporal, peso, dieta, estado fisiológico, exposição prévia ao calor (aclimatação), variação da temperatura ambiente, radiação, umidade e velocidade do ar (TEETER, 1990; YOUSEF, 1985).

A aclimação ao calor ocorre devido à diminuição da taxa de metabolismo básico, aproximadamente uma semana após a exposição da ave ao ambiente estressante (ARRIELI; MELTZER; BERMAN, 1980).

Para as semanas finais de vida das aves, entre a quarta e sétima semanas de criação, as temperaturas de conforto oscilam entre 26 e 15 °C, para valores de umidade relativa do ar de 50 a 70%. As faixas de conforto, de acordo com as diferentes idades, são compatíveis para aves de corte, postura e matrizes (CLARK, 1981; YOUSEF, 1985).

As prováveis consequências das variações da temperatura do ar sobre o comportamento produtivo das aves são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 Consequências da variação de temperatura sobre o comportamento produtivo das aves

Temperatura	Consequências
< 10 °C	Redução no ganho de peso e na eficiência alimentar.
10 a 21 °C	Eficiência alimentar permanece afetada.
≤ 20 °C	Elevação da umidade não interfere na perda de calor por evaporação.
15 a 26 °C	Melhor eficiência alimentar e ganho de peso.
20 °C	Ideal para ganho de peso de aves de corte. Cada °C a mais entre 21 e 30 °C e 32 a 38 °C resulta em decréscimo na ingestão alimentar de 1,5 e 4,6%, respectivamente.
29 a 32 °C	Consumo alimentar diminui; ganho de peso é baixo.
32 a 35 °C	Consumo de alimentos continua decrescente. O consumo de água passa a ser superior ao dobro do normal; nessa faixa de temperatura ambiente, a temperatura interna da ave começa a aumentar.
35 a 38 °C	Prostração por calor: medidas emergenciais são necessárias para o resfriamento das aves. Sobrevivência é o interesse maior nessas temperaturas.

Adaptado de Medeiros (2001).

### 2.3 Sistemas *fuzzy*

Segundo Ferreira et al. (2007), a lógica *fuzzy* é uma técnica que incorpora a forma humana de pensar, em um sistema de controle. Um controlador *fuzzy* típico pode ser projetado para comportar-se conforme o raciocínio dedutivo, isso é, o processo que as pessoas utilizam para inferir conclusões baseadas em informações que elas já conhecem.

A ideia básica em controle *fuzzy* é modelar as ações a partir de conhecimento especialista, ao invés de, necessariamente, modelar o processo em si. Isso conduz a uma abordagem diferente dos métodos convencionais de controle de processos, em que os mesmos são desenvolvidos via modelagem matemática, de modo a derivar as ações de controle como função do estado do processo. A motivação para essa nova abordagem veio de casos em que o conhecimento especialista de controle era disponível, seja por meio de operadores ou de projetistas, e os modelos matemáticos envolvidos eram muito custosos, ou muito complicados para serem desenvolvidos (GOMIDE; GUDWIN; TANSCHKEIT, 1995).

Os sistemas *fuzzy*, baseados na lógica *fuzzy*, são sistemas capazes de trabalhar com informações imprecisas e transformá-las em uma linguagem matemática de fácil implementação computacional (FERREIRA, 2009).

Oliveira, Amendola e Nääs (2005) e Schiassi et al. (2008) reportaram que um sistema *fuzzy* é constituído por variáveis de entrada e saída. Para cada variável, são atribuídos conjuntos *fuzzy* que as caracterizam, sendo que, para cada conjunto *fuzzy*, é criada uma função de pertinência, ou seja, quanto um elemento pertence a um conjunto. Na teoria dos conjuntos clássicos, deve-se decidir o grau de pertinência 0 ou 1, enquanto os conjuntos *fuzzy* nos permitem escolher um valor real arbitrário entre 0 e 1 (MELO, 2009).

Para realização da técnica dos conjuntos *fuzzy*, as variáveis de entrada precisam sofrer uma fuzzificação, ou seja, o processo que traduz as variáveis de entrada do sistema em conjuntos *fuzzy* com seus respectivos domínios, por meio de conhecimento de especialistas ou de uma base de dados. As variáveis e suas classificações linguísticas são catalogadas e modeladas em conjuntos *fuzzy* (BARROS; BASSANEZI, 2006).

Em seguida, é realizada a inferência *fuzzy*, que consiste na realização do raciocínio *fuzzy* com base num sistema de regras, que relaciona as variáveis de entrada com as de saída. O sistema de regras pode ser construído com base em bancos de dados e opiniões de especialistas. Cada regra é composta por conectivos lógicos (se, e, ou, então), como, por exemplo,

***Regra: SE  $x$  é A E  $y$  é B ENTÃO  $z$  é C***

em que, A, B e C são conjuntos *fuzzy* (OLIVEIRA; AMENDOLA; NÄÄS, 2005; SCHIASSI et al., 2008).

E, por último, ocorre a defuzzificação, que é a tradução da saída num valor numérico real (MENDEL, 1995). A Figura 1 apresenta o esquema ilustrativo de um sistema *fuzzy*.

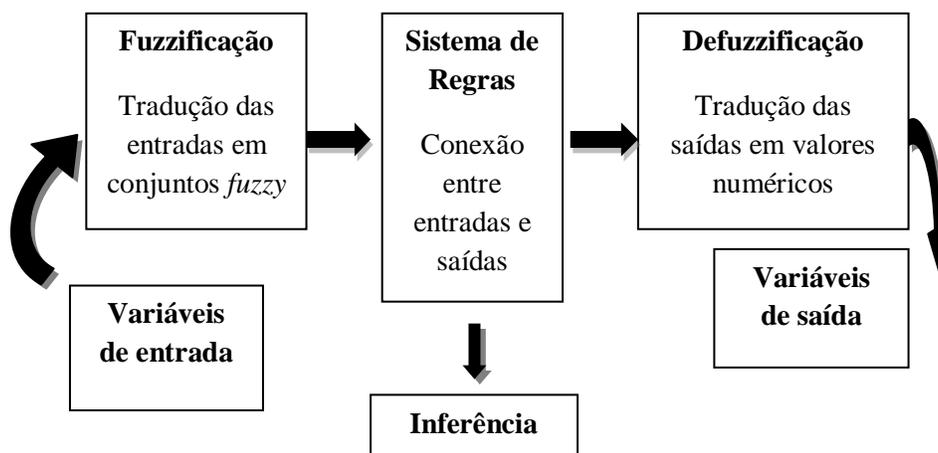


Figura 1 Esquema ilustrativo de um sistema *fuzzy*

Segundo Mendel (1995), para o desenvolvimento computacional de um sistema *fuzzy* pode-se utilizar um *software* capaz de realizar todos os procedimentos necessários à sua construção. Entretanto, um modelo *fuzzy* pode ser desenvolvido diretamente em uma linguagem de programação qualquer, proporcionando, assim, maior portabilidade, uma vez que, a partir de um arquivo executável, poder-se-á implantar o modelo em qualquer computador ou microprocessador (sistema embarcado).

O que está por trás da versatilidade de utilização desta teoria é a possibilidade de modelar e manipular matematicamente informações vagas e imprecisas, naturais da linguagem humana e, portanto, as fornecidas pelos especialistas (não matemáticos) ao caracterizar os processos estudados (AMENDOLA; SOUZA; BARROS, 2005).

A metodologia *fuzzy* tem sido utilizada em várias áreas, como análises de dados, sistemas especialistas, controle e otimização, controle de aeronaves e biomedicina (LOPES, 1999; ORTEGA, 2001; RIBACIONKA, 1999; WEBER;

KLEIN, 2003). Na área de ambiência animal, várias aplicações indicam o seu potencial de uso, como o estudo do conforto térmico em aves (AMENDOLA; MOLLO NETO; CRUZ, 2005; CHAO; GATES; SIGRIMIS, 2000; GATES; CHAO; SIGRIMIS, 2001; OLIVEIRA; AMENDOLA; NÄÄS, 2005; YANAGI JUNIOR et al., 2006) e suínos (QUEIROZ; NÄÄS; SAMPAIO, 2005), além de ser usado para detecção de cio, em vacas leiteiras (FERREIRA et al., 2007; FIRK et al., 2003).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das incertezas com relação às faixas de conforto de temperatura do ar, no desenvolvimento e comportamento de frangos de corte, durante as primeiras semanas de vida, torna-se necessário averiguar tais respostas e analisar sua importância para um correto manejo do ambiente produtivo. Com o uso de equipamentos de precisão para o controle e monitoramento das variáveis do ambiente térmico, aliados ao correto manejo alimentar e sanitário, foi possível conduzir um experimento e obter respostas de desempenho produtivo de frangos de corte, durante as três primeiras semanas de vida, em que somente a temperatura de bulbo seco do ar sofreu variação, durante o período analisado. Dessa forma, pôde-se isolar a influência das demais variáveis ambientais no desempenho produtivo das aves.

Com a análise do comportamento dos frangos de corte foi possível o monitoramento das aves, no estudo dos comportamentos característicos de agrupamento, presença no bebedouro, presença no comedouro e presença em áreas intermediárias.

Com os dados de respostas zootécnicas de produtividade de frangos de corte para os ambientes avaliados, foi desenvolvido um sistema *fuzzy*, com base em três variáveis de entrada: temperatura do ar na primeira semana de vida (°C), temperatura do ar na segunda semana de vida (°C) e a idade das aves. O modelo elaborado foi testado com os dados coletados, visando seu ajuste às mais variadas situações de temperatura do ar e idade dos pintainhos, tendo como respostas os valores acumulados de consumo de ração (gramas), ganho de peso (gramas) e conversão alimentar (gramas gramas<sup>-1</sup>).

