



**LETÍCIA CIBELE DA SILVA RAMOS FREITAS**

**AMBIÊNCIA E COMPORTAMENTO DE  
LEITÕES EM DUAS TIPOLOGIAS DE  
CRECHE: AVALIAÇÃO E MODELAGEM FUZZY**

**LAVRAS - MG**

**2015**

**LETÍCIA CIBELE DA SILVA RAMOS FREITAS**

**AMBIÊNCIA E COMPORTAMENTO DE LEITÕES EM DUAS  
TIPOLOGIAS DE CRECHE: AVALIAÇÃO E MODELAGEM FUZZY**

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

Orientador

Dr. Alessandro Torres Campos

Coorientadores

Dr. Leonardo Schiassi

Dr. Tadayuki Yanagi Junior

**LAVRAS - MG**

**2015**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Freitas, Letícia Cibele da Silva Ramos.

Ambiência e comportamento de leitões em duas tipologias de creche: Avaliação e modelagem / Letícia Cibele da Silva Ramos Freitas. – Lavras : UFLA, 2015.

91 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador: Alessandro Torres Campos.

Bibliografia.

1. Ambiência térmica. 2. Comportamento de suínos. 3. Conjuntos fuzzy. 4. Gases. 5. Nível de pressão sonora. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**LETÍCIA CIBELE DA SILVA RAMOS FREITAS**

**AMBIÊNCIA E COMPORTAMENTO DE LEITÕES EM DUAS  
TIPOLOGIAS DE CRECHE: AVALIAÇÃO E MODELAGEM FUZZY**

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

APROVADA em 10 de fevereiro de 2015.

Dr. Leonardo Schiassi	UFLA
Dr. Tadayuki Yanagi Junior	UFLA
Dra. Francine Aparecida Sousa	SEMAG – Aracruz-ES

Dr. Alessandro Torres Campos  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2015**

*A Deus*

*Aos meus pais, José Carlos e Efigênia pelo amor, carinho, compreensão e  
confiança sempre me apoiando em todos os momentos desta jornada.*

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela força, sabedoria e discernimento para a elaboração e conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, irmãos e familiares pelo amor, apoio e compreensão essenciais para que eu seguisse em frente nos estudos.

Ao meu amor Leandro Reis pelo carinho, atenção, alegrias e companhia incondicional me dando força e incentivo em todos os momentos.

Ao Professor Dr. Alessandro Torres Campos, pela orientação e confiança na execução deste trabalho.

Ao Prof, Dr. Leonardo Schiassi pela coorientação, atenção e contribuição de grande importância na elaboração deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA, em especial ao programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de cursar o Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

À FAPEMIG e ao CNPq, pelo auxílio financeiro para a execução do projeto.

À Daiane Cecchin, Francine Sousa, Patrícia Ponciano, Jaqueline Castro pela amizade e companhia durante esta jornada.

Ao Pedro Sodré pela ajuda nas análises dos dados do experimento;

Às estagiárias Carolina, Adriana, Luiza, Rafaella, Jacqueline, Michelle; Giane e ao estagiário Adriano pela companhia e ajuda no experimento.

À Danuza, Natália, Agda e Josi, excelentes amigas e companheiras de república.

À Granja Niterói por ter concedido o espaço e bens de consumo para a realização do experimento.

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado participar da avaliação desse trabalho.

Obrigada a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para mais essa conquista na minha vida.

## RESUMO GERAL

As condições ambientais nas instalações de confinamento suinícolas são de suma importância para o sucesso produtivo, principalmente na fase de creche, pois é a fase que pré-determina o desempenho dos animais nas fases posteriores. Quando os animais são expostos a condições de desconforto, eles apresentam alterações comportamentais, como por exemplo, redução na ingestão de alimento, comprometendo assim a produção. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar duas diferentes instalações de creches de suínos no que se refere ao conforto térmico, presença de gases, nível de pressão sonora (ruído) e comportamento frente às condições térmicas do ambiente. O trabalho foi realizado nas instalações da Granja Niterói, localizada no município de Lavras-MG. A granja possui sistema de produção de suínos de ciclo completo, ou seja, os animais são confinados do nascimento ao abate. Foram utilizadas uma baía de cada tipologia de creche sendo que a creche 1 possui baias de alvenaria e piso vazado de metal e a creche 2 baias de ripas de madeira e piso vazado de plástico. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, as quais foram compostas pelas creches (1 e 2) e ambiente externo, as subparcelas nos horários (1 a 24 h), e as repetições dos dias de coletas (15 dias). Os dados de temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), umidade relativa do ar (%) e o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) foram coletados ao longo do dia em intervalos de 10 minutos, sendo submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-knott a nível de 5% de probabilidade. Foram realizadas em 15 dias não consecutivos, as coletas dos gases, amônia ( $\text{NH}_3$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), além do nível de pressão sonora e a análise realizada por meio da estatística descritiva. O comportamento dos animais foi analisado através da frequência comportamental. De posse das análises de comportamento foi desenvolvido um modelo *fuzzy* para prever a taxa de conforto a partir do comportamento de leitões em função da idade e das variáveis térmicas. Os resultados obtidos demonstraram que não houve diferença entre as duas tipologias de creche em relação à qualidade do ar, nível de pressão sonora e condições térmicas, porém houve diferença entre os horários de coleta de dados, sendo o período da manhã confortável e o período da tarde em condições de estresse por calor. Os gases e nível de pressão sonora não ultrapassaram o limite máximo estabelecido pelas normas vigentes. De acordo com as respostas comportamentais dos animais, menos de 50% do período de confinamento, as instalações propiciam condições de conforto térmico, sendo a creche 2 mais confortável que a creche 1. O modelo *fuzzy* desenvolvido em função da idade dos leitões e do ITGU mostrou-se adequado para a predição da taxa de conforto térmico a partir do comportamento dos animais.

Palavras-chave: Ambiência térmica. Gases. Nível de pressão sonora. Comportamento. Conjuntos *fuzzy*. Construções rurais. Instalações para suínos.

## GENERAL ABSTRACT

The environmental conditions of the swine confinement facilities are of great importance for obtaining success in productivity, especially in the nursery phase, since this phase pre-establishes the development of these animals in the later stages. When the animals are exposed to uncomfortable conditions, they present altered behavior, such as lower feeding rates, thus compromising the productivity. With the exposed, the objective of the present work was to evaluate two distinct swine nursery facilities according to their thermal comfort, presence of gases, noise, and behavior according to the thermal conditions of the environment. The study took place at Granja Niterói facilities, located in the municipality of Lavras, MG, Brazil. The facility presents complete cycle swine production system, that is, the animals are confined from birth to slaughter. We used two styles of nursery stalls: nursery 1 with masonry stalls with fully slatted metal flooring, and nursery 2 had wooden stalls with fully slatted plastic flooring. The experiment was conducted in a randomized blocks design with split-plot scheme, which were composed by the nurseries (1 and 2) and the external environment, the subplots in hours (1 to 24 h), and the replicates of the collection dates (15 days). The data for air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), relative humidity (%), and black globe humidity index (BGHI) were collected throughout the day at 10 minute intervals, being submitted to analysis of variance with the means compared by the Scott-Knott test at 5% probability. We collected the gasses, ammonia ( $\text{NH}_3$ ) and carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) in 15 non-consecutive days, in addition to the sound pressure level and analysis by means of descriptive statistics. Animal behavior was analyzed by means of the behavioral frequency. With the behavioral analysis, we developed a fuzzy model in order to predict the comfort rate based on the behavior of the piglets in relation to age and temperature variation. The results obtained demonstrated that there was no difference between the two nursery types in relation to air quality, sound pressure level and thermal condition. However, there was difference between data collection times, with the morning period being comfortable and the afternoon period being thermally stressful conditions. The gas and sound pressure levels did not exceed the maximum levels established by the current regulations. According to the behavioral responses of the animals, the installations provided thermal comfort in less than 50% of the confinement period, with nursery 2 being more comfortable than nursery 1. The fuzzy model developed in relation to age of the piglets and the BGHI was proven adequate in predicting thermal comfort rates from animal behavior.

Keywords: Thermal Environment. Gases. Sound pressure level. Behavior. *Fuzzy* sets. Rural buildings. Swine installations.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

Figura 1. Interior da creche 1 (A); interior da creche 2 (B).....	47
Figura 2. Croqui com vista superior para a posição dos aparelhos de coleta nas baias. Unidade: m.....	49
Figura 3. Concentrações de CO <sub>2</sub> (A) e NH <sub>3</sub> (B) nas creches 1 e 2 .....	52
Figura 4. Concentrações de CO <sub>2</sub> (A) e NH <sub>3</sub> (B) nos horários de coleta nas creche 1 e 2.....	53
Figura 5. Concentrações de CO <sub>2</sub> em função das condições térmicas na creche 1 (A) e creche 2 (B) .....	56
Figura 6. Concentrações de NH <sub>3</sub> em função das condições térmicas na creche 1 (A) e creche 2 (B) .....	57
Figura 7. Nível de pressão sonora nas creches 1 e 2 (A) e entre os horários (B) .....	60
Figura 8. Níveis de pressão sonora em função do horário de coleta na creche 1 (A) e creche 2 (B), para as condições térmicas baseado no ITGU: Conforto (71 a 76) Alerta (77 a 82) e estresse térmico (>82).....	61

### ARTIGO 2

Figura 1. Interior da creche 1 (A); interior da creche 2 (B).....	73
Figura 2. Croqui com vista superior para a posição dos aparelhos de coleta nas baias. Unidade: m.....	75
Figura 3. Curvas de pertinência para as variáveis de entrada Idade (A); e ITGU (B).....	78
Figura 4. Curva de pertinência para a variável de saída taxa de conforto térmico (%)......	79

Figura 5. Frequência Comportamental (%) dos animais nas creches 1 e 2 .....	81
Figura 6. Frequência Comportamental (%) em condição de conforto nas creches 1 e 2 .....	83
Figura 7. Frequência comportamental (%) para a taxa de conforto térmico.....	85

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

- Tabela 1. Médias de temperatura do ar, umidade relativa do ar e ITGU nos ambientes: creche 1, creche 2 e ambiente externo .....55
- Tabela 2. Valores de ITGU obtidos a partir das condições térmicas consideradas ideais para os animais na fase de creche.....55

### ARTIGO 2

- Tabela 1. Conjuntos *fuzzy* para as variáveis de entrada .....77
- Tabela 2. Intervalo dos conjuntos *fuzzy* para a variável de saída taxa de conforto térmico (%) .....79
- Tabela 3. Composição do sistema de regras em função das variáveis de entrada: Idade e ITGU .....81
- Tabela 4. Comparação da taxa de conforto térmico (%) observados e simulados pelo modelo *fuzzy* .....84

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Ambiência na suinocultura</b> .....	16
<b>2.2</b>	<b>Instalações de creche</b> .....	17
<b>2.3</b>	<b>Conforto térmico</b> .....	19
<b>2.4</b>	<b>Qualidade do ar</b> .....	22
<b>2.5</b>	<b>Nível de pressão sonora (ruído)</b> .....	24
<b>2.6</b>	<b>Bem-estar animal</b> .....	26
<b>2.7</b>	<b>Comportamento animal</b> .....	28
<b>2.8</b>	<b>Teoria de conjuntos <i>fuzzy</i></b> .....	29
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	32
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	33
	<b>ARTIGO 1 Qualidade do ar, nível de pressão sonora e ambiente térmico de duas tipologias de creches de suínos</b> .....	41
	<b>ARTIGO 2 Índice <i>fuzzy</i> para o conforto térmico de suínos na fase de creche com base no comportamento</b> .....	67

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil se manteve em 2014 como o quarto produtor mundial de carne suína. Foram abatidas 27,616 milhões de cabeças até o terceiro trimestre de 2014, alcançando neste período a produção de 2,390 milhões de toneladas de carne (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014).

A região Sudeste respondeu por 18,7% do abate nacional de suínos no terceiro trimestre de 2014. O estado de Minas Gerais aumentou sua participação em 1,8% no comparativo com o mesmo período de 2013 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014).

A produção de carne suína se mantém em crescimento devido ao sistema intensivo de produção. A partir de 1970, a produção de suínos no Brasil começou a ser realizada em sistema de confinamento objetivando-se melhorar o controle sanitário, reduzir a perda energética dos animais e aumentar a produtividade (SAMPAIO et al., 2007a).

A intensificação da produção de suínos em sistemas tradicionais de confinamento gera a polêmica do bem-estar animal ou da falta dele (MAIA et al., 2013). O perfil do produtor brasileiro, ainda que discretamente, vem sofrendo algumas mudanças. A busca da sociedade e do mercado externo por produtos éticos e de qualidade tem conquistado alguns progressos na produção de animais, o que torna necessário estabelecer critérios que avaliem o bem-estar dos suínos em seus sistemas de criação (BAPTISTA; BERTANI; BARBOSA, 2011).

Segundo Costa (2008), inovações tecnológicas no sistema produtivo têm resultado em alterações no ambiente criatório dos suínos nas diferentes fases do sistema produtivo (instalações dos reprodutores, maternidades, creches,

crescimento e terminação), uma vez que o manejo coletivo adotado no confinamento ocasiona novas agressões à saúde e ao conforto dos animais.

As creches são instalações destinadas aos leitões desmamados até atingirem a idade de 56 a 66 dias ou atingirem o peso médio de 22 a 25 kg.

É a fase considerada crítica para os leitões, pois eles deixam o ambiente materno, sofrem o efeito de movimentação e transporte, são inseridos em um local diferente com leitões desconhecidos, enfrentam mudanças na fonte e na forma de obtenção de água e de alimento, enfrentam novos desafios sanitários e são expostos às condições ambientais adversas sem a proteção da matriz.

Fatores externos e internos (microclima) das instalações exercem efeitos diretos e indiretos sobre os suínos em todas as fases de produção. As fases de maternidade e creche são de primordial importância dentro da suinocultura, pois quando são afetadas negativamente, acarretam redução na produtividade, com consequentes prejuízos econômicos em todas as fases seguintes (CAMPOS et al., 2008).

Dentre os fatores que podem afetar negativamente os animais nas instalações do ponto de vista da ambiência, segundo Ferreira (2011) são: temperatura e a velocidade do vento na altura do animal, a umidade relativa dentro da instalação, a quantidade de gases acumulada no ambiente, a quantidade de luz, tipo de piso e tipo de telhado.

À medida que os leitões crescem, as exigências térmicas dos mesmos variam. É importante monitorar e ajustar a temperatura da instalação de acordo com estas exigências para que a condição de conforto seja mantida e assim não prejudicar o desenvolvimento dos mesmos.

Outro fator a ser monitorado é a quantidade de gases presentes na instalação, pois podem causar problemas de saúde nos animais e trabalhadores caso as concentrações ultrapassem os limites máximos estabelecidos pelas normas vigentes. O aumento da concentração de gases dentro das instalações

pode indicar a falta de movimentação do ar ou até mesmo ineficiência no manejo dos dejetos.

Uma maneira de se avaliar o conforto e bem-estar dos animais nas instalações é por meio do cálculo dos índices de conforto térmico. Porém as observações comportamentais e o nível de pressão sonora também estão sendo bastante difundidos como métodos de avaliação. Os animais tendem a mudar os comportamentos em condições de estresse assim como a mudança na emissão de sons.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar duas diferentes instalações de creches de suínos sendo uma com baias de alvenaria e piso vazado de metal e outra com baias de ripas de madeira e piso vazado de plástico, no que se refere ao conforto térmico, presença de gases, nível de pressão sonora (ruído) e comportamento frente as condições térmicas do ambiente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste referencial teórico, primeiramente será abordada a ambiência na suinocultura enfatizando o desenvolvimento da mesma e sua relação com o ambiente. Logo após serão abordados os temas: instalações de creche, conforto térmico, qualidade do ar (presenças de amônia (NH<sub>3</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)), nível de pressão sonora (ruído), bem-estar, comportamento e por fim, a teoria de conjuntos *fuzzy*.

### 2.1 Ambiência na suinocultura

A suinocultura brasileira tem se mostrado bastante competitiva no comércio mundial. A adaptação do país às novas tendências de mercado garante a sobrevivência deste na era globalizada (MAIA et al., 2013).

Atualmente é considerado um importante fator do desenvolvimento econômico nacional, promovendo efeitos multiplicadores de renda e emprego em todos os setores da economia (EVANGELISTA, 1998; CARVALHO; OLIVEIRA; TURCO, 2004).

A industrialização da agricultura no período pós-segunda guerra mundial provocou mudanças radicais nos métodos de criação. Essas mudanças eram caracterizadas principalmente por números mais altos de animais mantidos juntos em espaços reduzidos (GONYOU, 1994; BROOM; FRASER, 2010).

Nas últimas décadas, a produção de suínos brasileira passou por grandes alterações no que diz respeito aos sistemas de produção, tais como constantes inovações nas áreas de genética, nutrição, manejo e saúde (CALDARA et al., 2012).

Em todas as fases de produção, as perdas registradas na suinocultura, onde a maioria das instalações é inadequada às condições climáticas, ocorrem

devido ao desconhecimento dos princípios de ambiência pelos técnicos do setor (CARVALHO et al., 2013). Adequar as instalações frente às variações meteorológicas é um desafio permanente dentro das suinoculturas (CAMPOS et al., 2008).

Segundo Maia et al. (2013), o sistema de criação comercial propicia um ambiente com situações diversas de estresse tais como a separação da mãe após o desmame, o convívio social, a alta densidade, fome e baixa qualidade do ar nas instalações.

Dentre as variáveis ambientais, a temperatura do ar pode afetar a saúde, o bem-estar e a eficiência na produção intensiva de suínos, considerando essencial entender a resposta do animal confinado em relação ao ambiente térmico, a fim de minimizar os efeitos negativos do desconforto térmico (BANHAZI et al., 2008). Logo, a temperatura do ar ambiente das instalações pode ser considerada como um dos principais elementos climáticos pela influência que exerce sobre os demais componentes do bioclima (BRÊTAS et al., 2011).

## **2.2 Instalações de creche**

O suíno é considerado agente modificador do meio onde vive, seja pela geração de calor, vapor d'água, fezes, urina, gases, seja como foco de desenvolvimento de patógenos. Nessas condições, o verdadeiro ambiente passa a ser aquele reinante no interior da edificação ou aquele cujo ar os animais respiram (PANDORFI; ALMEIDA; GUISELINI, 2012).

A tipologia ideal para a edificação deve ser definida, fazendo-se um estudo detalhado do clima da região e (ou) do local onde será implantada a exploração, determinando as mais altas e baixas temperaturas ocorridas, a umidade relativa do ar, a direção e a intensidade do vento. Assim, é possível

projetar instalações com características construtivas capazes de minimizar os efeitos adversos do clima sobre os suínos (VIEIRA et al., 2010).

As instalações de creche devem atender às exigências de ambiência dos leitões desmamados e se fazem fundamentais para diminuir o estresse causado pelo desmame. O espaço por animal na creche depende do tipo de piso e da idade de saída. Assim, com idade de saída de 63 dias deve-se trabalhar com 0,30 m<sup>2</sup> animal<sup>-1</sup> alojado para pisos totalmente vazados e 0,35 m<sup>2</sup> para pisos parcialmente vazados (DIAS et al., 2011).

A natureza do piso deve ser considerada nas creches, pois segundo Ferreira (2011) suínos passam, em média, 60 a 80% do tempo deitados ou sentados, sendo que a superfície corporal em contato com o piso representa 10 a 20% da superfície corporal total.

As baias de creche podem obedecer a várias alternativas consideradas eficientes. De acordo com Teixeira (1997) entre os sistemas mais usados estão as gaiolas elevadas, geralmente feitas de metal e dimensionadas para uma leitegada por gaiola, as baias com piso elevado ripado de concreto ou de metal ou piso de concreto parcialmente vazado.

Segundo Ferreira (2012) o piso das baias ou gaiolas elevadas pode ser total ou parcialmente vazado. No piso parcialmente vazado há possibilidade dos leitões escolherem o seu ambiente de descanso e no piso totalmente vazado há maior ventilação.

Pouteaux, Christison e Stricklin (1983) avaliaram a preferência de leitões na fase de creche por piso de metal expandido revestido de plástico, fibra de vidro, plástico e metal expandido em ambientes com temperatura de 18 °C e 27 °C. No ambiente a 18 °C os leitões permaneceram deitados por mais tempo no piso de metal expandido revestido de plástico seguido do piso de plástico. No ambiente a 27°C a preferência foi pelo piso de metal expandido revestido de plástico seguido do piso de metal expandido.

As tipologias das instalações de creche são bastante diversificadas e utilizadas em estudos com diferentes objetivos. Sousa Júnior et al. (2011) ao estudarem diferentes programas de iluminação e sua interferência no conforto térmico dos animais conduziram o experimento em baias com divisórias internas e externas metálicas de 0,80 m de altura, piso de polietileno e suspenso a 0,50 m. Silveira et al. (2009) avaliaram creches com estruturas de concreto armado, diferentes coberturas e pisos totalmente de concreto e outro vazado parcialmente de concreto, não encontrando diferenças significativas entre elas no que diz respeito às variáveis analisadas: gases e poeira. Queiroz e Nääs (2005) estimaram satisfatoriamente o limite de conforto térmico para leitões através do uso da modelagem fuzzy e utilizando os dados coletados de amônia e ITGU em creches com pisos de metal vazado revestido de plástico, concreto maciço e concreto vazado.

### **2.3 Conforto térmico**

As flutuações de temperatura do ambiente obrigam os animais a utilizarem alguns mecanismos para manter sua temperatura corporal dentro da faixa de variação considerada normal (FERREIRA, 2011).

Valores de temperatura ambiente muito diferentes dos valores próximos à região de conforto térmico perturbam o mecanismo termodinâmico que os homeotermos têm de se proteger de extremos de temperatura e umidade relativa, levando ao desperdício de energia (COLLIN et al., 2001).

Segundo Brêtas et al. (2011), o estresse por calor aumenta a exigência de energia para manutenção, quando comparado à temperatura de conforto térmico, visto que maior quantidade desta é utilizada pelos suínos para dissipar calor.

Os suínos, enquanto homeotérmicos, têm a sua temperatura interna do corpo constante e precisam trocar calor com o ambiente continuamente; no

entanto, este processo só é eficaz quando a temperatura ambiente está dentro dos limites de termoneutralidade (FURTADO et al., 2012).

De acordo com Quiniou et al. (2001), o período crítico para os leitões corresponde às duas primeiras semanas após o desmame em que os leitões aprendem a consumir alimento seco. Isso porque o consumo de alimento é baixo e a atividade física é alta e os leitões recém-desmamados ficam com o balanço energético negativo durante o período de quatro a seis dias após o desmame. Ambiente com alta umidade do ar aumenta o efeito da temperatura elevada, reduzindo o desempenho dos leitões.

Se o ambiente é quente e muito seco, a evaporação é rápida podendo causar irritação cutânea, problemas respiratórios e desidratação geral; no caso do ambiente ser quente e demasiadamente úmido, a evaporação torna-se muito lenta, aumentando a concentração de calor no animal (AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, 2001).

Para cada fase do desenvolvimento, os suínos necessitam de uma temperatura e umidade relativa considerada ideal para caracterizar o conforto térmico. De acordo com Silva (1999), a faixa de temperatura de 20 °C a 23 °C pode ser definida como conforto, e acima de 30°C como estresse térmico para leitões com 35 dias de idade, em condições de umidade relativa entre 50% a 70%. Para Ferreira (2011), a temperatura ideal está entre 22 e 26 °C e segundo Sousa Júnior et al. (2011) a temperatura de conforto situa-se entre 24 °C e 26 °C e a umidade relativa, entre 60% e 80%.

Ye e Xin (2000) determinaram a zona de conforto térmico para leitões com idade de 4 a 7 semanas (7,6 a 14,7 kg) utilizando os modelos de Bruce e Clark (1979) e CIGR (COMMISSION INTERNATIONALE DU GÉNIE RURAL, 1992). Os autores obtiveram temperaturas críticas inferiores de 19,3 e

26,5 °C e temperaturas críticas superiores de 30,0 e de 33,9 °C para as velocidades do ar de 0,1 e 1,5 m s<sup>-1</sup>, respectivamente.

A temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e o calor radiante recebido das superfícies vizinhas podem ser expressos por meio de índices para facilitar a comparação de diferentes ambientes (ABREU et al., 2011). O Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) foi proposto por Buffington et al. (1981) para verificar a situação de conforto ou desconforto térmico dos animais em confinamento, considerando em um único valor, os efeitos combinados da radiação, temperatura ambiente e umidade.

Diversos trabalhos relatam a temperatura do ar, umidade relativa do ar e o ITGU em instalações para leitões, com o intuito de estabelecer condições ideais de conforto. Nunes et al. (2008) consideraram a temperatura interna de 26 °C e ITGU de 74,5 como ambiente termoneutro para a fase de creche.

Oliveira et al. (1997) consideraram a temperatura de 22,74 °C, umidade relativa de 73,84% e ITUG de 70,72 como condições de conforto para leitões de 15 a 30 kg. Manno et al. (2005) consideraram para leitões com a mesma faixa de peso condições de conforto a uma temperatura do ar de 22,7 °C, umidade relativa de 71,2% e ITGU 71,1 e condições de estresse por calor, temperatura do ar de 34,2 °C, umidade de ar 62,4% e ITGU 84,9.

Vaz et al. (2005) consideraram condições de calor e temperatura a 30,9 °C, umidade relativa a 67,5% e ITGU de 81,2 para instalações de suínos machos castrados, dos 15 aos 30 kg.

Campos et al. (2008), ao avaliarem duas tipologias diferentes de creche, obtiveram valores máximos do ITGU de 78,4 e 78,5 e valores mínimos de 68,9 e 70,7 sendo considerados como dentro do conforto térmico.

## 2.4 Qualidade do ar

A qualidade do ar nos sistemas de criação está diretamente relacionada ao metabolismo dos suínos, liberando diretamente para o ar, calor, umidade e dióxido de carbono provenientes da respiração, gases oriundos da digestão e poeira. Indiretamente, outros produtos são liberados para o ar provenientes dos dejetos, como calor, umidade, gases da digestão aeróbia e anaeróbia da cama e dejetos, e poeira liberada pelos arredores, pelo piso e pela ração (SAMPAIO et al., 2005).

A presença de gases nas instalações de confinamento pode gerar danos à saúde dos animais e trabalhadores. Segundo Schmidt et al. (2002), os gases mais presentes nas instalações para suínos são amônia ( $\text{NH}_3$ ), sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

A amônia é um gás incolor, de odor acre (normalmente detectada pelo homem em concentração ao redor de 20 ppm), tóxico e mais leve que o ar. É um gás associado à redução do apetite e à irritação nas mucosas dos suínos, além de causar problemas respiratórios e letalidade aos trabalhadores (SAMPAIO et al., 2007).

O  $\text{CO}_2$  é mais pesado que o ar, inodoro e asfixiante. Larry et al. (1994) afirmam que o gás é excessivo acima de 3.000 ppm, sendo sua presença indicativa da qualidade do ar e da eficiência da ventilação como alternativa para diminuir sua concentração.

A produção de  $\text{CO}_2$  por animais está diretamente relacionada com sua produção de calor, sendo essa função do seu peso corporal e do seu ambiente térmico (CAMPOS et al., 2009). Estudos realizados com o  $\text{CO}_2$  evidenciam que, a partir de certos limites de concentração (3000 ppm), esse gás afeta a saúde dos suínos (NADER et al., 2002).