As análises de comportamento obtidas, bem como o modelo *fuzzy* desenvolvido, podem ajudar a avaliar e controlar o ambiente de produção de

frangos de corte, visando o conforto das aves e evitando perdas de produtividade.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. U. **Níveis de lisina digestível e planos de nutrição para frangos de corte machos de 1 a 42 dias de idade**. 2010. 43 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Centro Universitário de Vila Velha, Vila Velha, 2010.
- AMENDOLA, M.; MOLLO NETO, M.; CRUZ, V. F. Using fuzzy sets to analyze environmental condition in order to improve animal productivity. **Biomatemática**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 29-40, 2005.
- AMENDOLA, M.; SOUZA, A. L.; BARROS, L. C. **Manual do uso da teoria dos conjuntos fuzzy no matlab 6.5**. Campinas: UNICAMP, 2005. 46 p. Disponível em: <[http://www.ime.unicamp.br/~laeciocb/MANUAL\\_2005.pdf/](http://www.ime.unicamp.br/~laeciocb/MANUAL_2005.pdf/)>. Acesso em: 27 maio 2005.
- ARRIELI, A.; MELTZER, A.; BERMAN, A. The environmental temperature zone and seasonal acclimatization in the hen. **British Poultry Science**, London, v. 10, n. 21, p. 471-472, 1980.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269 p.
- BARBOSA FILHO, J. A. D.; VIEIRA, F. M. C.; SILVA, I. J. O. Transporte de frangos: caracterização do microclima na carga durante o inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 12, p. 2442-2446, 2009.
- BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. Campinas: UNICAMP/IMECC, 2006. 354 p.
- CASSUCE, D. C. **Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil**. 2011. 103 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- CHAO, K.; GATES, R. S.; SIGRIMIS, N. Fuzzy logic controller design for staged heating and ventilating systems. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 43, n. 6, p. 1885-1894, 2000.
- CLARK, J. A. **Environment aspects of housing for animal production**. Nottingham: University of Nottingham, 1981. 510 p.

CORDEIRO, M. B. **Análise de imagens na avaliação do comportamento, do bem-estar e do desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento.** 2007. 121 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture.** Ames: The Iowa State University, 1983. 409 p.

ESMAY, M. L.; DIXON, J. E. **Environmental control for agricultural buildings.** Westport: AVI, 1986. 287 p.

FERREIRA, L. **Aplicação de sistemas fuzzy e neuro-fuzzy para predição da temperatura retal de frangos de corte.** 2009. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

FERREIRA, L. et al. Development of algorithm using fuzzy logic to predict estrus in dairy cows: part I. **Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal**, Beijing, v. 9, p. 1-16, Sept. 2007.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 371 p.

FIRK, R. et al. Improving oestrus detection by combination of activity measurements with information about previous oestrus cases. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 82, n. 1, p. 97-103, 2003.

FREEMAN, B. M. The fowl and its physical environment. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 25, p. 99-111, 1968.

FUNCK, S. R.; FONSECA, R. A. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático a gás e a lenha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 91-97, 2008.

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 7., 2006, Chapecó. **Anais...** Chapecó: SBA, 2006. p. 104-135.

GATES, R. S.; CHAO, K.; SIGRIMIS, N. Identifying design parameters for fuzzy control of staged ventilation control systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 31, n. 1, p. 61-74, Feb. 2001.

- GOMIDE, F.; GUDWIN, R.; TANSCHKEIT, R. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações. In: IFSA CONGRESS-TUTORIALS, 6., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IFSA, 1995. p. 1-38.
- HAFEZ, E. S. E. **Adaptación de los animales domésticos**. Barcelona: Labor, 1973. 563 p.
- HAHN, E. S. E.; OSBURN, D. D. Feasibility of evaporative cooling for dairy cattle based on expected production losses. **Transaction of American Society of Agricultural Engineers**, Saint Joseph, v. 13, n. 3, p. 289-291, 1970.
- LOPES, G. T. **Proposta de um controlador ótimo de altura da plataforma de corte de colhedoras**. 1999. 155 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.
- MACARI, M.; FURLAN, R. L.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: MENDES, A. A.; NÃÃS, I. A.; MACARI, M. (Ed.). **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004. p. 137-155.
- MAXWELL, M. H.; ROBERTSON, G. W. UK survey of broiler ascites and sudden death syndromes in 1993. **British Poultry Science**, London, v. 39, n. 1, p. 203-215, 1998.
- MAY, J. D.; LOTT, B. D. The effect of environmental temperature on growth and feed conversion of broilers to 21 days of age. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 4, p. 669-671, 2000.
- MEDEIROS, C. M. **Ajustes de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte**. 2001. 125 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- MEDEIROS, C. M. et al. 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.
- MELO, G. J. A. **Princípios de extensão de Zadeh aplicado a funções não monótonas com dois parâmetros fuzzy**. 2009. 69 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MENDEL, J. M. Fuzzy logic systems for engineering: a tutorial. **Proceedings of IEEE**, Washington, n. 83, p. 345-377, 1995.

MENEGALI, I. et al. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 984-990, 2009. Suplemento.

MICKELBERRY, W. V.; ROGLER, J. C.; STALDEMAN, W. J. The influence of dietary fat and environmental temperature upon chick growth and carcass composition. **Poultry Science**, Champaign, n. 45, p. 313-321, 1966.

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

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**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 300-307, maio/ago. 2005.

OLIVEIRA, R. F. M. et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 797-803, maio/jun. 2006.

ORTEGA, N. R. S. **Aplicação da teoria de conjuntos fuzzy a problemas da biomedicina**. 2001. 152 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

QUEIROZ, M.; NÄÄS, I. A.; SAMPAIO, C. Estimating thermal comfort of piglets considering ammonia concentration. **Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal**, Beijing, v. 7, p. 1-8, Oct. 2005.

RIBACIONKA, F. **Sistemas computacionais baseados em lógica fuzzy**. 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Mackenzie, São Paulo, 1999.

RUTZ, F. Aspectos fisiológicos que regulam o conforto térmico das aves. In: CONFERÊNCIA APINCO 1994 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FACTA, 1994. p. 99-136.

SCHIASSI, L. **Modelagem fuzzy e geostatística na avaliação da salubridade de trabalhadores**. 2011. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SCHIASSI, L. et al. Metodologia fuzzy aplicada à avaliação do aumento da temperatura corporal em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 16, n. 2, p. 181-191, abr./jun. 2008.

SCHMID, A. L. Refletindo sobre o calor. **Avicultura Industrial**, São Paulo, v. 88, n. 1057, p. 18-23, 1998.

SILVA, V. K. et al. Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações contendo extrato de leveduras e prebiótico e criados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 4, p. 690-696, jul./ago. 2009.

TEETER, R. G. Estresse calórico em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 10., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1990. p. 33-44.

TEIXEIRA, E. N. M. et al. Efeito do tempo de jejum pós-eclosão, valores energéticos e inclusão do ovo desidratado em dietas pré-iniciais e iniciais de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 314-322, mar./abr. 2009.

TEIXEIRA, V. H. **Construções e ambiência**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1991. 127 p.

TINÔCO, I. F. F. **Sistema de resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de cortes**. 1988. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1988.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. **Relatório anual 2013**. Disponível em:  
<<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9ddd280a.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2013.

WEBER, L.; KLEIN, P. A. T. **Aplicações de lógica fuzzy em software e hardware**. Canoas: ULBRA, 2003. 112 p.

WELKER, J. S.; ROSA, A. P.; MOURA, D. J. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 8, p. 1463-1467, 2008.

YANAGI JUNIOR, T. et al. Fuzzy logic model to predict laying hen body temperature rise during acute heat stress. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. 1 CD-ROM.

YOUSEF, M. K. **Stress physiology in Livestock**. Las Vegas: CRC, 1985. 159 p. (Basic Principle, 3).

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Journal Information and Control**, New York, v. 8, p. 338-353, 1965.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

**ARTIGO 1 Análise do comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos**

**Artigo formatado de acordo com as diretrizes para submissão na revista  
Engenharia Agrícola**

## **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE FRANGOS DE CORTE SUBMETIDOS A DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS<sup>1</sup>**

Leonardo Schiassi, Tadayuki Yanagi Junior, Patrícia Ferreira Ponciano,  
Alessandro Torres Campos, Guilherme Rodrigues e Silva, Lucas  
Henrique P. Abreu

**RESUMO:** A preocupação em se atingir níveis de bem-estar para que a produção avícola seja maximizada vem, ao longo dos anos, ganhando maior importância pela complexidade com que os fatores de produção estão correlacionados. A manutenção de um ambiente térmico confortável, no interior dos galpões avícolas, constitui um dos desafios enfrentados pelos produtores avícolas. As aves respondem aos diferentes estímulos do ambiente térmico por meio do comportamento, afetando assim a ingestão de ração e água. Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o comportamento de frangos de corte, durante as duas primeiras semanas de vida, submetidos a diversas variações de temperatura do ar em túneis de vento climatizados. Os animais foram filmados por câmeras de vídeo, possibilitando o monitoramento das aves

---

<sup>1</sup> Extraído da tese aprovada no dia 19 de dezembro de 2013, pela Universidade Federal de Lavras (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola)

no estudo dos comportamentos característicos de agrupamento, presença no bebedouro, presença no comedouro e presença em áreas intermediárias. Os resultados mostraram que, em condições de estresse térmico por frio, as aves apresentaram tendência de permanecer maior parte do tempo agrupadas, reduzindo o tempo de alimentação, sendo que, a idade das aves influenciou nessa avaliação, de forma que aves mais velhas sofreram menos com as baixas temperaturas.

Palavras-chave: ambiência animal, bioclimatologia, conforto térmico, avicultura

## **ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF BROILER SUBMITTED TO DIFFERENTS THERMAL ENVIRONMENTS**

**ABSTRACT:** The concern in reaching welfare levels so that poultry production is maximized has been gaining, over the years, greater importance due to the complexity with which the production factors are correlated. The maintenance of a comfortable thermal environment inside the poultry houses is one of the challenges faced by poultry producers. The birds respond to different stimuli from the thermal environmental through behavior modifications, thus affecting feed and water intake. In

this context, the present study aimed at evaluating the behavior of broilers during the first two weeks of life, submitted to several variations of air temperature in acclimatized wind tunnels. The animals were filmed by video cameras, allowing the monitoring of the birds in the study of the behaviors characteristic of groupings, the presence at the drinker, the presence at the feeder and the presence in intermediate areas. The results showed that under conditions of thermal stress by cold, birds tended to stay most of the time grouped, reducing feeding time, with the age of the bird influencing this evaluation, since older birds suffered less with the low temperatures.

Keywords: animal environment, bioclimatology, thermal comfort, aviculture.

## **1 INTRODUÇÃO**

Frangos de corte são animais homeotermos, ou seja, possuem a capacidade de manter a temperatura corporal dentro de uma faixa estreita quando sujeitos a variações do ambiente térmico, dentro de certo limite. Para isso, podem usar de adaptações comportamentais, como por exemplo, abertura de asas, dispersão ou agrupamento em relação às outras aves.

Em inúmeras regiões do mundo, a eficiência na produção de frangos de corte é negativamente afetada pelo estresse calórico, sendo que, o seu efeito é economicamente significativo, dependendo das condições ambientais (TEETER & BELAY, 1996).

Na fase inicial de vida, frangos de corte são bastante sensíveis a baixas temperaturas, as quais podem comprometer negativamente seu desenvolvimento, podendo levar a enormes prejuízos financeiros. Dessa forma, visando garantir um ambiente térmico adequado às necessidades animais, o sistema de aquecimento deve responder satisfatoriamente às variações climáticas, além de possuir relação custo benefício atrativa aos produtores.

VIGODERIS (2006) e CORDEIRO et al. (2011) avaliaram três diferentes sistemas de aquecimento: campânulas infravermelhas a gás, fornalhas a lenha de aquecimento indireto do ar e tambores de aquecimento por radiação, com aquecimento suplementar de campânulas infravermelhas a gás, e chegaram à conclusão que nenhum dos sistemas foi capaz de garantir que as aves estivessem em condições de conforto térmico, durante todo o período do dia. Este comportamento deve-se provavelmente às características dos sistemas avaliados ou devido aos

sistemas de controle usados.

Assim, em condições de desconforto térmico por calor, as aves reduzem o consumo de ração, afetando o desempenho produtivo (CORDEIRO et al., 2011). A ocorrência de desconforto térmico, na primeira semana de vida das aves, implicará de maneira marcante na redução do peso corporal e pior conversão alimentar até a fase de abate, pois o desenvolvimento inicial do pintainho é fundamental para melhor desempenho do frango de corte até o final do ciclo de produção (TEIXEIRA et al., 2009).

Segundo CORDEIRO et al. (2011), a avaliação e os controles interativos do conforto térmico dos animais pela análise de imagens superam os problemas inerentes ao método convencional, pois se utilizam dos próprios animais como biossensores, em resposta aos reflexos do ambiente por meio de análise comportamental. Vários estudos têm se utilizado de técnicas de avaliação do comportamento de aves, baseados em imagens (MCKEEGAN et al., 2005; PEREIRA et al., 2005; BARBOSA FILHO et al., 2007; GERRITZEN et al., 2007; LEONE et al., 2007).

Diante da importância do ambiente térmico e da sua influência

sobre o comportamento e produtividade de frangos de corte, objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o comportamento de frangos de corte, criados em unidades experimentais de túneis de vento climatizados, quanto aos padrões comportamentais de agrupamento, presença no bebedouro, presença no comedouro e presença em áreas intermediárias.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Esta pesquisa foi desenvolvida em quatro unidades experimentais de túneis de vento climatizados instalados no Laboratório de Ambiência, localizado no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Devido ao número de túneis de vento climatizados, para a condução do experimento, foi necessário dividir os tratamentos em três baterias experimentais. Em cada túnel de vento climatizado, alojaram-se 15 animais na primeira semana, posteriormente, em razão da densidade de alojamento, esse número foi reduzido para 12 aves, na segunda semana. Dessa forma, em cada bateria experimental foram criadas 60 aves, totalizando 180 pintainhos, da linhagem Cobb, divididos em lotes de sexo misto, durante todo o período experimental. As respostas comportamentais analisadas correspondem à média diária em cada tratamento.

Foram utilizados 12 combinações de temperatura para a primeira e segunda semana de vida dos animais (TABELA 1), enquanto que a umidade relativa foi fixada em  $60\pm 1\%$  e a velocidade do ar em  $0,2\pm 0,1$  m  $s^{-1}$ , durante todos os dias de análise.

Tabela 1. Média semanal da temperatura do ar, com respectivo desvio padrão, no interior dos túneis de vento climatizados, correspondentes a cada tratamento

Average weekly the air temperature, with respective standard deviation, within the acclimatized wind tunnels, of each treatment.

Tratamento <sup>1</sup>	Temperatura (°C)	
	Semana 1	Semana 2
T <sub>24-24</sub>	24,2 ± 0,02	24,2 ± 0,05
T <sub>24-27</sub>	24,2 ± 0,03	27,2 ± 0,04
T <sub>24-30</sub>	24,4 ± 0,13	30,0 ± 0,04
T <sub>27-24</sub>	27,1 ± 0,03	24,2 ± 0,05
T <sub>27-27</sub>	27,1 ± 0,01	27,1 ± 0,02
T <sub>27-30</sub>	27,2 ± 0,01	29,9 ± 0,05
T <sub>30-24</sub>	30,1 ± 0,02	24,3 ± 0,03
T <sub>30-27</sub>	30,0 ± 0,03	27,1 ± 0,01
T <sub>30-30</sub>	30,1 ± 0,08	29,8 ± 0,06
T <sub>33-24</sub>	33,0 ± 0,05	24,3 ± 0,10
T <sub>33-27</sub>	33,1 ± 0,04	27,2 ± 0,02
T <sub>33-30</sub>	33,0 ± 0,05	29,9 ± 0,04

<sup>1</sup>Temperatura do ar para a primeira e segunda semana de vida das aves.

Para a avaliação dos padrões comportamentais, a primeira e segunda semanas foram analisadas isoladamente e os valores iguais de temperatura do ar para a mesma semana de vida foram agrupados e considerados como repetição dos níveis de temperatura do ar. Dessa forma, foram analisados quatro níveis de temperatura do ar, na primeira semana (24, 27, 30 e 33 °C) e três níveis de temperatura do ar, na segunda semana de vida das aves (24, 27 e 30 °C), com 3 repetições para cada nível.

Segundo MACARI et al. (2004), FERREIRA (2005) e MEDEIROS et al. (2005), a faixa de conforto para aves de corte é de 32 a 34 °C na primeira semana e de 28 a 32 °C, na segunda semana de idade. Os intervalos de temperatura do ar, adotados neste experimento, foram baseados em informações da literatura para conforto térmico de frangos de corte para as duas primeiras semanas de vida. As demais temperaturas testadas foram utilizadas para observar as respostas dos animais ao desconforto por frio.

A partir dos valores de temperatura para conforto térmico, propostos em literatura foi realizada a programação do sistema de controle dos túneis de vento climatizados e seus valores foram

monitorados durante todo o período experimental.

As dietas fornecidas foram formuladas de acordo com as recomendações do National Research Council-NRC (1994), com base nas exigências de nutrientes para as diferentes fases de crescimento e foram iguais para todos os tratamentos. A ração e água foram disponíveis *ad libitum* e, diariamente, foi realizada a limpeza das gaiolas para evitar a formação de gases, como a amônia, que pudessem interferir no desempenho e comportamento dos animais. Foi adotado 24 horas diárias de luz como programa de iluminação, em cada um dos túneis de vento climatizados e em todas as baterias experimentais.

## **2.1 Comportamento das aves**

O comportamento dos frangos de corte foi avaliado por meio da análise de imagens digitais adquiridas em intervalos de 10 minutos, a cada hora do dia (totalizando 240 minutos de imagem por dia por tratamento experimental), sendo que uma listagem dos comportamentos observados foi realizada, e as ocorrências foram usadas para fornecer descrições sobre o comportamento das aves.

Para a aquisição das imagens foram utilizadas quatro câmeras de vídeo da marca Trendnet modelo TV- IP422W, divididas sobre cada um

dos túneis de vento climatizados, com sistema wireless de transmissão dos dados digitais para um microcomputador, onde esses arquivos foram armazenados e, posteriormente, realizada a análise visual.

De acordo com a pesquisa desenvolvida por CORDEIRO et al. (2011), os principais comportamentos a serem observados em frangos de corte são: frequência de agrupamento, presença nos bebedouros, presença nos comedouros e presença de aves nas áreas intermediárias. Os padrões comportamentais foram caracterizados por meio de pontuação (TABELA 2), em função do tempo e do número de aves, realizando cada padrão comportamental de forma similar à proposta por MEDEIROS et al. (2005).

Tabela 2. Pontuação atribuída aos padrões comportamentais dos frangos de corte analisados

Score of the behavioral patterns of broiler chickens analyzed.

<b>Manifestação observada</b>	<b>Nota atribuída</b>
Nenhuma manifestação	0
Pouquíssima manifestação	1 – 2
Pouca manifestação	3 – 4

Manifestação normal	5 – 6
Muita manifestação	7 – 8
Muitíssima manifestação	9 – 10

---

Na elaboração dos tratamentos utilizados nas análises dos comportamentos, as temperaturas foram dispostas de forma a ter 3 repetições para cada temperatura analisada (TABELA 3), sendo que a pontuação dos comportamentos observados foram a média das notas em cada tratamento.

Tabela 3. Níveis de temperatura do ar considerados na análise do comportamento das aves para cada semana de avaliação

Levels of air temperature considered in the analysis of the behavior of birds for each evaluation week.

<b>Idade</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Número de repetições</b>
Semana 1	24 °C	3
	27 °C	3
	30 °C	3
	33 °C	3
Semana 2	24 °C	3
	27 °C	3
	30 °C	3

Para a análise estatística das notas atribuídas aos padrões comportamentais foram utilizadas análises exploratórias através de gráficos no formato radar e de análise de agrupamento, além da análise descritiva através do teste Tukey, com 95% de significância, com as médias obtidas em cada nível de temperatura sendo comparadas entre si, para cada uma das semanas avaliadas.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Figura 1, é apresentada a análise exploratória, em formato radar, das notas atribuídas aos padrões comportamentais em cada uma das semanas avaliadas. Fica evidenciado o comportamento característico de agrupamento em tratamentos com baixas temperaturas (24, 27 e 30 °C, para a primeira semana de vida e 24 e 27 °C, para a segunda semana de vida), caracterizando ambiente com desconforto térmico por frio, com consequente baixa manifestação para o comportamento característico de conforto térmico, como presença em áreas intermediárias, e comportamento de estresse térmico por calor, como presença no bebedouro.