A Commission Internationale du Génie Rural (CIGR, 1994) recomenda para a concentração de amônia ao nível dos suínos o máximo de 20 ppm. No Brasil a NR-15: Atividades e Operações Insalubres (BRASIL, 1978) regulamenta os limites de tolerância para a exposição do trabalhador a agentes químicos. A Norma regulamentadora tolera para a amônia uma concentração de 20 ppm e para o dióxido de carbono uma concentração de 3900 ppm em uma jornada de trabalho de 48 horas.

Chang et al. (2001) mediram as concentrações de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{CO}_2$  em todas as instalações de uma suinocultura e verificaram que as concentrações de  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$  foram mais altas na terminação do que na creche e concluíram que, em instalações abertas, a presença de poluentes é minimizada pelas características construtivas, resultando em menores concentrações quando comparadas às instalações fechadas.

Banhazi et al. (2011) determinaram o efeito do tipo de construção e manejo na concentração de  $\text{CO}_2$  e taxas de trocas de ar em 160 edifícios. A concentração média de  $\text{CO}_2$  foi de 858 ppm e é afetada pelo tipo de construção, estação do ano, controle de aberturas das cortinas, altura do pé-direito, das paredes e do lanternim. As instalações destinadas aos leitões desmamados apresentaram maiores concentrações de  $\text{CO}_2$ .

Cabaraux et al. (2009) avaliaram a influência do tipo de piso na emissão de gases na creche de suínos. Os animais foram mantidos em piso plástico vazado, em cama de serragem e em cama de palha sendo que as baias de piso plástico vazado apresentaram menores concentrações de amônia e  $\text{CO}_2$ .

Silveira et al. (2009) encontraram maiores valores de  $\text{CO}_2$  e  $\text{NH}_3$  na creche com baias de piso totalmente cimentado, 1500 ppm e 10 ppm respectivamente, que na creche com baias suspensas e piso parcialmente vazado, 550 e 1 ppm.

Furtado et al. (2012) avaliaram a concentração dos gases oxigênio, metano, monóxido de carbono e amônia presentes na instalação para suínos, na fase de creche e terminação nos períodos chuvoso e seco. A amônia apresentou uma concentração média de 5,2 ppm, portanto dentro dos limites estabelecidos pelas normas para animais.

Lee et al. (2005) mensuraram a concentração de gases em duas creches de suínos sendo uma limpa diariamente e outra limpa apenas ao final do experimento. As concentrações de NH<sub>3</sub> e CO<sub>2</sub> foram de 6,0 e 1770 ppm na creche limpa diariamente e de 13,0 e 2440 ppm na creche sem limpeza, concluindo que o manejo das condições sanitárias interfere nas concentrações de gases presentes nas instalações.

## **2.5 Nível de pressão sonora (ruído)**

O ruído na acústica ambiental, de acordo com Magrab (1975), equivale ao som que não é desejado pelo ouvinte porque é desagradável ou importuno. Tecnicamente o ruído é um som de grande complexidade resultante da superposição desarmônica de sons provenientes de várias fontes (GERGES, 2000).

O estudo dos níveis de pressão sonora emitidos por um grupo de animais confinados e a vocalização vêm sendo utilizados como alternativa de se estabelecerem alguns padrões de sons emitidos pelos animais (HIRTUM; BERCKMANS, 2003).

A análise de vocalização animal permite a interpretação do padrão de estresse de uma forma não invasiva, e pode ser utilizado para avaliar o bem-estar bem como do estado de saúde e de adaptação social (MOURA et al., 2008).

Segundo Borges et al. (2010), os decibelímetros são equipamentos destinados à captura dos dados sonoros em níveis de ponderação. Com o nível

de ponderação “C” é possível captar os dados de pressão sonora sem a utilização dos filtros que estão inseridos nos decibelímetros, podendo, assim, captar sons de baixa frequência (GERGES, 2000). O nível de ponderação “A”, porém, é mais utilizado para captar os ruídos de forma similar à que é audível pelo ouvido humano, conforme discriminado na NR-15 (BRASIL, 1978).

O Departamento do Meio ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais (DEFRA) do Reino Unido criou o “Código de Recomendação para o Bem-estar na Criação de Suínos”. Segundo o código, devem ser evitados valores de pressão sonora acima de 85 decibéis (dB), assim como a exposição dos animais aos ruídos constantes ou súbitos (DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD & RURAL AFFAIRS, 2003).

De acordo com Tolon et al. (2010), na presença do nível de pressão sonora de 85dB, o animal pode ficar impossibilitado de desenvolver seu comportamento natural.

Estudos foram realizados no intuito de mensurar o nível de pressão sonora em diferentes condições térmicas visando prever, a partir do nível de pressão sonora, a condição de conforto das instalações.

Silva et al. (2007), ao avaliarem o ambiente acústico em creche de suínos, constataram que a maioria dos ruídos estavam entre 72 e 76 dB. Os autores, ao associarem os níveis de pressão sonora com a temperatura do ar e umidade relativa do ar, não evidenciaram uma relação entre o ambiente acústico e o ambiente térmico.

Sampaio et al. (2007a) encontraram ruídos médios de 65 dB e constataram uma tendência de ocorrer ruídos mais intensos nas horas de maior calor no interior das instalações.

Ao avaliarem os níveis de ruídos no período de verão e inverno em diferentes horários na instalação de creche, Baracho et al. (2008) constataram

que os níveis de ruídos não foram influenciados pela estação do ano mas sim pelo horário. O maior nível foi encontrado no horário de maior temperatura.

Segundo Miranda et al. (2012), as variáveis ambientais influenciam na emissão de ruídos pelos leitões quando expostos a diferentes condições térmicas. Os níveis de ruídos foram estabelecidos em faixas de acordo com a condição térmica a que os animais foram submetidos. Para a condição de conforto (20 a 23°C), níveis de ruídos encontrados estavam na faixa de 70 a 75 dB; em condição de alerta (23 a 30°C), na faixa de 60 a 70 dB e para condição de estresse térmico (acima de 30°C), na faixa de 55 a 60 dB.

## **2.6 Bem-estar animal**

O conceito geral de bem-estar animal abrange um contínuo entre bem-estar negativo/mal e bem-estar positivo/bom. Um estado de bem-estar positivo/bom nos animais deve estar relacionado com emoções positivas, tais como prazer e contentamento, assim como bem-estar negativo/mal pode ser associado com o que chamamos de sofrimento, a exemplo de sentimentos como frustração ou medo (BROOM, 2001; DUNCAN, 2006).

Abordagens iniciais para a definição de bem-estar animal foram baseadas principalmente na exclusão de estados negativos, negligenciando o fato de que durante a evolução os animais otimizam sua capacidade de interagir e se adaptar ao seu ambiente (OHL; VAN DER STAAY, 2012).

Para Koknaroglu e Akunal (2013), bem-estar animal pode ser definido como o fornecimento de condições ambientais em que os animais podem mostrar todos os seus comportamentos naturais.

Apesar de existirem muitos conceitos sobre bem-estar animal, atualmente, a definição proposta pelo comitê Brambell é a mais utilizada. Esse conceito foi elaborado na Inglaterra pelo professor John Webster e adotado pelo

Farm Animal Welfare Council (FAWC). Ele se fundamenta nas cinco liberdades inerentes aos animais: liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede); a liberdade ambiental (edificações adaptadas); a liberdade sanitária (ausência de doenças e de fraturas); a liberdade comportamental (possibilidade de exprimir comportamentos normais) e; a liberdade psicológica (ausência de medo e de ansiedade) (SILVA; MIRANDA, 2009; GRANDIN; JOHNSON, 2010).

O estresse fisiológico é um dos principais indicadores usados na avaliação do bem-estar animal (HÖTZEL; MACHADO FILHO, 2004). O estresse pode ser definido como a resposta biológica ou conjunto de reações obtidas quando um indivíduo percebe uma ameaça a sua homeostase (MOBERG, 2000).

Uma forma utilizada para avaliar o estresse e bem-estar animal é a incidência de comportamentos anômalos ou estereotípias, que são considerados um redirecionamento de desempenho para os quais o animal tem forte motivação, mas cuja realização está impedida por fatores ambientais. A ocorrência e frequência de comportamentos anômalos são muitas vezes usadas para avaliar a adaptação do animal a um ambiente de cativeiro (HÖTZEL; MACHADO FILHO, 2004).

Em qualquer avaliação de bem-estar, é necessário levar em conta as variações individuais ao se enfrentar adversidades e nos efeitos que as adversidades exercem sobre os animais (BROOM, 1991).

Quando suínos são confinados em baias ou presos por amarras por longo tempo, uma proporção dos indivíduos evidencia altos níveis de comportamento estereotípico, enquanto outros tornam-se extremamente inativos e não responsivos (BROOM, 1991). Hemsworth, Verge e Coleman (1996) afirmam que existem evidências de que as respostas de estresse fisiologicamente crônicas podem ser responsáveis pela diminuição na produtividade dos suínos.

Entre outros estressores, mudanças de ambiente e/ou mistura de grupos de leitões entre si afetam o bem-estar de suínos criados intensivamente (DAY et al., 2002). De acordo com Bartels et al. (2010), a criação de suínos em condição inadequada pode afetar negativamente o seu desenvolvimento e a sua capacidade cognitiva.

## **2.7 Comportamento animal**

O comportamento é uma maneira dos animais demonstrarem o conforto ou o desconforto em relação ao ambiente (SABINO et al., 2011), sendo uma resposta integral a todos os fatores térmicos, nutricionais e de saúde (MOUNT et al., 1968).

Em condições de confinamento leitões geralmente enfrentam vários estressores simultâneos, separação da porca, mudança abrupta de leite para uma dieta sólida e mudanças nos ambientes sociais e de habitação (HÖTZEL et al., 2011) que podem levar os animais a redirecionar o seu comportamento natural para vícios, estereótipos ou comportamentos anômalos (MACHADO FILHO; HÖTZEL, 2000).

Segundo Xin (1999), a avaliação e controle do conforto térmico dos animais alojados em grupo, por meio de observações de comportamentos posturais, fornece um meio interativo para melhor atender à demanda térmica dos animais. Em seu estudo com leitões, o autor observou mudanças comportamentais diante das condições térmicas de frio, conforto e calor. No frio os animais se amontoaram uns sobre ou perto dos outros, no conforto ficaram deitados quase tocando uns aos outros e no calor ficaram espalhados.

Sabino et al. (2011) verificaram que leitões em condições de temperatura abaixo do conforto permaneceram mais tempo aglomerados dentro

do escamoteador e deitados espalhados em condições de temperatura acima da conforto.

Paiano et al. (2007) observaram que os suínos no período de estresse por calor em baias com lâmina d'água apresentaram maior frequência nos comportamentos, comendo, em pé ou andando e fuçando em relação aos suínos em baias de concreto parcialmente ripado; fato que, segundo os autores, pode ser devido à lâmina d'água promover um ambiente confortável mesmo no período de estresse por calor.

Kiefer et al. (2010) verificaram que há uma mudança no comportamento dos suínos quando submetidos a temperaturas ambientais elevadas. Em condições de estresse térmico, os animais permanecem menos tempo na posição em pé, alimentando e fuçando e mais tempo deitados.

## **2.8 Teoria de conjuntos *fuzzy***

A teoria de conjuntos *fuzzy* foi introduzida por Lotfi Asker Zadeh em 1965, como uma teoria matemática aplicada a conceitos vagos. Desde então, a pesquisa e a aplicação dessa teoria em sistemas de informação têm crescido. Uma área de aplicação da teoria *fuzzy* é o chamado raciocínio aproximado, pois não é totalmente certo nem totalmente errado. Esse tipo de lógica aproxima-se da forma do pensamento humano. Nesses casos, variáveis linguísticas são representadas por conjuntos *fuzzy*, interpretando uma variável linguística como uma variável cujos valores são palavras ou sentenças em uma linguagem natural (ZADEH, 1965).

A lógica *fuzzy* (difusa) é uma técnica que pode resolver problemas de modelagem complexa, com aspectos qualitativos e quantitativos sujeitos às variações probabilísticas relevantes, ou descritos por bases de dados diferentes e incompletos. Seu processo decisório baseia-se em variáveis linguísticas, que

simulam e replicam elementos do pensamento humano, principalmente em bases comparativas, como, por exemplo, o mais alto, mais frio, ou vagas, como alto, baixo, bom, ruim (KACPRZYK, 1997).

A utilização da lógica *fuzzy* é especialmente adequada a problemas de natureza biológica, pois estes apresentam as seguintes características: o processo é definido de maneira vaga, imprecisa, incerta; há ocorrência de situações de difícil estimativação ou avaliação dos parâmetros que definem o processo; o sistema é não linear e variante no tempo; há ocorrência de situações nas quais é difícil o registro do valor das variáveis; as medidas podem ser pouco confiáveis (PANDORFI; ALMEIDA; GUISELINI, 2012).

Um conjunto *fuzzy* é definido matematicamente através da atribuição de um valor, representando o grau de pertinência ao conjunto de cada indivíduo no universo. Este grau de pertinência representa a semelhança deste indivíduo ao significado que dá identidade ao conjunto. Em termos formais tem-se: seja X um conjunto não vazio, o conjunto *fuzzy* A é definido como:

$$A = \{ \mu_A(x) / x, x \in A, \mu_A(x) \in [0,1] \}$$

A função de pertinência é definida como  $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ , a qual associa cada elemento x em X através de um número  $\mu_A(x)$  no intervalo [0,1]. O número  $\mu_A(x)$  representa o grau de pertinência de x a A (ZIMMERMANN, 1991; BOJADIZIEV; BOJADIZIEV, 1995; ROHENKOHL; MARTINELLI; REYS, 2006).

Queiroz e Nääs (2005), por meio dos conjuntos *fuzzy*, estimaram as condições ideais do ambiente físico de creche para suínos, considerando dados de ambiência térmica, ambiência acústica e ambiência aérea. Os parâmetros ideais de conforto estabelecidos foram de aproximadamente: ITGU 25, amônia 8 ppm, ruído 65 dB(A), umidade relativa do ar 75% e temperatura do ar 29 °C.

Pandorfi et al. (2007) avaliaram o ambiente de alojamento de matrizes suínas gestantes determinando, através da teoria de conjuntos *fuzzy*, padrões de conforto ambiental. Os valores médios registrados no estudo foram, temperatura 24,25 °C, umidade relativa 65%, amônia 10 ppm e taxa respiratória 50 mov min<sup>-1</sup>.

Tolon et al. (2010) aplicaram a teoria dos conjuntos *fuzzy* em alojamentos para machos suínos e identificaram que os valores encontrados para as variáveis, temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, assim como ruído estavam fora das condições ambientais de referência. Apenas a amônia estava dentro dos padrões estabelecidos.

### **3 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A tipologia das instalações de confinamento é de suma importância, pois o animal tende a sentir fisiologicamente qualquer estresse oriundo da não conformidade do local com a necessidade da fase produtiva em que o mesmo se encontra.

A fase de creche em uma unidade suinícola deve proporcionar o máximo de conforto e bem-estar aos leitões, uma vez que se trata de uma fase de adaptação a um novo ambiente e os mecanismos fisiológicos não estão totalmente desenvolvidos.

As instalações devem possuir condições para manutenção do conforto térmico, aéreo e acústico, e garantir a expressão do comportamento natural do animal, pois, na fase de creche é que se pré-determina o sucesso das fases posteriores.

Nesse sentido, trabalhos que almejam avaliar instalações de creche são válidos para que se busquem as condições ambientais necessárias ao conforto e bem-estar do animal.

## REFERÊNCIAS

ABREU, P. G. et al. Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 6, p. 557-563, nov./dez. 2011.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Thermal comfort**. In: AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE fundamentals. Atlanta: Ashrae, 2001. Chap. 8.

BANHAZI, T. et al. Review of issues related to heat stress in intensively housed pigs. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8., 2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: ASABE, 2008. 1 CD-ROM.

BANHAZI, T. M. et al. Air exchanges and indoor carbon dioxide concentration in Australian pig buildings: Effect of housing and management factors. **Biosystems Engineering**, London, v. 110, n. 3, p. 272-279, Apr. 2011.

BAPTISTA, R. I. A. A.; BERTANI, G. R.; BARBOSA, C. N. Indicadores do bem-estar em suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1823-1830, out. 2011.

BARACHO, M. S. et al. Sazonalidade da ambiência térmica, aérea e acústica em creche e terminação de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v. 2, n. 3, p. 201-212, set./dez. 2008.

BARTELS, A. C. et al. The influence of environmental enrichment and personality on working and reference memory of pigs in a spatial discrimination task.. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR APPLIED ETHOLOGY, 44., 2010, Swedish. **Proceedings...** Swedish: Swedish University of Agricultural Sciences, 2010. p. 50.

BOJADZIEV, G.; BOJADZIEV, M. **Fuzzy sets, fuzzy logic, applications**. Singapore: World Scientific Publishers, 1995.

BORGES, G. et al. Uso da geoestatística para avaliar a captação automática dos níveis de pressão sonora em instalações de creche para suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 377-385, maio/jun. 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 8 de julho de 1978. Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho-NR-15: Atividades e Operações insalubres. **Diário Oficial**, Brasília, jul. 1978. Seção 1, Parte 1, p. 33-60. Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_15.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2014.

BRÊTAS, A. A. et al. Balanço eletrolítico para suínos machos castrados em crescimento mantidos em ambiente de alta temperatura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 186-194, jan./fev. 2011.

BROOM, D. M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 10, p. 4167-4175, Oct. 1991.

BROOM, D. M. The use of the concept animal welfare in European conventions, regulations and directives. **Food Chain**, Rugby, v. 2001, p. 148-151, 2001.

BROOM, D. M.; FRASER, A. F. **Comportamento e bem-estar de animais domésticos**. 4. ed. Barueri: Manole, 2010.

BRUCE, J. M.; CLARK, J. J. Models of heat production and critical temperature for growing pigs. **Animal Production**, Bletchley, v. 28, n. 3, p. 353-369, June 1979.

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, Saint Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, Jan. 1981.

CABARAUX, J. F. et al. Gaseous emissions from weaned pigs raised on different floor systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 130, n. 3, p. 86-92, 2009.

CALDARA, F. R. et al. Behavior, performance and physiological parameters of pigs reared in deep bedding. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 38-46, Jan./Feb. 2012.

CAMPOS, J. A. et al. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 3, p. 187-193, maio/jun. 2008.

CAMPOS, J. A. et al. Qualidade do ar, ambiente térmico e desempenho de suínos criados em creches com dimensões diferentes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 339-347, jul./set. 2009.

CARVALHO, C.C. et al. Bem-estar na suinocultura. **Revista Eletrônica Nutritime**, Uberlândia, v. 11, n. 2, p. 2272-2286, mar./abr. 2013.

CARVALHO, L. E. D.; OLIVEIRA, S. M. P.; TURCO, S. H. N. Utilização da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1486-1491, nov./dez. 2004.

CHANG, C. W. et al. Exposure assessment to airborne endotoxin, dust, ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide in open style swine houses. **The Annals of Occupational Hygiene**, Oxford, v. 45, n. 6, p. 457-465, Aug. 2001.

COLLIN, A. et al. Effect of high temperature on feeding behaviour and heat production in group-housed young pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 86, n. 1, p. 63-70, July 2001.

COMMISSION INTERNATIONALE DU GÉNIE RURAL. **Aerial environment in animal housing: concentrations in and emissions from farm buildings**. Dublin: CIGR, 1994.

COMMISSION INTERNATIONALE DU GÉNIE RURAL. **Climatization of animal houses. final report of working group**. Aberdeen: Scottish Farm Buildings Investigation Unit, 1992.

COSTA, A. N. Produção e bem-estar animal aspectos técnicos e éticos da produção intensiva de suínos. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, Recife, v. 11, supl. 1, p. 43-48, abr. 2008.

DAY, J. E. L. et al. The effects of prior experience of straw and the level of straw provision on the behaviour of growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 76, n. 3, p. 189-202, Mar. 2002.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD & RURAL AFFAIRS. **Code of recommendations for the Welfare of Livestock: pigs**. London: DEFRA, 2003. Disponível em: <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/69369/pb7950-pig-code-030228.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69369/pb7950-pig-code-030228.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2014.

DIAS, D. et al. **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos**. Brasília: ABCS, 2011.

DUNCAN, I. J. H. The changing concept of animal sentience. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 100, n. 1-2, p. 11–19, Oct. 2006.

EVANGELISTA, J. N. B. Importância, bases produtivas da criação de suínos no Brasil e na região nordeste. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 1998. p. 181-196.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente: para aves, suínos e bovinos**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011.

FERREIRA, R. A. **Suinocultura: manual prático de criação**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2012.

FURTADO, D. A. et al. Thermal performance and concentration of gases in facilities for pigs in semiarid region from State of Paraíba-Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 30-37, jan./fev. 2012.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2. ed. Florianópolis: DEM, 2000.

GONYOU, H. W. Why the study of animal behavior is associated with the animal welfare issue. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 8, p. 2171-2177, Aug. 1994.

GRANDIN, T.; JOHNSON, C. **O bem-estar dos animais: proposta de uma vida melhor para todos os bichos**. São Paulo: Rocco, 2010.

HEMSWORTH, P. H.; VERGE, J.; COLEMAN, G. J. Conditioned approach-avoidance responses to humans: the ability of pigs to associate feeding and aversive social experiences in the presence of humans with humans. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 71-82, Oct. 1996.

HIRTUM, A. V.; BERCKMANS, D. Considering the influence of artificial environmental noise to study cough time-frequency features. **Journal of Sound and Vibration**, London, v. 266, n. 3, p. 667-675, Sept. 2003.

HÖTZEL, M. J. et al. Disentangling the effects of weaning stressors on piglets' behaviour and feed intake: changing the housing and social

environment. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 135, n. 1-2, p. 44-50, Nov. 2011.

HÖTZEL, M. J.; MACHADO FILHO, L. C. P. Bem-estar animal na agricultura do século XXI. **Revista de Etologia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 3-15, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE**: estatística da produção pecuária. Brasília: IBGE, 2014. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos\\_201402\\_publ\\_completa.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201402_publ_completa.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2014.

KACPRZYK, J. **Multistage fuzzy control**. Chichester: John Wiley Sons, 1997.

KIEFER, C. et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Bahia, v. 11, n. 2, p. 496-504, abr./jun. 2010.

KOKNAROGLU, H.; AKUNAL, T. Animal welfare: an animal science approach. **Meat science**, Champaign, v. 95, n. 4, p. 821-827, 2013.

LARRY, D. J.; STEVE, P.; WILLIAM, G. B. **Troubleshooting swine ventilation systems**: pork industry handbook. Purdue: University Cooperative Extension Service, 1994.

LEE, C. et al. Performance and endocrine responses of group housed weaner pigs exposed to the air quality of a commercial environment. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 93, n. 3, p. 255-262, May 2005.

MACHADO FILHO, L. C. P.; HÖTELZ, M. J. Bem-estar dos suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNESP, p. 1-13.

MAGRAB, E. B. **Environmental noise control**. New York: John Wiley, 1975.

MAIA, A.P. A. et al. Enriquecimento ambiental como medida para o bem-estar positivo de suínos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 14, n. 14, p. 2862-2877, set. 2013.

MANNO, M. C. et al. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1963-1970, nov./dez. 2005.

MIRANDA, K. O. S. et al. Efeito das condições ambientais no nível de ruído emitido por leitões. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 435-445, maio/jun. 2012.

MOBERG, G. P. **Biological response to stress**: implications for animal welfare. Wallingford: CABI Publishing, 2000.

MOUNT, L. E. et al. **The climatic physiology of the pig**. Baltimore: Williams & Welkins, 1968.

MOURA, D. J. et al. Real time computer stress monitoring of piglets using vocalization analysis. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 64, n. 1, p. 11-18, Nov. 2008.

NADER, A. et al. Avaliação dos níveis de ruídos e da qualidade do ar (com relação à presença de gases e fungos) em creche de suínos. In SEMINÁRIO POLUENTES AÉRIOS E RUÍDOS EM INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO DE ANIMAIS, 1., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: FEAGRI, 2002. p. 49-56.

NUNES, C. G. V. et al. Níveis de lisina digestível para leitões dos 6 aos 15 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 84-88, jan. 2008.

OHL, F.; VAN DER STAAY, F. J. Animal welfare: at the interface between science and society. **The Veterinary Journal**, London, v. 192, n. 1, p. 13-19, Abr. 2012.

OLIVEIRA, R. F. M. et al. Níveis de energia digestível para leitões dos 15 aos 30 kg de peso mantidos em ambiente de conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 539-547, maio/jun. 1997.

PAIANO, D. et al. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 345-351, jul./set. 2007.

PANDORFI, H. et al. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 83-92, jan./abr. 2007.

PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Bahia, v. 13, n. 2, p.558-568, abr./jun. 2012.

POUTEAUX, V. A.; CHRISTISON, G. I.; STRICKLIN, W. R. Perforated-floor preference of weanling pigs. **Applied Animal Ethology**, Amsterdam, v. 11, n. 1, p. 19-23, Sept. 1983.

QUEIROZ, M. P. G.; NÄÄS, I. A. Estimativa de padrão de conforto ambiental para creche de suínos usando lógica fuzzy. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 5., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Associação Brasileira de Agroinformática, 2005. p. 1-8.

QUINIOU, N. et al. Modelling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to cold or hot ambient temperatures. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 85, n. p. 97-106, 2001.

ROHENKOHL, J. E.; MARTINELLI, O.; REYS, M. A. dos. Análise econômica e ambiental de sistemas de terminação de suínos com a aplicação dos conjuntos fuzzy. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 24, n. 46, set. 2006.

SABINO, L. A. et al. Comportamento suíno influenciado por dois modelos de maternidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 12, p. 1321-1327, dez. 2011.

SAMPAIO, C. A. P. et al. Avaliação de poluentes aéreos em instalações de creche e terminação de suínos. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 488-494, mar./abr. 2007b.

SAMPAIO, C. A. P. et al. Avaliação do nível de ruído em instalações para suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 436-440, jul./ago. 2007a.

SAMPAIO, C. A. P.; NÄÄS, I. A.; NADER, A. Gases e ruídos em edificações para suínos: aplicação das normas NR-15, CIGR e ACGIH. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 10-18, jan./fev. 2005.

SCHMIDT, D. R.; JACOBSON, L. D.; JANNI, K. A. **Continuous monitoring of ammonia, hydrogen sulfide and dust emissions from swine, dairy and poultry barns**. London: ASAE Paper, 2002.

SILVA, I. J. O. Qualidade do ambiente e instalações na produção industrial de suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 1999, São Paulo. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1999. p. 108-325.