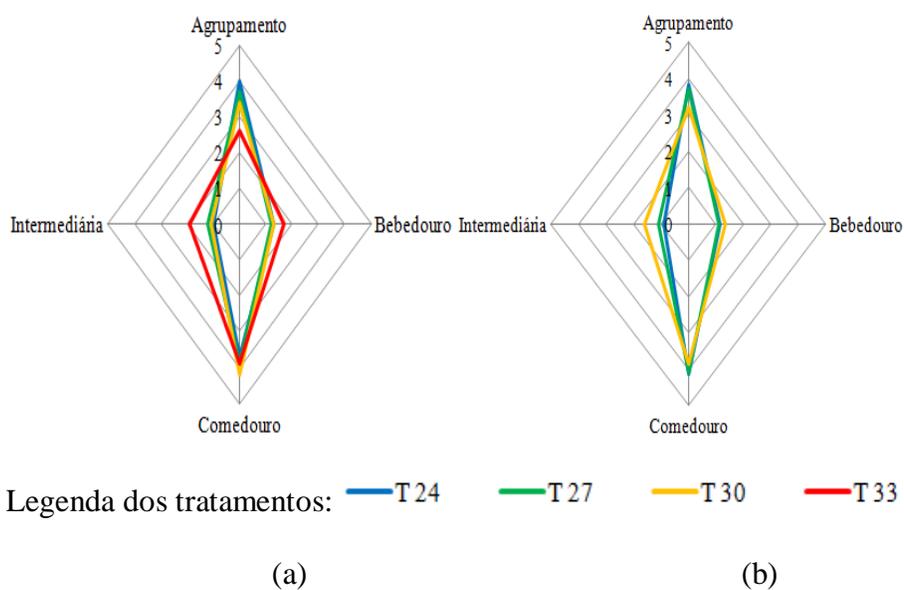


Figura 1. Análise do comportamento de frangos de corte em relação à manifestação para cada semana experimental: a) primeira semana de vida e b) segunda semana de vida, em função das temperaturas avaliadas

Analysis of the behavior of broiler chickens in relation to manifestation for each experimental week: a) first week of life and b) second week of life, as a function to the evaluated temperatures.

Analisando-se o comportamento de presença no bebedouro ficou caracterizado que, para tratamentos com temperaturas de 33 °C, na primeira semana e 30 °C, na segunda semana houve maior manifestação desse padrão comportamental, quando comparado aos demais

tratamentos. Esse resultado indica a necessidade dos animais de se hidratarem com mais frequência nessas temperaturas, aumentando assim as trocas térmicas por evaporação através da respiração, buscando reduzir a temperatura corporal. Resultado semelhante foi obtido por CASSUCE (2011), avaliando os aspectos comportamentais de frangos de corte, observando maior presença das aves no bebedouro, em ambientes de estresse térmico por calor, com temperatura do ar de 36 e 39 °C, para a primeira semana de vida e 33 e 36 °C, para a segunda semana de vida.

A Figura 2 apresenta uma análise de agrupamento, em que os padrões comportamentais foram agrupados e as temperaturas foram comparadas e analisadas segundo a escala de distância. Nestes resultados, pode-se observar que, para as temperaturas preconizadas como de conforto térmico na primeira e segunda semanas de vida, 33 °C e 30 °C, respectivamente, os comportamentos se diferenciaram na escala de distância das demais temperaturas avaliadas.

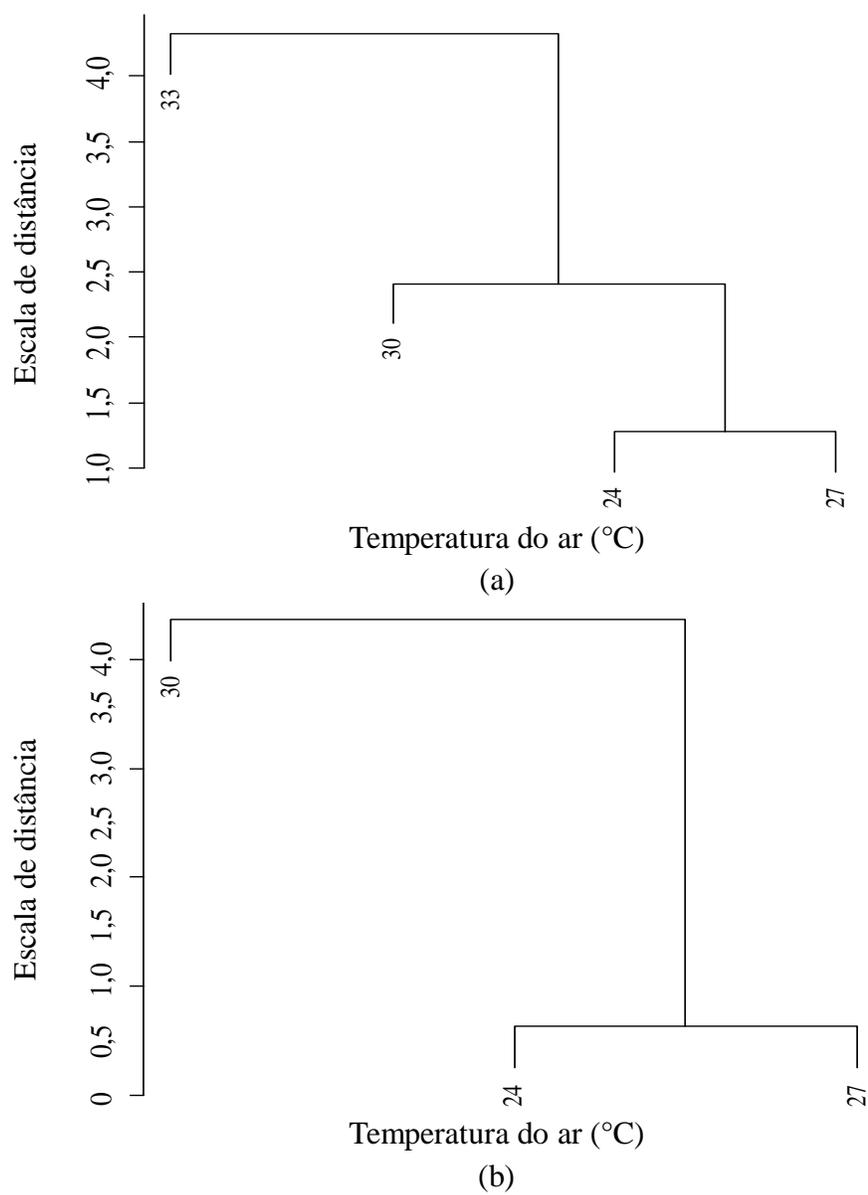


Figura 2. Análise de agrupamento dos tratamentos analisados: a) primeira semana de vida e b) segunda semana de vida das aves

Cluster analysis of the treatments analyzed: a) first week of life and b) second week of birds life.

A análise de comparação das médias referente aos padrões comportamentais de agrupamento, presença no bebedouro, presença no comedouro e presença em áreas intermediárias é apresentada na Tabela 4. Esses resultados detalham as análises exploratórias apresentadas anteriormente. Pode-se observar que apenas o comportamento de agrupamento apresentou diferença estatística ( $p < 0,05$ , Teste Tukey), para as diferentes temperaturas analisadas. Esse fato é explicado em razão da maior sensibilidade das aves a baixas temperaturas e pela dificuldade em manter a temperatura corporal em níveis de conforto térmico, o que irá provocar, nos animais dessa idade, o comportamento de agrupamento, buscando assim reduzir a perda de calor corporal com o ambiente.

Tabela 4. Comparação dos valores médios das pontuações de padrões comportamentais para cada semana analisada, em função da temperatura do ar

Comparison of the mean values of the scores behavioral patterns for each week analyzed, as a function of air temperature.

Temperatura (°C)	Comportamento			
	Agrupamento	Bebedouro	Comedouro	Áreas intermediárias
Primeira semana de vida				
24	4,05 a	1,29 a	3,66 a	1,01 a
27	3,67 a	1,19 a	3,92 a	1,22 a
30	3,39 ab	1,34 a	4,16 a	1,12 a
33	2,58 b	1,66 a	3,91 a	1,86 a
Segunda semana de vida				
24	3,35 a	1,10 a	4,31 a	0,73 a
27	3,87 a	0,99 a	4,22 a	0,93 a
30	3,87 a	1,27 a	3,85 a	1,54 a

\*Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P > 0,05).

Nos demais comportamentos não houve diferença estatística entre as temperaturas para cada uma das semanas observadas, evidenciando assim a capacidade de adaptabilidade das aves ao ambiente estressante. A adaptação animal já foi reportada em diversos trabalhos (ALVES et al.,

2010; BAÊTA & SOUZA, 2010; SILVA & VIEIRA, 2010). Ademais, é necessário observar que, embora os frangos de corte tenham adaptado seu comportamento às variações do ambiente térmico, não é recomendado esse manejo em granjas comerciais, pois esta análise representa, apenas, a manifestação do comportamento, não evidenciando assim as respostas zootécnicas como consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar para o referido ambiente que podem acarretar perdas de produção, não observadas através da análise comportamental.

Estes resultados evidenciam a importância do controle do ambiente térmico e a necessidade da análise comportamental dos animais no sentido de se obter melhores níveis de taxas produtivas, em granjas comerciais de frangos de corte.

#### **4 CONCLUSÕES**

As análises comportamentais de frangos de corte, submetidos a condições de conforto e estresse térmico, durante as duas primeiras semanas de vida, evidenciaram que os valores de conforto térmico preconizados pela literatura para a primeira e segunda semanas de vida foram confirmados com base no agrupamento das aves.

No sistema intensivo de produção de frangos de corte torna-se cada vez mais necessário a análise comportamental, através da qual se pode inferir sobre a situação de conforto das aves, evitando perdas e auxiliando nas tomadas de decisão que poderiam ser demoradas, quando se analisam apenas os índices produtivos.

### **AGRADECIMENTOS**

À CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo suporte financeiro à esta pesquisa.