- SILVA, I. J. O.; MIRANDA, K. O. S. Impactos do bem-estar na produção de ovos. **Thesis**, São Paulo, v. 6, n. 11, p.89-115, 2009.
- SILVA, K. O. et al. Medidas do ambiente acústico em creche de suínos **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 339–344, maio/jun. 2007.
- SILVEIRA, N. A. et al. Ambiência aérea em maternidade e creche de suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 348-357, jul./set. 2009.
- SOUSA JÚNIOR, V. R. et al. Iluminação artificial no desempenho de leitões na fase de creche. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 403-408, out./dez. 2011.
- TEIXEIRA, V. H. **Construções e ambiência**. Lavras: Editora da UFLA, 1997.
- TOLON, Y. B. et al. Ambiência térmica aérea e acústica para reprodutores suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 1- 13, jan./fev. 2010.
- VAZ, R. G. M. V. et al. Exigências de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambientes de alta temperatura dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1633-1639, set./out. 2005.
- VIEIRA, R. F. N. et al. Índices de conforto na avaliação do bem estar animal de matrizes suínas em diferentes sistemas de criação. **Nucleus Animalium**, Ituverava, v. 2, n. 1, p. 63-70, maio. 2010.
- XIN, H. Assessing swine thermal comfort by image analysis of postural behaviors. **Journal of animal Science**, Champaign, v. 77, n. supl. 2, p. 1-9, 1999.
- YE, W.; XIN, H. Thermographical quantification of physiological and behavioral responses of group-housed young pigs. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 43, n. 6, p. 1843, 2000.
- ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and Control**, New York, v.18, n. 3, p. 338-353, June 1965.
- ZIMMERMANN, H. J. **Fuzzy set theory and its applications**. New York: Kluwer Academic Publishers, 1991.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

**ARTIGO 1 Qualidade do ar, nível de pressão sonora e ambiente térmico de  
duas tipologias de creches de suínos**

Artigo redigido conforme norma da Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e  
Ambiental para submissão

## **Qualidade do ar, nível de pressão sonora e ambiente térmico de duas tipologias de creches de suínos**

**Resumo:** Diante da importância da ambiência nas instalações para suínos, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a qualidade do ar, nível de pressão sonora e ambiente térmico em duas tipologias de creches de suínos. Utilizou-se no experimento o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, no qual as parcelas foram compostas pelas creches e ambiente externo, as subparcelas os horários e as repetições os dias de coletas. Os dados de temperatura (°C) e umidade relativa (%) do ar e o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) foram coletados ao longo do dia em intervalos de 10 minutos e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a nível de 5% de probabilidade. Foram mensuradas as concentrações instantâneas de amônia (ppm), dióxido de carbono (ppm) e níveis de pressão sonora (dB(C)) três vezes ao dia e analisados por meio de gráficos *boxplot*. As concentrações dos gases e nível de pressão sonora não ultrapassaram os limites estabelecidos pela norma vigente. A condição de conforto em relação às condições térmicas e nível de pressão sonora entre as creches foram iguais, porém houve diferença na condição de conforto entre os horários de coleta dos dados, sendo o período da manhã o mais confortável em ambas as creches.

**Palavras-chave:** construções rurais, leitões, gases, ruídos, ambiência térmica.

**Air Quality, sound pressure level and thermal environment of two  
swine nursery styles**

**Abstract:** Because of the importance of the ambiance in swine facilities, this work evaluates the air quality, the sound pressure level and the thermal environment of two distinct swine nursery styles. A randomized complete block design with split-plot scheme was used, in which the main plots were composed by the nurseries and the external environment, the subplots were the hours and the replications were the collection days. The air temperature data ( $^{\circ}\text{C}$ ), the relative humidity (%), and the black globe humidity index (BGHI) were collected throughout the day at 10 minute intervals, with the averages being compared by the Scott-Knott test at 5% probability. Instantaneous concentrations of ammonia (ppm), carbon dioxide (ppm) and sound pressure levels (dB(C)) were measured three times a day and analyzed on boxplot graphs. The gas concentrations and the sound pressure level didn't exceed the limits established by the current regulation. The thermal comfort and sound pressure levels were equal for both nursery types. There was variation in relation to the time of day that the data was collected, with the morning period being more comfortable for both nursery types.

**Keywords:** rural constructions, swine, gases, noise, thermal environment.

## INTRODUÇÃO

A fase de creche é fundamental no sistema de produção de suínos, pois nela praticamente se pré-determina a capacidade de desenvolvimento nas fases subsequentes (Kummer et al., 2009).

Nas instalações animais, as características do ambiente interno são analisadas por meio da termodinâmica, acústica e qualidade do ar (Rodrigues et al., 2011).

O ambiente térmico tem importância vital para o sucesso da atividade suinícola (Vieira et al., 2010). De acordo com Sousa Júnior et al. (2011) na fase de creche a temperatura de conforto situa-se entre 24 °C e 26 °C e a umidade relativa, entre 60% e 80%. Porém, segundo Tolon & Nääs (2005), o conforto animal é negligenciado nas instalações que são construídas em função dos custos e das facilidades para o tratador.

Visando quantificar a influência conjunta das principais variáveis que afetam o conforto térmico foram criados índices que apresentam, através de cálculos matemáticos, o grau de conforto de determinado animal. O índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) figura como um dos mais utilizados para avaliar as condições de conforto animal (Tolon & Nääs, 2005). Nunes et al. (2008) consideraram ITGU de 74,5 como ambiente termoneutro para a fase de creche (6 a 15 kg).

Em instalações suinícolas, o animal se encontra em um ambiente com altos níveis de gases, ruídos e poeira, que muitas vezes ultrapassam os limites exigidos para a manutenção do bem estar e saúde (Pandorfi et al., 2012). A amônia (NH<sub>3</sub>) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) estão entre os gases mais presentes nas instalações de suínos (Schimit et al., 2002).

A amônia é produzida durante a degradação biológica dos dejetos, e a sua volatilização é influenciada pelas altas temperaturas, velocidade do ar e pelo pH (Furtado et al., 2012).

A concentração de CO<sub>2</sub> em instalações de suínos na fase de creche é afetada pelo tipo de construção e manejo das cortinas (Banhazi et al., 2011). Chang et al. (2001) verificaram que, em instalações abertas, a presença dos gases é minimizada pelas características construtivas, resultando em menores concentrações quando comparadas às instalações fechadas.

Emissões vocais podem servir como indicador de qualidade de vida dos animais e como uma avaliação instantânea não invasiva de bem-estar animal (Düpjan et al., 2008). Neste sentido diversos estudos têm sido realizados para a avaliação do nível de pressão sonora e conforto ambiental nas instalações do ciclo produtivo dos suínos (Sampaio et al., 2007; Borges et al., 2010; Miranda et al., 2012; Castro et al., 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo a avaliação do conforto ambiental em duas diferentes tipologias de creches por meio da análise das condições térmicas, aéreas e acústicas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado nas instalações da Granja Niterói, localizada no município de Lavras-MG, altitude de 918 m, com coordenadas geográficas 21° 14' latitude sul e 45° 00' longitude oeste. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com temperatura média anual de 20,4 °C (Dantas et al., 2007).

A granja possui sistema de produção de suínos de ciclo completo, ou seja, os animais são confinados do nascimento ao abate.

O experimento foi desenvolvido no período de inverno em duas diferentes edificações de creche de suínos destinadas aos leitões com 21 dias de idade (desmame). Os leitões permaneceram nas instalações por 35 dias, até a idade de 56 dias. Os animais eram híbridos comerciais.

A ração, preparada na granja de acordo com as exigências nutricionais e consumo específico para a idade dos leitões, foi fornecida aos animais por meio de comedouro com distribuição automática. O fornecimento de água foi por meio de bebedouros automáticos tipo chupeta sem restrições no consumo.

As creches estão orientadas no sentido leste-oeste, possuem pilares metálicos com pé direito de 2,40 m, cobertura em duas águas com inclinação de 30%, telhas de cimento amianto de 6 mm de espessura suportadas por estrutura metálica, sem lanternim e beiral de 0,45 m, laterais abertas dotadas de lonas plásticas amarelas com altura regulável.

A cada três baias, a creche 1 é fechada até a cobertura por telhas onduladas translúcidas. Na creche 2 o fechamento é por meio de placas de concreto na mesma altura da baia (Figura 1).

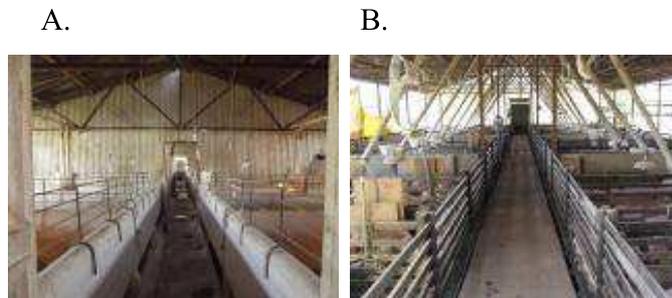


Figura 1. Interior da creche 1 (A); interior da creche 2 (B)

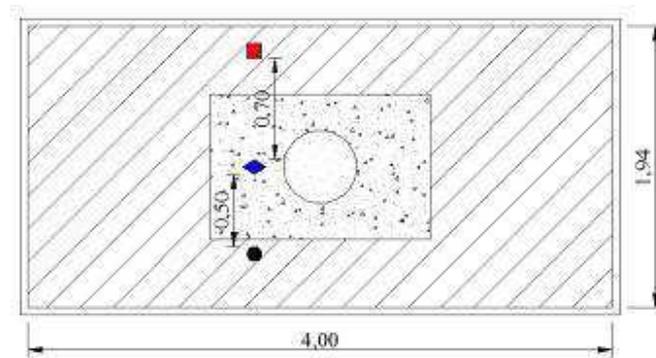
A creche 1 tem capacidade para alojar 720 leitões enquanto que a creche 2 comporta 576 leitões, sendo 24 leitões por baia (duas leitegadas).

A creche 1 possui 31,02 m de comprimento, 10,38 m de largura, corredor central de 0,90 m com 15 baias de 1,94 x 4,00 m de cada lado. Suspensas a 0,50 m do nível do solo, as baias são de alvenaria com 0,68 m de altura e grade metálica de proteção de 0,32 m de altura em cima da alvenaria ao redor da baia. O piso é vazado de metal com uma parte central de concreto 1,00 x 1,50 m onde se localiza o comedouro automático. O bebedouro é do tipo chupeta situado na lateral esquerda da baia. O sistema de aquecimento feito por meio de lâmpadas infravermelhas de 250 Watts e fixo a 0,40 m do comedouro, a uma altura de 0,55 m.

A creche 2 possui 23,61 m de comprimento, 10,10 m de largura, corredor central de 0,90 m com 12 baias de 1,94 x 4,00 m de cada lado. As baias são fechadas com ripas de madeira com 0,80 m de altura e piso vazado de polietileno no nível do corredor central. Abaixo do nível do piso há um fosso para dejetos de 1,50 m de profundidade. O comedouro, bebedouro e sistema de aquecimento estão situados conforme a creche 1.

Os dados para a avaliação da qualidade do ar, nível de pressão sonora e conforto térmico foram coletados em uma baia da creche 1 e em uma baia da creche 2 na orientação leste-oeste e com animais de igual idade.

A temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura do globo negro foram coletados automaticamente por meio de *dataloggers* da marca Hobo modelo U12-013 com acurácia de  $\pm 0,5$  °C, em intervalos de 10 minutos, por 24 horas, durante os 35 dias que os leitões permaneceram nas creches. Sensores foram acoplados aos *dataloggers* e inseridos no globo para a coleta da temperatura do mesmo. O *datalogger* e o globo foram instalados a uma altura de 0,80 m e 0,55 m respectivamente, sendo dispostos no interior da baia de acordo com a Figura 2, devido a localização do sistema de aquecimento. No ambiente externo a creche, também foram instalados o *datalogger* e globo na mesma altura que os instalados no interior das baias.




---

**Legenda**

	Hobo
	Lâmpada Infravermelha (sistema de aquecimento)
	Globo negro
	Comedouro
	Piso vazado
	Piso de concreto

---

Figura 2. Croqui com vista superior para a posição dos aparelhos de coleta nas baias. Unidade: m

Com os dados do ambiente térmico foi calculado o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) por meio da Eq.1 desenvolvida por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = T_{gn} + 0,36 T_{po} - 41,5 \quad (1)$$

em que,

$T_{gn}$  - temperatura do globo negro ( $^{\circ}C$ );

$T_{po}$  - temperatura do ponto de orvalho ( $^{\circ}C$ );

Segundo Ferreira (2011) para suínos na fase de creche, a temperatura do ar considerada ideal para caracterizar a condição de conforto deve

estar entre 22 e 26 °C e para a condição de estresse térmico por calor acima de 30 °C.

Utilizando o banco de dados do ambiente térmico obtido experimentalmente foi determinado o ITGU referente as temperaturas apresentadas por Ferreira (2011), a fim de caracterizar as condições de conforto e estresse térmico não só pela temperatura do ar mas também pelo ITGU.

A concentração instantânea de NH<sub>3</sub> foi obtida por meio de sensor da marca Testo<sup>®</sup> modelo 316-4 com “princípio eletroquímico” resolução de 1 ppm, acurácia de ± 1 ppm e faixa de medição de 0 a 100 ppm. Para a coleta dos dados de CO<sub>2</sub> foi utilizado o sensor da marca Testo<sup>®</sup> modelo 535 com “princípio infravermelho” resolução de 1 ppm, acurácia de ± 50 ppm e faixa de medição de 0 a 10.000 ppm.

O nível de pressão sonora (ruído) foi determinado na altura dos animais por meio do medidor de pressão sonora da marca Instrutherm<sup>®</sup> modelo DEC-460 resolução de 0,1 dB e precisão ± 1,5 dB na ponderação “C” conforme descrito por Borges et al. (2010).

Os gases e nível de pressão sonora foram coletados nos horários de 9:00 h, 12:00 h e 15:00 h, por 15 dias não consecutivos, durante o período experimental de 35 dias.

Para a análise estatística referente ao conforto térmico, ITGU, temperatura e umidade relativa do ar adotou-se o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, no qual as parcelas foram compostas pelas creches (1, 2 e ambiente externo), as subparcelas os horários (1 a 24 h), e as repetições os dias de coletas (15 dias). Os dados foram submetidos à análise de variância, empregando-se o teste “F” e as

médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância por meio do programa Sisvar<sup>®</sup> para as análises estatísticas (Ferreira, 2008).