### **REFERÊNCIAS**

ALVES, A.G.C.; PIRES, D.A.F.; RIBEIRO, M.N. Conhecimento local e produção animal: Uma perspectiva baseada na Etnozootecnia. *Archivos de Zootecnia*, v.59, p.45-56, 2010.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. *Ambiência em edificações rurais: conforto animal*. 2ª edição. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269 p.

BARBOSA FILHO, J.A.D.; SILVA, I.J.O.; SILVA, M.A.N.; SILVA, C.J.M. *Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando*

sequência de imagens. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.1, p.93-9, Jan./Apr. 2007.

CASSUCE, D.C. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil. 2011. 91 f. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

CORDEIRO, M.B.; TINÔCO, I.F.F.; MESQUITA FILHO, R.M.; SOUSA, F.C. Análise de imagens digitais para a avaliação do comportamento de pintainhos de corte. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.3, p.418-26, maio/jun. 2011.

FERREIRA, R.A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371 p.

GERRITZEN, M.; LAMBOOIJ, B.; REIMERT, H.; STEGEMAN, A.; SPRUIJT, B. A note on behaviour of poultry exposed to increasing carbon dioxide concentrations. Applied Animal Behaviour Science, Amsterdam, v.108, n.1-10, p.179-85, Dez. 2007.

LEONE, E.H.; ESTEVEZ, I.; CHRISTMAN, M.C. Environmental complexity and group size: Immediate effects on use of space by

domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v.102, n.1-2, p.39-52, Jan. 2007.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: MENDES, A.A.; NÃÃS, I.A.; MACARI, M. *Produção de frangos de corte*. Campinas: FACTA, 2004. p.137-55.

MCKEEGAN, D.E.F.; MCINTYRE, J.; DEMMERS, T.G.M.; WATHES, M.; JONES, R.B. Behavioural responses of broiler chickens during acute exposure to gaseous stimulation. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v.99, n.3-4, p.271-86, Set. 2005.

MEDEIROS, M.M.; BAÊTA, F.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; TINÔCO, I.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, v.13, n.4, p.277-86, Out./Dez. 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of poultry*. Washington: National Academy Press, 1994. 151 p.

PEREIRA, D.F.; NÃÃS, I.A.; ROMANINI, C.B.; SALGADO, D.D.; PEREIRA, G.O.T. Indicadores de bem-estar baseados em reações

comportamentais de matrizes pesadas. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.2, p.308-14, maio/ago. 2005.

SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira. Archivos de Zootecnia, v.59, p.113-31, 2010.

TEETER, R.G.; BELAY, T. Broiler management during acute heat stress. Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v.58, n.1-2, p.127-42, Abril, 1996.

TEIXEIRA, E.N.M.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; MARTINS, T.D.D.; GIVISIEZ, P.E.N.; FURTADO, D.A. Efeito do tempo de jejum pós-eclosão, valores energéticos e inclusão do ovo desidratado em dietas pré-iniciais e iniciais de pintos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.38, n.2, p.314-22, 2009.

VIGODERIS, R.V. Sistemas de aquecimento de aviários e seus efeitos no conforto térmico ambiental, qualidade do ar e performance animal, em condições de inverno, na região sul do Brasil. 2006. 107 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

**(VERSÃO PRELIMINAR)**

**ARTIGO 2    MODELAGEM FUZZY APLICADA NA AVALIAÇÃO DO  
DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

**Artigo formatado de acordo com as diretrizes para submissão na revista  
Engenharia Agrícola e Ambiental (AGRIAMBI)**

## **Modelagem fuzzy aplicada na avaliação do desempenho de frangos de corte**

**Resumo:** Com o objetivo de analisar o efeito da idade e temperatura do ar nas respostas produtivas de frangos de corte, foi conduzido um experimento com animais criados de 1 a 21 dias de idade em túneis de vento climatizados e os resultados observados foram utilizados no desenvolvimento e teste de um modelo matemático *fuzzy* capaz de quantificar essa relação. O modelo desenvolvido tem como variáveis de entrada: temperatura da primeira semana de vida ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura da segunda semana de vida ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a idade das aves (semanas), sendo que as variáveis de saída consideradas foram consumo de ração (gramas), ganho de peso (gramas) e conversão alimentar (gramas  $\text{gramas}^{-1}$ ). O método de inferência de Mandani foi utilizado para elaboração de 36 regras e na defuzificação foi aplicado o método do centro de gravidade. Com base nos resultados, ao se compararem os dados medidos com os obtidos pela simulação com o modelo *fuzzy* proposto, verificou-se coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da ordem de 0,9989; 0,9960 e 0,9801 para CR, GP e CA, respectivamente.

**Palavras-chave:** ambiência animal, modelagem matemática, sistemas especialistas

### **Fuzzy modeling applied in the evaluation of broiler performance**

**Abstract:** With the objective of analyzing the effect of age and air temperature over the productive responses of broilers, we conducted an experiment with bred animals of 1 to 21 days of age, in acclimatized wind tunnels, using the results obtained in the development and testing of a *fuzzy* mathematical model able to quantify this relation. The model developed presented as entry variables: temperature in the first week of life ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperature in the second week of life ( $^{\circ}\text{C}$ ) and age of the bird (in weeks), and as the output variables: feed intake (grams), weight gain (grams) and feed conversion ( $\text{grams grams}^{-1}$ ). The Mandani inference method was used in the elaboration of 36 rules, and the center of gravity method was applied on the defuzzification. Based on the results, in comparing the measured data with that obtained by simulation with the proposed *fuzzy* model, we verified coefficients of determination ( $R^2$ ) in the order of 0.9989; 0.9960 and 0.9801 for FI, WG and FC, respectively.

**Keywords:** animal environment, mathematical modeling, expert systems

## INTRODUÇÃO

Dentre os desafios enfrentados pela avicultura de corte, destaca-se a importância do ambiente de criação. Sabe-se que o sistema de criação intensivo possui influência direta na condição de conforto e bem-estar animal, podendo ocasionar dificuldades na manutenção do balanço térmico e na expressão dos comportamentos naturais dos animais, afetando o desempenho produtivo das aves (Vigoderis et al., 2010).

Dados de conforto térmico para frangos de corte, durante as primeiras semanas de vida, têm sido muito citados na literatura e mostram que, tanto o estresse por calor, quanto aquele pelo frio, durante as primeiras três semanas de vida, podem causar perda de peso corporal além de outros prejuízos para a saúde da ave (Moura et al., 2008). O pintainho, nos primeiros dias após a eclosão, pode ser comparado a um animal pecilotérmico, ou seja, sua temperatura corporal sofre variações de acordo com a temperatura ambiente. Isso ocorre porque essas aves ainda não têm seu sistema termorregulador amadurecido, nem reserva energética suficiente para serem capazes de se adaptar às condições adversas do ambiente (Teixeira et al., 2009).

O desenvolvimento do pintainho em condições ambientais de termoneutralidade, em particular na primeira semana de idade, é condição relevante para o desenvolvimento futuro do animal (Marchini et al., 2009). Usualmente, os limites de termoneutralidade são fixados em medidas indiretas, como temperatura do ar, umidade relativa, ventilação, entre outras variáveis ambientais. Entretanto, para Menezes et al. (2010), a temperatura e a umidade relativa foram identificadas como sendo alguns dos pontos críticos de controle e de possíveis riscos na criação de frangos.

Segundo Oliveira et al. (2006), a temperatura adequada para criação de pintainhos é de 32 a 34 °C, 28 a 32 °C e de 26 a 28 °C na primeira, segunda e terceira semanas de vida, respectivamente. A umidade relativa, na primeira semana de vida, deve manter-se por volta de 70%, posteriormente, para as demais semanas de vida, a umidade relativa deve manter-se entre 50-60% (Jacomé et al., 2007).

Visando quantificar a interação dessas variáveis na produtividade de frangos de corte podem-se utilizar técnicas de modelagem computacional, como sistemas especialistas inteligentes, capazes de executar tarefas ou resolver problemas a partir de uma base de conhecimento. Os sistemas mais utilizados e testados são a lógica *fuzzy* e redes neurais artificiais.

A metodologia *fuzzy* tem sido utilizada em várias áreas, como bem-estar animal (Pandorfí et al., 2007), análises de custo de produção (Nääs et al., 2010), sistemas de monitoração para redes de transmissão de energia elétrica (Almeida & Kagan, 2010), e detecção de cio em vacas leiteiras (Ferreira et al., 2007).

Tendo em vista que a interação entre idade e temperatura ambiente influencia o desenvolvimento produtivo de frangos de corte, alterando o consumo de ração e, conseqüentemente, o ganho de peso e a conversão alimentar, a aplicação da lógica *fuzzy* é uma alternativa interessante, pois possibilita prever as respostas zootécnicas das aves em diferentes idades, quando se parte de um cenário conhecido do ambiente térmico, dentro do período em avaliação.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho desenvolver um modelo matemático, utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy*, para prever o desempenho produtivo de frangos de corte, durante as três

primeiras semanas de vida.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento e teste do modelo *fuzzy*, este trabalho foi dividido em duas etapas: durante a primeira fase, esta pesquisa foi desenvolvida em quatro unidades experimentais de túneis de vento climatizados instalados no Laboratório de Ambiência, localizado no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Devido ao número de túneis de vento climatizados, para a condução do experimento, foi necessário dividir os tratamentos em três baterias experimentais.

Em cada túnel de vento climatizado alojaram-se 15 animais na primeira semana, posteriormente, em razão da densidade de alojamento, esse número foi reduzido para 12 e 8 aves na segunda e terceira semanas de vida, respectivamente. Desta forma, em cada bateria experimental foram criadas 60 aves, totalizando 180 pintainhos, da linhagem *Cobb* divididos em lotes de sexo misto, durante todo o período experimental.

Na segunda fase, os dados experimentais foram utilizados para o desenvolvimento e teste de um modelo matemático *fuzzy*, sendo definidas como variáveis de entrada a idade dos animais (dias), temperatura do ar na primeira semana de vida (°C) e temperatura do ar na segunda semana de vida (°C). Com base nas variáveis de entrada e utilizando como referência os dados experimentais, o modelo *fuzzy* prediz as variáveis de saída: consumo de ração (gramas), ganho de peso (gramas) e conversão alimentar (gramas gramas<sup>-1</sup>).

Na análise, utilizou-se o método de inferência de Mamdani, que traz

como resposta um conjunto *fuzzy* originado da combinação dos valores de entrada com os seus respectivos graus de pertinência, através do operador mínimo e em seguida, pela superposição das regras por meio do operador máximo (Leite et al., 2010). A defuzificação foi feita utilizando-se o método do Centro de Gravidade (Centróide ou Centro de Área), que considera todas as possibilidades de saída, transformando o conjunto *fuzzy* originado pela inferência em valor numérico (Leite et al., 2010).

A partir dos valores de temperatura para conforto térmico, propostos em literatura, foi realizada a programação do sistema de controle dos túneis de vento climatizados e seus valores foram monitorados durante todo o período experimental.

Na elaboração do experimento foram utilizadas 12 combinações de temperatura do ar para a primeira e segunda semana de vida dos animais, para a terceira semana a temperatura foi mantida constante em todos os tratamentos (TABELA 1), enquanto que a umidade relativa foi fixada em  $60 \pm 1\%$  e a velocidade do ar em  $0,2 \pm 0,1 \text{ m s}^{-1}$  durante todos os dias de análise. Diariamente foi feito o registro do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar dos frangos de corte, sendo que o cálculo da conversão alimentar foi feito em função do ganho de peso diário acumulado.

Tabela 1. Média semanal da temperatura do ar, com respectivo desvio padrão, no interior dos túneis de vento climatizados correspondentes a cada tratamento

Tratamento <sup>1</sup>	Temperatura (°C)		
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
T <sub>24-24</sub>	24,2 ± 0,02	24,2 ± 0,05	27,1 ± 0,01
T <sub>24-27</sub>	24,2 ± 0,03	27,2 ± 0,04	27,2 ± 0,01
T <sub>24-30</sub>	24,4 ± 0,13	30,0 ± 0,04	27,2 ± 0,02
T <sub>27-24</sub>	27,1 ± 0,03	24,2 ± 0,05	27,1 ± 0,03
T <sub>27-27</sub>	27,1 ± 0,01	27,1 ± 0,02	27,2 ± 0,02
T <sub>27-30</sub>	27,2 ± 0,01	29,9 ± 0,05	27,2 ± 0,02
T <sub>30-24</sub>	30,1 ± 0,02	24,3 ± 0,03	27,2 ± 0,02
T <sub>30-27</sub>	30,0 ± 0,03	27,1 ± 0,01	27,2 ± 0,02
T <sub>30-30</sub>	30,1 ± 0,08	29,8 ± 0,06	27,2 ± 0,02
T <sub>33-24</sub>	33,0 ± 0,05	24,3 ± 0,10	27,2 ± 0,01
T <sub>33-27</sub>	33,1 ± 0,04	27,2 ± 0,02	27,2 ± 0,01
T <sub>33-30</sub>	33,0 ± 0,05	29,9 ± 0,04	27,2 ± 0,01

<sup>1</sup>Temperatura do ar para a primeira e segunda semana de vida das aves.

Os intervalos de temperatura do ar, adotados neste experimento, foram baseados em informações da literatura (Oliveira et al., 2006; Medeiros et al., 2005a), para conforto térmico de frangos de corte para as três primeiras semanas de vida. As demais temperaturas testadas foram utilizadas para observar as respostas dos animais ao desconforto por frio.

As dietas fornecidas foram formuladas de acordo com as recomendações do National Research Council-NRC (1994), com base nas exigências de nutrientes para as diferentes fases de crescimento e foram iguais para todos os tratamentos. A ração e água foram disponíveis *ad libitum* e diariamente foi realizada a limpeza das gaiolas para evitar a

formação de gases, como a amônia, que pudessem interferir no desempenho dos animais. Foi adotado 24 horas diárias de luz, como programa de iluminação, em cada um dos túneis de vento climatizados e em todas as baterias experimentais.

### **Desenvolvimento do modelo *fuzzy***

Após a coleta dos dados experimentais, os valores diários acumulados de consumo de ração (g), ganho de peso (g) e conversão alimentar ( $\text{g g}^{-1}$ ), para cada tratamento analisado, foram tabelados e utilizados no dimensionamento dos intervalos para as funções de pertinência das variáveis de saída. Posteriormente, esses dados experimentais foram utilizados para ajuste e teste do modelo desenvolvido.

### **Variáveis de entrada**

Para cada variável de entrada definida, foram atribuídos conjuntos *fuzzy* que as caracterizaram, sendo que, para cada conjunto *fuzzy*, foi criada uma função de pertinência. Visando quantificar a influência da temperatura em função da idade nas respostas produtivas das aves, neste trabalho, foram utilizadas como variáveis de entrada, a idade das aves (dias), temperatura do ar na primeira semana de vida ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a temperatura do ar na segunda semana de vida ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Na definição dos conjuntos *fuzzy*, fez-se uso de variáveis linguísticas genéricas para a temperatura porque todos os intervalos foram utilizados para as duas semanas de vida das aves. Dessa forma, não existe um nível de temperatura que pode ser considerado ideal para esse período experimental, simultaneamente. Cada idade tem um intervalo de

temperatura considerado mais adequado.

Os intervalos admitidos para as variáveis de entrada foram listados na Tabela 2 e representados por curvas de pertinência trapezoidais e triangulares (FIGURA 1), pelo fato de representarem melhor as classes dos dados de entrada, solução essa, encontrada por vários autores, como Pandorfi et al. (2007) e Tolon et al. (2010). Os intervalos adotados foram baseados nas faixas de temperatura do ar estabelecidas, durante a condução do experimento e por meio de consulta a especialistas.

Tabela 2. Conjuntos *fuzzy* para as variáveis de entrada

Idade (dias)			Temperatura semana 1 (°C)				Temperatura semana 2 (°C)		
Sem 1	Sem 2	Sem 3	TS1-1	TS1-2	TS1-3	TS1-4	TS2-1	TS2-2	TS2-3
1-8	7-15	14-21	24-27	24-30	27-33	30-33	24-27	24-30	27-30

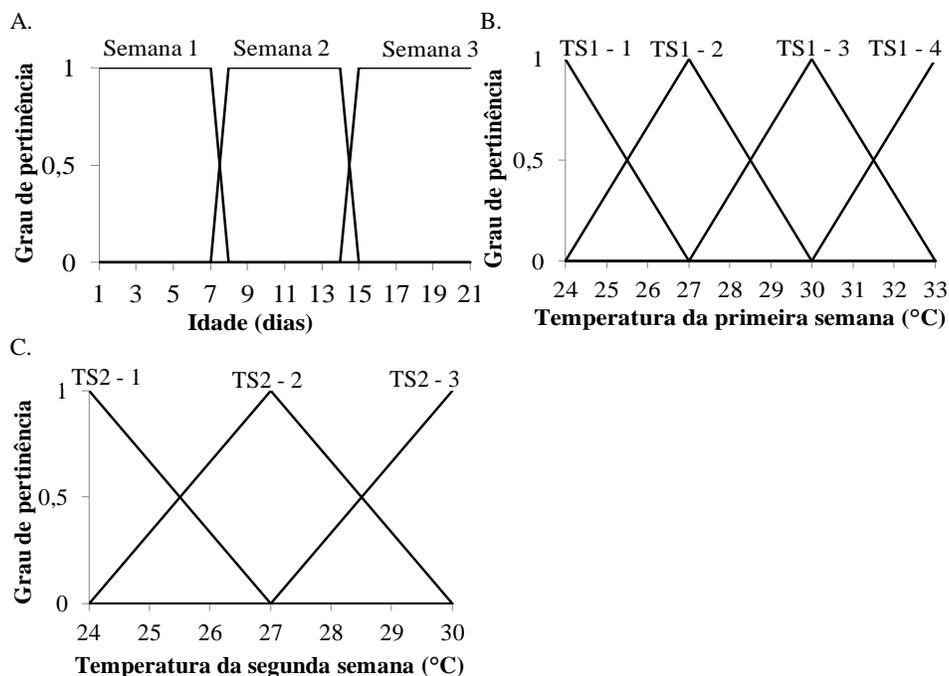


Figura 1. Funções de pertinência para as variáveis de entrada: a) Idade das aves (dias), b) Temperatura do ar na primeira semana (°C) e c) Temperatura do ar na segunda semana (°C)

### **Variáveis de saída**

As variáveis de saída demonstram a indicação direta do consumo de ração (CR, gramas), ganho de peso (GP, gramas) e conversão alimentar (CA, gramas gramas<sup>-1</sup>) acumulado dos animais, durante as três primeiras semanas de vida, levando-se em consideração as variações de temperatura e idade das aves no período, o que interfere diretamente nas respostas produtivas dos animais.

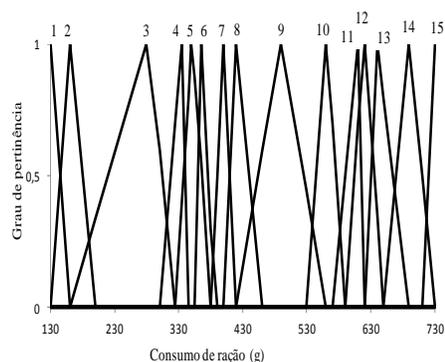
Os intervalos adotados para as variáveis de saída foram caracterizados por curvas de pertinência do tipo triangular (FIGURA 2), por representarem melhor o conjunto de dados e por resultarem nos menores valores de desvio padrão, conforme proposto por Pereira et al. (2008) e Santos et al. (2009).

O método de inferência utilizado foi o de Mamdani, que também foi utilizado por Amendola et al. (2005) e Tolon et al. (2010). Esse método traz como resposta um conjunto *fuzzy* originado da combinação dos valores de entrada, com os seus respectivos graus de pertinência, por meio do operador mínimo e, em seguida, pela superposição das regras pelo operador máximo (Ponciano et al., 2012).