Para a análise estatística dos gases e nível de pressão sonora foi utilizado o programa computacional SigmaPlot<sup>®</sup> 12.0 (SigmaPlot, 2012) composto de gráficos *boxplot*, com mediana, primeiro e terceiro quartil e inter-quartil por se tratar de dados não paramétricos.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A mediana da concentração de CO<sub>2</sub> na creche 1 foi maior que a mediana da concentração de CO<sub>2</sub> na creche 2 (Figura 3A). O mesmo foi observado ao verificar as concentrações de CO<sub>2</sub> entre os horários de coleta na creche 1 e 2 (Figura 4A). A mediana da concentração de NH<sub>3</sub> na creche 1 foi menor que a mediana da concentração de NH<sub>3</sub> na creche 2 (Figura 3B) assim como as medianas da concentração de NH<sub>3</sub> entre os horários de coleta na creche 1 e 2 (Figura 4B). Estatisticamente, não houveram diferenças para as medianas da concentração de CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> segundo o intervalo de confiança de 95%.

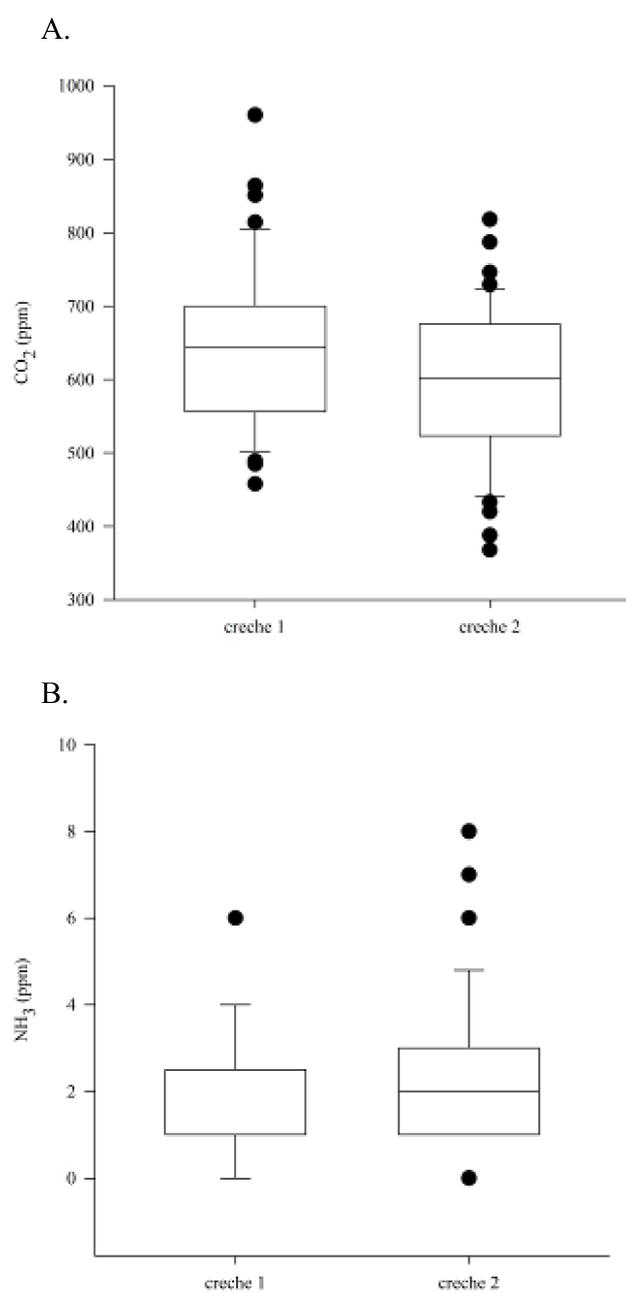


Figura 3. Concentrações de CO<sub>2</sub> (A) e NH<sub>3</sub> (B) nas creches 1 e 2

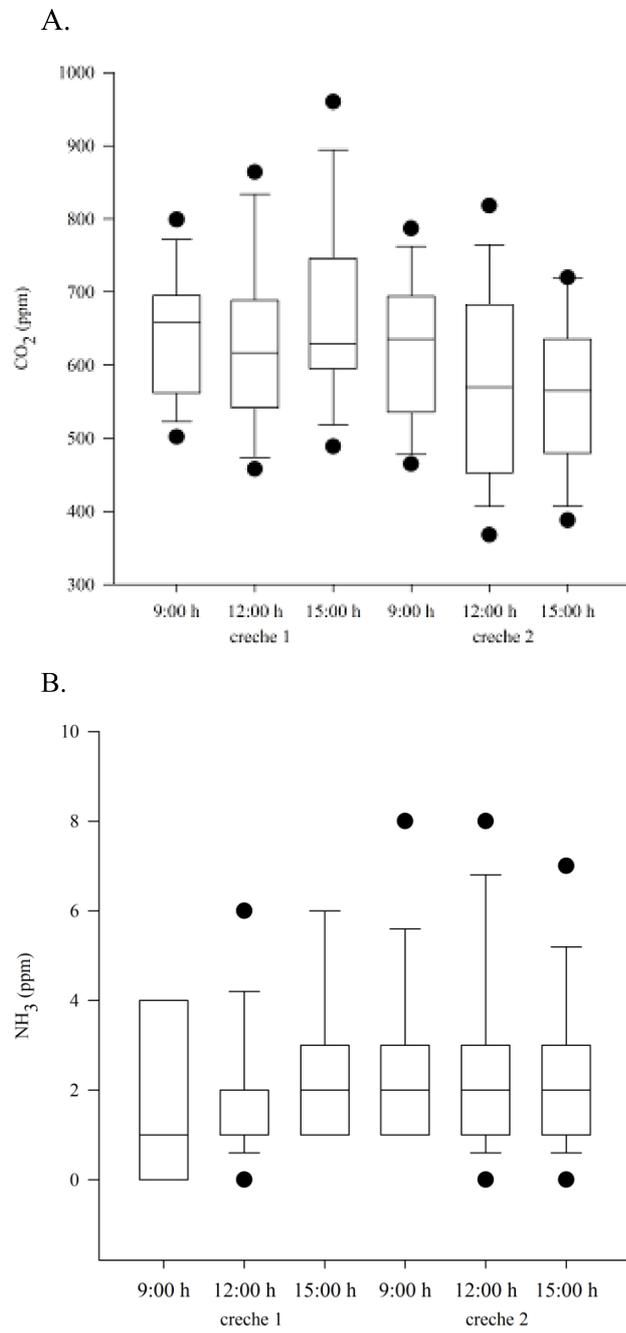


Figura 4. Concentrações de CO<sub>2</sub> (A) e NH<sub>3</sub> (B) nos horários de coleta nas creche 1 e 2

A maior concentração de CO<sub>2</sub> ocorreu na creche 1, de 960 ppm, às 15 h e, o menor valor, 458 ppm, às 12 h. Na creche 2, a maior concentração de CO<sub>2</sub> foi de 818 ppm e a menor de 368 ppm, ambos às 12 h (Figura 4A).

Para o NH<sub>3</sub>, a maior concentração na creche 1 foi de 6 ppm, às 12 e 15 horas e, na creche 2, 8 ppm às 9 e 12 h. Observa-se ausência de NH<sub>3</sub> na creche 1 às 9 e 12 h e na creche 2 às 12 e 15 h (Figura 4B).

Em relação aos animais, as concentrações de CO<sub>2</sub> estão abaixo dos 3000 ppm como recomendado por Nader et. al (2002) e as concentrações de NH<sub>3</sub> abaixo de 20 ppm, limite máximo recomendado pela CIGR (1994).

Ao estudarem a presença de gases em instalações de creche de suínos, Silveira et al. (2009) encontraram valores máximos da concentração de CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> de 1500 e 10 ppm, respectivamente, Banhazi et al. (2011) verificaram concentrações de CO<sub>2</sub> entre 750 ppm e 1050 ppm e Furtado et al. (2012) obtiveram valores médios da concentração de NH<sub>3</sub> de 5,2 ppm.

A diferença nas concentrações de CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> encontradas neste presente trabalho e entre os previamente citados da literatura deve-se a diferença da tipologia das instalações de creche e manejo de cortinas, uma vez que interferem na movimentação do ar e conseqüentemente, nas concentrações de gases presentes no interior dos galpões.

Os resultados de temperatura do ar, umidade relativa e ITGU estão apresentados a Tabela 1. Observa-se que, para as médias da temperatura do ar nos horários de coleta dos gases dentro das creches, e no ambiente externo, não houveram diferenças estatísticas.

A umidade relativa dentro das instalações foi maior estatisticamente que a umidade no ambiente externo, porém foram menores que 70%, valor considerado ideal segundo Ferreira (2011). O ITGU nas creches foi estatisticamente menor que o obtido no ambiente externo.

Tabela 1. Médias de temperatura do ar, umidade relativa do ar e ITGU nos ambientes: creche 1, creche 2 e ambiente externo

		Horário		
		9:00	12:00	15:00
Temperatura do ar (°C)	creche 1	24,30 a	29,35 a	29,81 a
	creche 2	24,03 a	29,09 a	29,87 a
	amb. Ext.	24,91 a	29,76 a	30,80 a
Umidade relativa do ar (%)	creche 1	59,57 a	44,44 a	39,41 a
	creche 2	58,73 a	42,47 a	36,07 a
	amb. Ext.	52,61 b	37,37 b	31,93 b
ITGU	creche 1	72,92 a	77,31 a	76,95 a
	creche 2	72,13 a	77,33 a	77,47 a
	amb. Ext.	80,82 b	87,91 b	77,22 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada variável analisada, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a nível de 5% de probabilidade

Os intervalos de ITGU para as condições de conforto, alerta e estresse térmico, obtidos utilizando o banco de dados do experimento, a partir das condições térmicas consideradas ideais para os animais na fase de creche de suínos proposta por Ferreira (2011) estão dispostos na tabela 2.

Tabela 2. Valores de ITGU obtidos a partir das condições térmicas consideradas ideais para os animais na fase de creche

Condição do animal	Temperatura (°C)	ITGU
Conforto	22 a 26 °C	71 a 76
Alerta	27 a 30 °C	77 a 82
Estresse	> 30 °C	> 82

Resultados semelhantes em condições de conforto térmico foram obtidos por Nunes et al. (2008) que encontraram valores de ITGU de 74,5 e Campos et al. (2008) com valores de ITGU entre 68,9 e 78,5.

Manno et al. (2005) em condições de estresse térmico obtiveram valores de ITGU de 84,9.

A relação entre a temperatura do ar ideal para as condições térmicas do animal e a concentração dos gases está disposta nas Figuras 5 e 6.

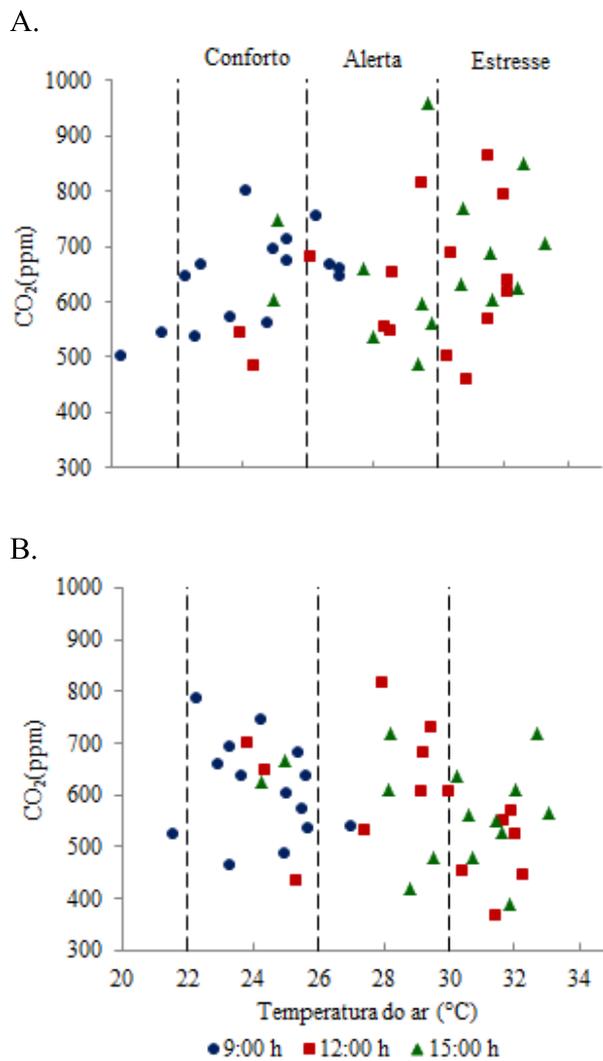


Figura 5. Concentrações de CO<sub>2</sub> em função das condições térmicas na creche 1 (A) e creche 2 (B)

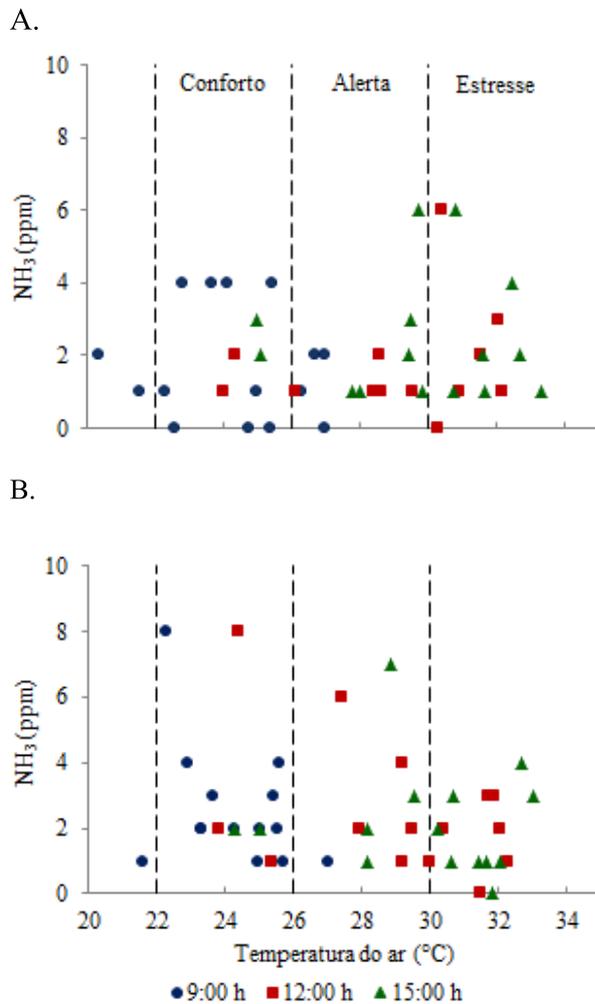


Figura 6. Concentrações de  $\text{NH}_3$  em função das condições térmicas na creche 1 (A) e creche 2 (B)

Obseva-se que, nas creches 1 e 2, a maioria das concentrações de  $\text{CO}_2$  e  $\text{NH}_3$ , coletadas às 9 horas, estão dentro da faixa de conforto (22 a 26 °C). Na creche 1, a maioria das concentrações observadas às 12 e 15 h estão dentro da faixa de estresse térmico (temperatura > 30 °C). Na creche 2, as concentrações de  $\text{CO}_2$  e  $\text{NH}_3$  às 12 h estão distribuídas entre a

faixa de alerta e estresse térmico e, às 15 h, a maioria das concentrações estão na faixa estresse.