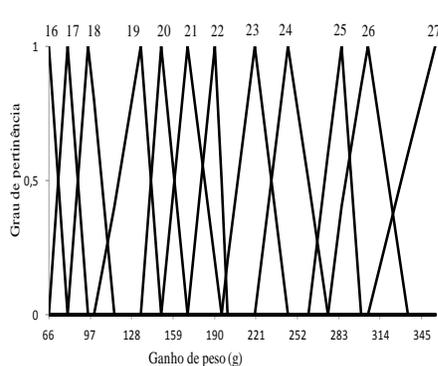
A defuzificação realizou a tradução do valor linguístico em valor numérico, que foi feita utilizando-se do método do centro de gravidade, que considera todas as possibilidades de saída, transformando o conjunto *fuzzy*, originado pela inferência, em valor numérico, conforme proposto

por Amendola et al. (2005).`

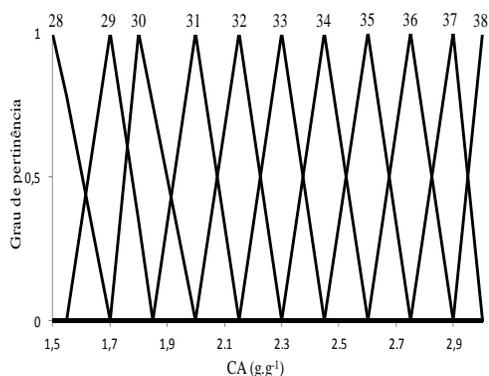
A.



B.



C.



Legenda	
1 a 15	Curvas de pertinência do CR
16 a 27	Curvas de pertinência do GP
28 a 38	Curvas de pertinência da CA

Figura 2. Funções de pertinência para as variáveis de saída: a) consumo de ração (g), b) ganho de peso (g) e c) conversão alimentar ( $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )

### Sistema de regras

O sistema de regras *fuzzy* foi criado com base em informações da literatura e por meio do auxílio de especialistas, em forma de sentenças linguísticas. Três especialistas foram selecionados, conforme metodologia de seleção de especialista *fuzzy* proposta por Cornelissen et al. (2002), e utilizada por Escobar & Galindo (2004) e Yanagi Junior et al. (2012).

Dois especialistas possuem experiência em ambiência animal e um em produção de frangos de corte, sendo que todos possuem mais de 10 anos de atuação nas respectivas áreas, caracterizando domínio sobre o tema. Tal experiência é desejada de um especialista (Ayyub & Klir, 2006), tendo em vista sua influência direta na confiabilidade e na qualidade dos resultados (Taylor, 1988).

De acordo com as combinações dos dados de entrada, foram definidas 36 regras e, para cada regra, foi atribuído um fator de ponderação igual a 1. O fator de ponderação igual a 1, usualmente adotado como *default*, foi escolhido por mostrar-se adequado ao modelo proposto com base no comportamento dos resultados obtidos pelas simulações. Ademais, esse valor tem sido adotado em diversos modelos *fuzzy* reportados pela literatura (Ferreira et al., 2007; Schiassi et al., 2008).

### **Simulações e teste do modelo**

A validação do modelo *fuzzy* foi feita por meio de experimento realizado em túneis de vento climatizados, com frangos da linhagem *Cobb*, no município de Lavras, Minas Gerais, com coordenadas geográficas de 21°14' S de latitude, 45°00' W de longitude, 918,8 m de altitude, no período de 05 de julho a 20 de setembro de 2011. Utilizaram-se quatro túneis de vento climatizados, com controle automático de temperatura e umidade relativa do ar.

As simulações foram feitas por meio do modelo *fuzzy* desenvolvido, considerando como variáveis de entrada idade e temperatura do ar, durante a primeira e segunda semana de vida das aves.

Nos testes desenvolvidos foram simuladas as respostas produtivas das

aves utilizando o modelo *fuzzy* proposto e os resultados foram comparados com os dados coletados experimentalmente. Esses testes foram propostos para avaliar a capacidade do modelo em prever o CR, GP e CA, para todas as possibilidades de combinação dos dados de entrada e, dessa forma, ser utilizado como uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão, quanto ao controle de perdas produtivas relacionadas à situações de estresse térmico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Cordeiro et al. (2010), as primeiras semanas de vida da ave são as mais críticas, e erros cometidos nessa fase não poderão ser corrigidos a contento no futuro, o que fará com que o desempenho final das aves seja afetado. Daí a importância de se adaptar o ambiente às condições ideais de bem-estar para as aves mais jovens.

### Teste do modelo *fuzzy*

Para testar o modelo *fuzzy* foram utilizados dados de idade das aves e temperatura do ar, para a primeira e segunda semanas de vida, e os resultados de saída do modelo foram comparados com os valores de CR, GP e CA, obtidos através do experimento conduzido em túneis de vento climatizados (Tabela 3).

As médias dos desvios padrão das variáveis CR, GP e CA foram de 4,15 g; 3,10 g e 0,03 g g<sup>-1</sup>, respectivamente, correspondendo aos erros percentuais medidos de 2,12; 2,74 e 1,94%. Ponciano et al. (2012), ao desenvolverem um modelo matemático *fuzzy* para prever as respostas produtivas de frangos de corte durante as primeiras semanas de vida,

encontraram valores médios de desvios-padrão de 4,31 g; 4,76 g e 0,02 g g<sup>-1</sup>, respectivamente e erros percentuais de 2,38; 2,94 e 2,16%, comprovando assim a eficiência do modelo proposto em simular as respostas produtivas das aves, para os diversos cenários analisados.

Tabela 3. Comparação dos valores de consumo de ração (CR, gramas), ganho de peso (GP, gramas) e conversão alimentar (CA, gramas gramas<sup>-1</sup>) acumulados, obtidos experimentalmente (ME) e simulados pelo modelo *fuzzy* (SF)

Trat <sup>1</sup>	Semana	ME			SF			Desvio Padrão			Erro (%)		
		CR	GP	CA	CR	GP	CA	CR	GP	CA	CR	GP	CA
T <sub>24</sub> <sup>24</sup>	1	166,4	94,0	1,77	163,4	96,6	1,83	2,09	1,84	0,05	1,78	2,76	3,61
	2	418,8	181,6	2,31	426,7	186,7	2,30	5,64	3,61	0,00	1,90	2,81	0,24
	3	720,9	307,1	2,35	725,1	305,0	2,30	3,00	1,47	0,03	0,59	0,68	2,03
T <sub>24</sub> <sup>27</sup>	1	168,9	94,5	1,79	163,4	96,6	1,83	3,83	1,50	0,03	3,21	2,24	2,62
	2	415,5	187,9	2,21	426,7	186,7	2,15	7,92	0,80	0,04	2,70	0,60	2,79
	3	722,6	304,1	2,38	725,1	305,0	2,45	1,73	0,63	0,05	0,34	0,29	3,10
T <sub>24</sub> <sup>30</sup>	1	172,5	95,7	1,80	163,4	96,6	1,83	6,43	0,66	0,02	5,27	0,98	1,70
	2	391,6	175,6	2,23	400,0	171,7	2,15	5,95	2,74	0,06	2,15	2,21	3,60
	3	681,5	277,1	2,46	689,9	281,6	2,45	5,96	3,23	0,01	1,24	1,65	0,39
T <sub>27</sub> <sup>24</sup>	1	166,0	99,0	1,68	163,4	96,6	1,70	1,82	1,69	0,02	1,55	2,41	1,40
	2	395,6	160,3	2,47	400,0	151,6	2,45	3,09	6,12	0,01	1,10	5,40	0,74
	3	698,2	289,5	2,41	689,9	281,6	2,45	5,84	5,54	0,03	1,18	2,71	1,58
T <sub>27</sub> <sup>27</sup>	1	132,9	66,5	2,00	138,0	69,7	2,00	3,61	2,31	0,00	3,84	4,92	0,04
	2	332,1	136,4	2,44	326,6	128,3	2,45	3,90	5,69	0,01	1,66	5,90	0,60
	3	657,8	305,9	2,15	649,9	305,0	2,15	5,55	0,65	0,00	1,19	0,30	0,01
T <sub>27</sub> <sup>30</sup>	1	139,4	79,6	1,75	138,0	80,3	1,83	0,98	0,52	0,06	0,99	0,92	4,72
	2	326,5	167,1	1,95	326,6	171,7	2,00	0,07	3,28	0,03	0,03	2,78	2,33
	3	729,3	352,2	2,07	725,1	339,3	2,15	2,97	9,10	0,06	0,58	3,66	3,82

<b>T<sub>30</sub><sup>24</sup></b>	1	130,9	71,1	1,84	138,0	69,7	1,83	5,01	0,95	0,01	5,41	1,89	0,44
	2	371,0	180,5	2,06	369,9	171,7	2,00	0,80	6,20	0,04	0,30	4,86	2,72
	3	704,7	336,7	2,09	689,9	339,3	2,15	10,45	1,81	0,04	2,10	0,76	2,73
<b>T<sub>30</sub><sup>27</sup></b>	1	131,1	72,9	1,80	138,0	69,7	1,83	4,87	2,21	0,02	5,25	4,29	1,90
	2	349,9	142,9	2,45	351,7	151,6	2,45	1,26	6,19	0,00	0,51	6,12	0,06
	3	675,7	290,0	2,33	689,9	281,6	2,30	10,01	5,91	0,02	2,10	2,88	1,29
<b>T<sub>30</sub><sup>30</sup></b>	1	142,1	87,2	1,63	138,0	80,3	1,56	2,92	4,84	0,05	2,91	7,85	4,19
	2	346,6	155,2	2,23	351,7	151,6	2,15	3,61	2,53	0,06	1,47	2,31	3,70
	3	559,3	214,3	2,61	560,0	220,0	2,60	0,48	4,02	0,01	0,12	2,65	0,39
<b>T<sub>33</sub><sup>24</sup></b>	1	150,1	98,0	1,53	138,0	96,6	1,56	8,53	0,94	0,02	8,04	1,35	1,96
	2	396,3	180,6	2,19	400,0	171,7	2,15	2,61	6,27	0,03	0,93	4,91	2,04
	3	572,1	220,6	2,59	560,0	220,0	2,60	8,56	0,47	0,00	2,12	0,30	0,27
<b>T<sub>33</sub><sup>27</sup></b>	1	147,7	97,5	1,51	138,0	96,6	1,56	6,85	0,63	0,03	6,56	0,91	3,14
	2	398,0	192,9	2,06	400,0	186,7	2,00	1,44	4,34	0,04	0,51	3,18	3,07
	3	645,8	242,2	2,67	649,9	245,0	2,60	2,89	1,97	0,05	0,63	1,15	2,48
<b>T<sub>33</sub><sup>30</sup></b>	1	145,5	92,6	1,57	138,0	96,6	1,56	5,30	2,83	0,01	5,15	4,32	0,56
	2	370,3	172,9	2,14	369,9	171,7	2,15	0,29	0,88	0,01	0,11	0,72	0,42
	3	604,5	209,9	2,88	600,2	220,0	2,97	3,02	7,14	0,06	0,71	4,81	3,17
<b>Média</b>								<b>4,15</b>	<b>3,10</b>	<b>0,03</b>	<b>2,12</b>	<b>2,74</b>	<b>1,94</b>

<sup>1</sup>: Temperaturas da primeira e segunda semanas de avaliação experimental.

De acordo com as regressões lineares simples, com o ajuste da reta passando pela origem, os resultados apresentaram coeficiente de determinação  $R^2 = 0,9989$ ;  $0,9960$ ;  $0,9801$ , para CR, GP e CA, respectivamente (Figura 4). Esses resultados indicam boa precisão do modelo *fuzzy*. Medeiros et al. (2005b), ao criarem modelos matemáticos para estimar CR, GP e CA de frangos adultos em função da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, encontraram valores de  $R^2 = 0,91$ ;  $0,89$  e  $0,72$ , respectivamente.

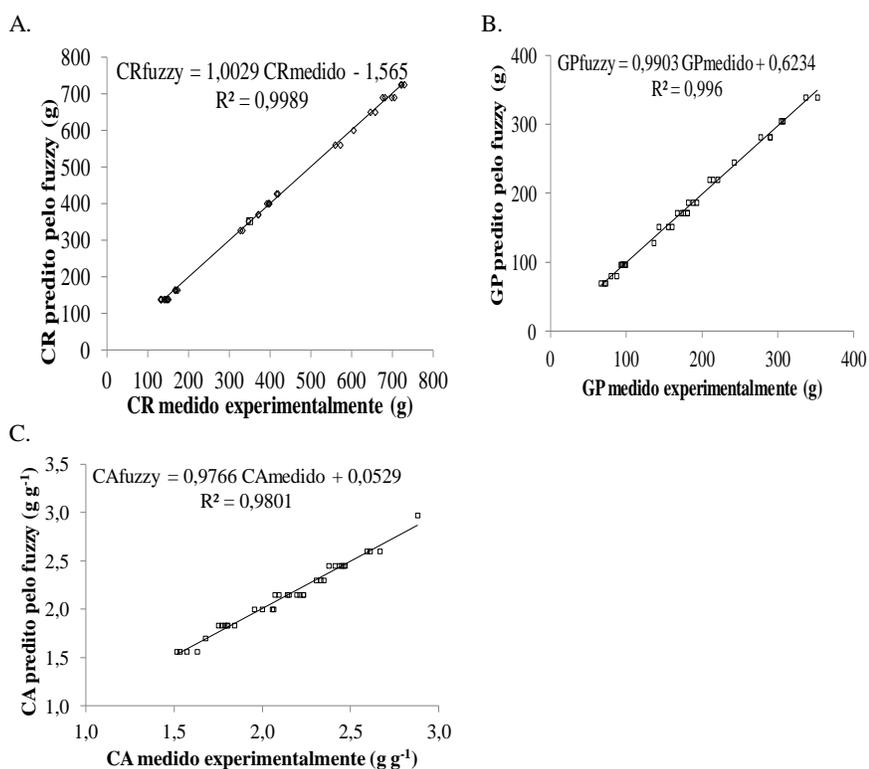


Figura 3. Regressões lineares para as variáveis de saída: a) consumo de ração (CR); b) ganho de peso (GP) e c) conversão alimentar (CA), em função dos valores preditos pela lógica *fuzzy* e os valores medidos experimentalmente

Estes valores de  $R^2$  mais elevados, obtidos por meio do modelo *fuzzy* proposto, em relação ao modelo criado por Medeiros et al. (2005b), permitiram que a predição das respostas produtivas CR, GP e CA fossem mais realísticas. Dessa forma, os resultados encontrados neste trabalho indicam ser possível a estimativa de GP, CR e CA em função da temperatura do ar e da idade das aves por meio de modelo matemático *fuzzy*. A operacionalização desses resultados ajuda no suporte à decisão do controle da climatização do galpão, garantindo assim, melhor produção.

### **CONCLUSÕES**

O modelo *fuzzy* proposto permite estimar com eficiência o consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte, com idade entre 1 a 21 dias, caracterizando-se como ferramenta de suporte à tomada de decisão no controle do acondicionamento térmico de galpões avícolas.

A condução do experimento em ambiente controlado permitiu avaliar a influência da temperatura do ar, em função da idade das aves, nas respostas produtivas durante as semanas de avaliação. Esta informação tornou-se relevante no momento de definir as regras do modelo proposto, o que refletiu no alto índice de acerto dos valores simulados.

### **AGRADECIMENTOS**

À CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo suporte financeiro à esta pesquisa.

### **LITERATURA CITADA**

- 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 & Automação*, v.21, p.363-378, 2010.
- Amendola, M.; Souza, A. L.; Barros, L. C. Manual do uso da teoria dos conjuntos fuzzy no matlab 6.5. 2005. 46 p. Disponível em: <[www.ime.unicamp.br/~laeciocb/MANUAL\\_2005.pdf](http://www.ime.unicamp.br/~laeciocb/MANUAL_2005.pdf)>. Acesso em: 27 maio 2005.
- Ayyub, B. M.; Klir, G. J. *Uncertainty Modeling and Analysis in Engineering and the Sciences*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2006. 378p.
- Cordeiro, M. B.; Tinôco, I. de F. F.; Silva, J. N. da; Vigoderis, R. B.; Pinto, F. de A. de 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, 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*. Erasmus Research Institute of Management, Rotterdam School of Management, Erasmus University, Rotterdam, Netherlands, Report, ERS-2002-108-LIS. 2002. Disponível em: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=371055](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=371055). Acesso em: 20 Dez. 2011.
- Escobar, C.; Galindo, J. *Fuzzy Control in Agriculture: Simulation Software*. In: Marín, J.; Koncar, V. *Industrial Simulation Conference*. Málaga: ISC Spain, 2004. p.45-49.

- Ferreira, L.; Yanagi Junior, T.; Nääs, I. A.; Lopes, M. A. Development of algorithm using fuzzy logic to predict estrus in dairy cows: Part I. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*, v.9, p.1-16, 2007.
- Jacomé, I. M. T. D.; Furtado, D. A.; Leal, A. F.; Silva, J. H. V.; Moura, J. F. P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.527-531, 2007.
- Leite, M. S.; Fileti, A. M. F.; Silva, F. V. Desenvolvimento e aplicação experimental de controladores fuzzy e convencional em um bioprocessos. *Revista Controle & Automação*, v.21, p.147-158, 2010.
- Marchini, C. F. P.; Silva, P. L.; Nascimento, M. R. B. M.; Beletti, M. E.; Guimarães, E. C.; Soares, H. L. Intestinal morphometry of the duodenal mucosa in broiler chickens underwent to high cyclic environment temperature. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, p.491-497, 2009.
- Medeiros, C. M.; Baeta, F. C.; Oliveira, R. F. M.; Tinôco, I. 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*, v.13, p.277-286, 2005a.
- Medeiros, C. M.; Baeta, F. C.; Oliveira, R. F. M.; Tinôco, I. F. F.; Albino, L. F. T.; Cecon, P. R. Índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.660-665, 2005b.
- Menezes, A. G.; Nääs, I. A.; Baracho, M. S. Identification of critical points of thermal environment in broiler production. *Revista Brasileira*

- de Ciência Avícola, v.12, n.1, p.21-29, 2010.
- Moura, D. J.; Nääs, I. A.; Alves, E. C. de S.; Carvalho, T. M. R. de; Vale, M. M. do; Lima, K. A. O. de. Análise de ruído para a avaliação do conforto térmico de pintinhos. *Scientia Agricola*, v.65, p.438-443, 2008.
- Nääs, I. A.; Romanini, C. E. B.; Salgado, D. D.; Lima, K. A. O.; Vale, M. M. Impact of global warming on beef cattle production cost in Brazil. *Scientia Agricola*, v.67, p.1-8, 2010.
- National Research Council - NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington: National Academy Press, 1994. 151p.
- Oliveira, R. F. M.; Donzele, J. L.; Abreu, M. L. T.; Ferreira, R. A.; Vaz, R. G. M. V.; Cella, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.797-803, 2006.
- 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, p.83-92, 2007.
- Pereira, D. F.; Bigli, C. A.; Filho, L. R. G.; Gabriel, C. P. C. Sistema fuzzy para estimativa do bem-estar de matrizes pesadas. *Engenharia Agrícola*, v.28, p.624-633, 2008.
- 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, p.446-458, 2012.
- 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, p.1-6, 2009.
- Schiassi, L.; Yanagi Junior, T.; Ferreira, L.; Damasceno, F. A.; Yanagi, S. N. M. Metodologia fuzzy aplicada à avaliação do aumento da temperatura corporal em frangos de corte. Engenharia na agricultura, v.16, p.181-191, 2008.
- Taylor, J. Delphi method applied to tourism. In: WITTIS, M. L. Tourism marketing and management handbook. New York: Prentice Hall, 1988. p.95-99.
- Teixeira, E. N. M.; Silva, J. H. V.; Costa, F. G. P.; Martins, T. D. D.; Givisiez, P. E. N.; Furtado, D. A. Efeito do tempo de jejum pós-eclosão, valores energéticos e inclusão do ovo desidratado em dietas pré-iniciais e iniciais de pintos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, p.314-322, 2009.
- Tolon, Y. B.; Baracho, M. S.; Nääs, I. A.; Rojas, M.; Moura, D. J. Ambiência térmica, aérea e acústica para reprodutores suínos. Engenharia Agrícola, v.30, p.1-13, 2010.
- Vigoderis, R. B.; Cordeiro, M. B.; Tinôco, I. F. F.; Menegali, I.; Souza Júnior, J. P.; Holanda, M. C. R. Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte no período de inverno. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p.381-1386, 2010.
- 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, p.423-434, 2012.

**(VERSÃO PRELIMINAR DO ARTIGO)**