O valor médio das concentrações de CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> obtidos para a condição de conforto, alerta e estresse térmico na creche 1 foram de 634 e 2 ppm, 651 e 1,6 ppm e, 667 e 2,5 ppm respectivamente. Na creche 2 as concentrações médias de CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> foram 622 e 2,9 ppm, 613 e 2,7 ppm e, 530 e 1,8 ppm.

Segundo Chang et al. (2001), as características construtivas, abertas e fechadas, interferem na concentração de poluentes nas instalações. Sampaio et al. (2006) avaliaram a concentração dos gases em duas tipologias de creche, sendo uma fechada por paredes de alvenaria a cada duas baias e com piso cimentado (G1) e outra com fechamento de alvenaria a cada 14 baias e com 2/3 do piso cimentado e 1/3 plástico perfurado (G2). Os autores verificaram que, no inverno, os teores de NH<sub>3</sub> foram mais altos na G1( creche mais fechada) do que na G2, sendo o menor valor médio, 4,1 ppm, obtido no período da manhã e o maior valor médio, 26,0 ppm, período da tarde.

Campos et al. (2009) encontraram, às 9, 12 e 15 horas, concentrações médias de CO<sub>2</sub> de 1204 e 1013 ppm, 997 e 876 ppm e 1006 e 956 ppm, a uma temperatura do ar média de 23, 27 e 29 °C, respectivamente, em duas creches de suínos de diferentes tamanhos.

A creche 1 fechada (baias de alvenaria) apresentou uma maior concentração de gases que creche 2 aberta (baias com divisórias de ripas espaçadas de madeira) estando de acordo com a literatura acima citada, assim como os valores das concentrações dos gases nas condições de conforto, alerta e estresse térmico.

Para os níveis de pressão sonora na altura dos animais, não houveram diferenças estatísticas entre as tipologias de creche (Figura 7A) e entre os horários de coletas (Figura 7B) para a mediana, segundo o intervalo de confiança de 95%. Os maiores níveis de pressão sonora obtidos na creche 1, às 9, 12 e 15 horas, foram de 77,8, 86,0 e 79,0 dB(C) respectivamente. Os menores valores nestes horários foram de 71,80, 65,2 e 66,0 dB(C), respectivamente.

Conforme a Figura 7, os maiores valores de ruído encontrados estão próximos a 85 dB, considerado como limite para suínos segundo o DEFRA (2003). De acordo com Tolon et al. (2010), para valores de pressão sonora acima de 85 dB, o animal pode ficar impossibilitado de desenvolver seu comportamento natural.

Borges et al. (2010), ao avaliarem o nível de pressão sonora em uma instalação de creche, encontraram valores entre 56,28 e 56,82 dB(C). Silva et al. (2007) encontraram valores entre 72 a 76 dB(A) para a mesma fase produtiva. Portanto os valores encontrados no presente trabalho estão próximos dos valores encontrados na literatura, usando a ponderação A ou C, e dentro do limite máximo para suínos recomendado pelo DEFRA (2003).

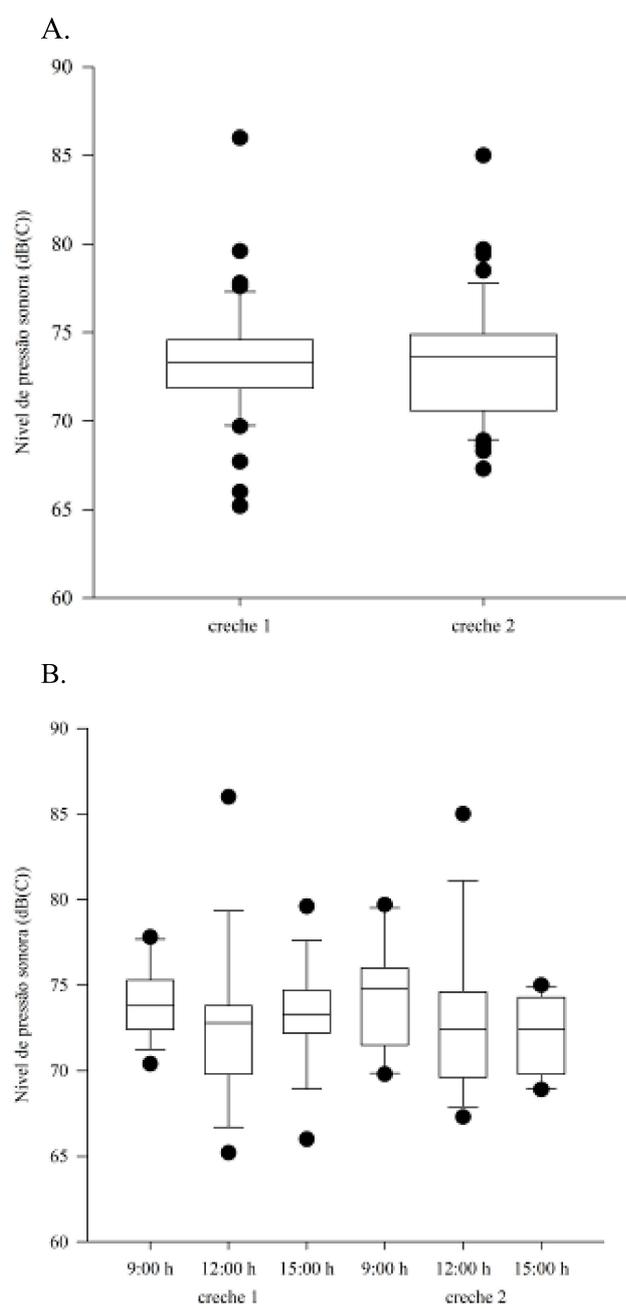
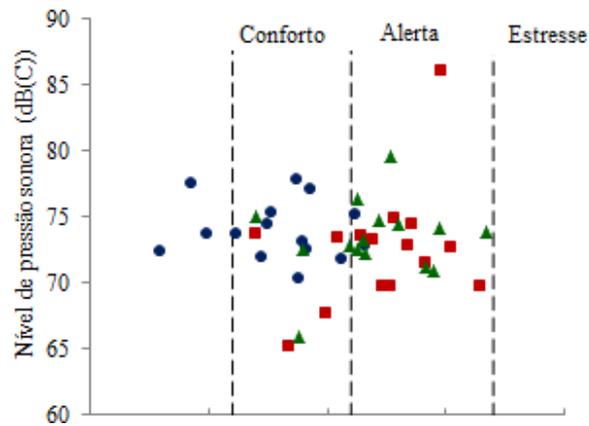


Figura 7. Nível de pressão sonora nas creches 1 e 2 (A) e entre os horários (B)

A relação entre o ITGU ideal para as condições térmicas do animal e o nível de pressão sonora (ruído) na altura dos mesmos está ilustrada na Figura 8.

A.



B.

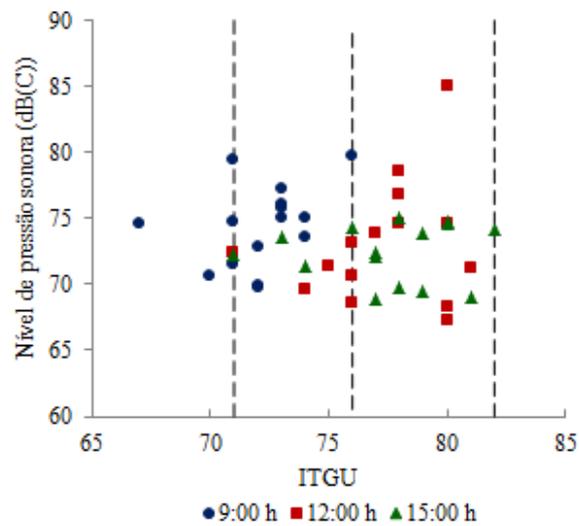


Figura 8. Níveis de pressão sonora em função do horário de coleta na creche 1 (A) e creche 2 (B), para as condições térmicas baseado no ITGU: Conforto (71 a 76) Alerta (77 a 82) e estresse térmico (>82)

O nível de pressão sonora nos horários das 9 e 12 h estão dentro da faixa de ITGU considerada como conforto térmico, nas creches 1 e 2. No horário de 15 h, os níveis de pressão sonora estão dentro da faixa definida como “alerta”.

Na creche 1, o maior nível de pressão sonora observado na faixa de conforto foi de 78 dB(C) e o menor 65 dB(C), na faixa de alerta 86 e 70 dB(C). Na creche 2, o maior nível de pressão sonora observado na faixa de conforto foi de 80 dB(C) e o menor 69 dB(C), na faixa de alerta 85 e 67 dB(C).

Miranda et al. (2012) consideram como condição de conforto a faixa de nível de pressão sonora de 70 a 75 dB(C), como condição de alerta, 60 a 70 dB(C) e como condição de estresse 55 a 60 dB(C), para suínos na fase de creche. Logo, os valores obtidos no presente trabalho para a faixa de conforto e alerta estão próximos da faixa de conforto considerada por Miranda et al. (2012).

## CONCLUSÕES

As concentrações dos gases dióxido de carbono e amônia e os níveis de pressão sonora nas instalações de creche estão abaixo do limite estabelecidos pelas normas vigentes.

Não houve diferença entre as duas tipologias de creche em relação à qualidade do ar, nível de pressão sonora e condições térmicas, porém houve diferença entre os horários de coleta de dados.

No período da manhã, as creches podem ser consideradas confortáveis para os animais no que diz respeito às condições térmicas e nível de pressão sonora.

No período da tarde, as creches proporcionam condição de estresse em relação às condições térmicas e estado de “alerta” em relação ao nível de pressão sonora.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores expressam seus agradecimentos à Granja Niterói pela parceria e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fapemig, pela concessão de bolsa de estudo e auxílio financeiro.

### **LITERATURA CITADA**

- Banhazi, T. M.; Stott P., Blanes-Vidal, V.; Pitchford, W. P. Air exchanges and indoor carbon dioxide concentration in Australian pig buildings: Effect of housing and management factors. *Biosystems Engineering*, v. 110, p. 272-279, 2011.
- Borges, G.; Miranda, K. O. D. S.; Rodrigues, V. C.; Risi, N. Uso da geoestatística para avaliar a captação automática dos níveis de pressão sonora em instalações de creche para suínos. *Engenharia Agrícola*, v. 30, p. 377-385, 2010.
- Buffington, D. E.; Collazo-Arocho, A.; Canton, G. H.; Pitt, D. Black globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. *American Society of Agricultural Engineers*, v. 24, p.711-714, 1981.
- Campos, J. A.; Tinôco, I. D. F. F., Baêta, F.; SILVA, J. N.; Carvalho, C. S.; Mauri, A. L. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. *Revista Ceres*, v.55, p.187-193, 2008.
- Campos, J. A.; Tinôco, I. F. F.; Baêta, F.; Cecon, P.; Mauri, A. Qualidade do ar, ambiente térmico e desempenho de suínos criados em creches

- com dimensões diferentes. *Engenharia Agrícola*, v.29, p.339-347, 2009.
- Castro, J. D. O.; Ferreira, R. A.; Campos, A. T.; Yanagi Junior, T.; Tadeu, H. C. Uso de ardósia na construção de celas de maternidade para suínos: II-Ambiente térmico e avaliação dos ruídos. *Engenharia Agrícola*, v. 33, p. 33-45, 2013.
- Chang, C. W.; Chung, H.; Huang, C. F.; Su, H. J. J. Exposure assessment to airborne endotoxin, dust, ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide in open style swine houses. *Ann Occup Hyg*, v.45, p.457-465, 2001.
- CIGR - Commission Internationale Du Génie Rural. Aerial environment in animal housing: concentrations in and emissions from farm buildings. Dublin, 1994. 116p.
- Dantas, A. A. A.; Carvalho, L. G.; Ferreira, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, p. 1862-1866, 2007.
- DEFRA - Department for Environment, Food & Rural Affairs. Code of Recommendations for the Welfare of Livestock: Pigs. London, 2003.
- Düpján, S.; Schön, P. Puppe, B.; Tuchscherer, A.; Manteuffel, G. Differential vocal responses to physical and mental stressors in domestic pigs (*Sus scrofa*). *Applied Animal Behaviour Science*, v. 114, p. 105-115, 2008.
- Ferreira, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*. v. 6, p. 36-41, 2008.
- Ferreira, R. A. *Maior produção com melhor ambiente: para aves, suínos e bovinos*. 2. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2011. 401 p.
- Furtado, D. A.; Amancio, D.; do Nascimento, J. W.; Gomes, J. P.; Silva, R. C. Thermal performance and concentration of gases in facilities for

- pigs in semiarid region from State of Paraíba-Brazil. *Engenharia Agrícola*, v. 32, p. 30-37, 2012.
- Kummer, R.; Gonçalves, M. A. D.; Lippke, R. T.; Marques, B.; Mores, T. Fatores que influenciam o desempenho dos leitões na fase de creche. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 37, p. 195-209, 2009.
- Manno, M. C., Oliveira, R. D., Donzele, J. L., Ferreira, A. S., Oliveira, W. D., Lima, K. D. S., Vaz, R. G. M. V. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 15 aos 30 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 6, p. 1963-1970, 2005.
- Miranda, K. O. D. S.; Borges, G.; Menegale, V. L. D. C.; Silva, I. J. O. D. Efeito das condições ambientais no nível de ruído emitido por leitões. *Engenharia Agrícola*, v.32, p.435-445, 2012.
- Nader, A.; Baracho, M.S.; Nääs, I.A.; Sampaio, C.A.P. Avaliação dos níveis de ruídos e da qualidade do ar (com relação à presença de gases e fungos) em creche de suínos. In *Seminário Poluentes Aéreos e Ruídos em Instalações para Produção de Animais*, 1., 2002, Campinas. *Anais... Campinas: FEAGRI/UNICCAMP*, 2002, p.49-56.
- Nunes, C. G. V.; Oliveira, R. F. M. D.; Donzele, J. L.; Siqueira, J. C. D.; Pereira, A. A.; Silva, B. A. N. Níveis de lisina digestível para leitões dos 6 aos 15 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 1, p. 84-88, 2008.
- Pandorfi, H.; Almeida, G. L. P.; Guiselini, C. Zootecnia de precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 13, p. 558-568, 2012.
- Rodrigues, V. C.; Silva, I. J. O.; Vieira, F. M. C.; Nascimento, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International journal of biometeorology*, v. 55, p.455-459, 2011.
- Sampaio, C. A. D. P.; Nääs, I. D. A.; Salgado, D. D. Amônia, gás sulfídrico, metano e monóxido de carbono na produção de suínos.

- Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.5, n.2, p. 156 -164, 2006.
- Sampaio, C. A. D. P.; Nääs, I. A.; Salgado, D. D. Queirós, M. P. G. Avaliação do nível de ruído em instalações para suínos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.11, p.436–440, 2007.
- Schmidt, D. R.; Jacobson, L. D.; Janni, K. A. Continuous monitoring of ammonia, hydrogen sulfide and dust emissions from swine, dairy and poultry barns. ASAE Paper, 2002.
- SigmaPlot. Systat Software. Version 12.0, 2012.
- Silva, K. O.; Nääs, I. D. A.; Tolon, Y. B.; Campos, L. S.; Salgado, D. D. Medidas do ambiente acústico em creche de suínos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, p.339–344, 2007.
- Silveira, N.; Naas, I.; Moura, D. D.; Salgado, D. Ambiência aérea em maternidade e creche de suínos. Engenharia Agrícola, v. 29, p. 348-357, 2009.
- Souza Júnior, V. R.; Abreu, P. G.; Coldebella, A.; Lopes, L. S.; Lima, G. J. M. M.; Sabino, L. A. breu, V.; Meira, C. Iluminação artificial no desempenho de leitões na fase de creche. Acta Scientiarum. Animal Sciences, v. 33, p. 403-408, 2011.
- Tolon, Y. B.; Nääs, I. A. Avaliação de tipos de ventilação em maternidade de suínos. Engenharia Agrícola, v. 25, p. 565-574, 2005.
- Tolon, Y. B.; Baracho, M. S.; Nääs, I. D. A.; Rojas, M.; Moura, D. J. D. Ambiência térmica aérea e acústica para reprodutores suínos. Engenharia Agrícola, v.30, p.1- 13, 2010.
- Vieira, R. D. F. N.; Silva, K. O.; Mello, S. D. P.; Martins, J. R. Índices de conforto na avaliação do bem estar animal de matrizes suínas em diferentes sistemas de criação. Nucleus Animalium, v. 2, p. 63-70, 2010.

**(VERSÃO PRELIMINAR)**

**ARTIGO 2 Índice *fuzzy* para o conforto térmico de suínos na fase de creche  
com base no comportamento**

Artigo redigido conforme norma da Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e  
Ambiental para submissão

### **Índice *fuzzy* para o conforto térmico de suínos na fase de creche com base no comportamento**

**Resumo:** O conforto térmico nas instalações de confinamento pode ser verificado por meio do comportamento dos animais diante das variações térmicas do local. Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho desenvolver e testar um modelo matemático computacional, com base na teoria dos conjuntos *fuzzy*, para prever a taxa de conforto térmico a partir do comportamento de leitões, em função da idade e do índice de temperatura do globo e umidade, em duas tipologias de creche. A creche 1 possui baias de alvenaria e piso vazado de metal e a creche 2 baias de ripas de madeira e piso vazado de plástico. A creche 2 apresentou uma maior frequência comportamental na condição de conforto que a creche 1, 39,32% e 38,16% respectivamente. Os valores da taxa de conforto térmico estimados pelo sistema *fuzzy* apresentaram desvio-padrão médio de 3,58% e coeficiente de determinação de 72,86%. O modelo *fuzzy* desenvolvido mostrou-se adequado para a predição da taxa de conforto térmico a partir do comportamento dos animais.

**Palavras-chave:** ambiência térmica, modelagem fuzzy, instalações para suínos, frequência comportamental.

***Fuzzy* index for swine thermal comfort at nursery stage based on  
behavior**

**Abstract:** Thermal comfort at the confinement facilities can be verified by means of the animal's behavior in accordance to the ambient thermal variation. Therefore the objective of this work was to develop and test a computational mathematical model, based on the *fuzzy* set theory, to predict the rate of thermal comfort by means of the swine behavior in relation to their age and to the black globe humidity index for two nursery types. Nursery 1 had brick stalls with fully slatted metal flooring, and nursery 2 had wooden stalls with fully slatted plastic flooring. Nursery style 2 presented a higher frequency of behavior in the condition comfort than nursery style 1, respectively 39,32% and 38,16%. The thermal comfort values for the *fuzzy* system were 3,58% for the standard deviation and 72,86% for the coefficient of determination. The developed *fuzzy* model has proven adequate in predicting thermal comfort by means of the animal's behavior.

**Keywords:** thermal environment, fuzzy model, swine confinement facilities, frequency of behavior.

## INTRODUÇÃO

As condições de conforto e bem-estar proporcionam influência no ambiente de criação intensiva, produzindo efeitos diretos na sanidade e produtividade animal (Pandorfi et al., 2007). Os animais demonstram conforto ou desconforto em relação ao ambiente através do comportamento (Sabino et al., 2011) sendo este, uma ferramenta utilizada para indicar o estado de bem estar dos animais (Penha et al., 2007).

A primeira reação de um suíno ao aumento da temperatura é a mudança no comportamento (Huynh et al., 2005). Diante de condições térmicas de frio tendem a se amontoarem sobre ou perto dos outros. Em condições de conforto, ao deitarem, quase se tocam e, em condições de calor ficam deitados espalhados (Xin, 1999; Sabino et al., 2011). Segundo Paiano et al. (2007) e Kiefer et al. (2010), em condições de estresse térmico, os suínos apresentam redução nos comportamentos comendo, em pé ou andando e fuçando.

Pereira et al. (2008) relatam que entender o comportamento dos animais e suas pequenas variações devido às mudanças térmicas do ambiente se faz necessário para desenvolver modelos que simulem o bem estar a partir das respostas do animal ao ambiente.

Neste sentido, técnicas matemáticas e sensores permitem processar muitas informações a respeito do processo produtivo, adicionando precisão às ações ligadas à produção animal (Nääs, 2011). A teoria dos conjuntos *fuzzy* é uma técnica matemática que está sendo utilizada para prever situações como, por exemplo, conforto ambiental das instalações (Tolon et al., 2010, Ponciano et al., 2011), parâmetros fisiológicos

(Ferreira et al., 2010, Nascimento et al., 2011, Ponciano et al., 2012) e taxa de ocupação (Campos et al., 2013).

A matemática *fuzzy* é uma estrutura muito flexível que permite a integração de diferentes tipos de informações para formalizar conclusões. A teoria lida com incertezas através do raciocínio em um nível semântico ou linguístico, fornecendo uma análise de regras e premissas que pode ser alterado ou atualizado de acordo com o conhecimento sobre o assunto (Ferraro et al., 2003).

Diante deste contexto, objetivou-se, com o presente trabalho, desenvolver e testar um modelo matemático computacional, com base na teoria dos conjuntos *fuzzy*, para prever o conforto térmico a partir do comportamento de leitões em função da idade e das variáveis térmicas em duas diferentes tipologias de creche.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nas instalações da Granja Niterói, localizada no município de Lavras-MG, altitude de 918 m, com coordenadas geográficas 21° 14 latitude sul e 45° 00 longitude oeste. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com temperatura média anual de 20,4 °C (Dantas et al., 2007).

A granja possui sistema de produção de suínos de ciclo completo, ou seja, os animais são confinados do nascimento ao abate.

O experimento foi desenvolvido no período de inverno em duas diferentes edificações de creche de suínos durante o período de 35 dias de

confinamento na instalação, ou seja, dos 21 (desmame) aos 56 dias de idade. Os animais eram híbridos comerciais.

A ração foi formulada de acordo com as exigências nutricionais e consumo específico para a idade dos leitões, fornecida aos animais por meio de comedouro com distribuição automática. O fornecimento de água foi por meio de bebedouros automáticos tipo chupeta sem restrições no consumo.

As creches estão orientadas no sentido leste-oeste, possuem pilares metálicos com pé direito de 2,40 m, cobertura em duas águas com inclinação de 30%, telhas de cimento amianto de 6 mm de espessura suportadas por estrutura metálica, sem lanternim e beiral de 0,45 m, laterais abertas dotadas de lonas plásticas amarelas com altura regulável.

A creche 1 possui 31,02 m de comprimento, 10,38 m de largura, corredor central de 0,90 m com 15 baias de 1,94 x 4,00 m de cada lado. As baias possuem divisórias de alvenaria com 0,68 m de altura e piso vazado de metal com a parte central de concreto onde se localiza o comedouro. A creche 2 possui 23,61 m de comprimento, 10,10 m de largura, corredor central de 0,90 m com 12 baias de 1,94 x 4,00 m de cada lado. As baias possuem divisórias de ripas de madeira com 0,80 m de altura e piso vazado de polietileno no nível do corredor central. Abaixo no nível do piso há um fosso para dejetos de 1,50 m de profundidade.

A cada três baias, a creche 1 é fechada até a cobertura por telhas onduladas translúcidas formando um microambiente. Na creche 2 o fechamento é de concreto, porém tem a mesma altura da baia (Figura 1).

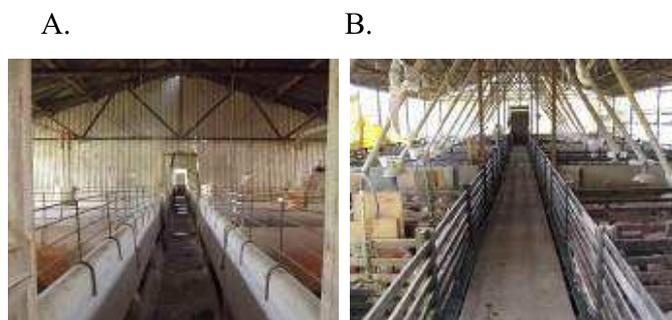


Figura 1. Interior da creche 1 (A); interior da creche 2 (B)

A creche 1 tem capacidade de alojar 720 leitões e a creche 2, 576 leitões, sendo 24 leitões por baia (duas leitegadas).

### **Comportamento**

Para avaliação do comportamento dos animais, foram observados, visualmente uma amostra de seis leitões em cada creche nas baias destinadas ao experimento. As observações foram realizadas em 10 dias não consecutivos, no horário de 7 às 17 horas, a cada 10 minutos.

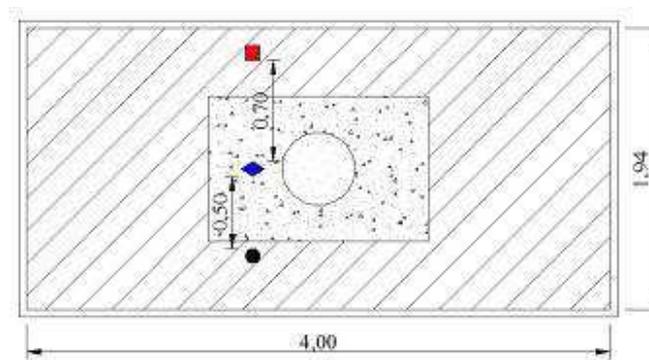
Os comportamentos quantificados foram baseados no etograma proposto por Campos et al. (2010) e Sabino et al. (2011) sendo eles: deitado (D) quando o animal estava deitado sozinho, aglomerado (AG) quando o animal estava deitado junto dos outros, fuçando (F), ingerindo (I), sentado (S), em pé/ andando (EA) e apresentando comportamento agonístico (CA). Os dados referentes às variáveis comportamentais foram analisados de forma não paramétrica.

Para avaliar a condição de conforto dos animais foi obtido o somatório das frequências dos comportamentos fuçando (F), ingerindo (I), sentado

(S), em pé/ andando (EA), por se tratarem de alguns dos comportamentos naturais dos animais (Hötzel et al., 2010).

### **Parâmetros ambientais**

Os dados de temperatura do ar, umidade relativa e temperatura do globo negro foram coletados automaticamente por meio de *dataloggers* da marca Hobo, modelo U12-013 com acurácia de  $\pm 0,5$  °C, em intervalos de 10 minutos, por 24 horas durante os 10 dias de observação comportamental. Sensores foram acoplados ao *dataloggers* e inseridos no globo negro para a coleta da temperatura do globo negro. O *datalogger* foi instalado a uma altura de 0,80 m e o globo negro a 0,55 m, sendo dispostos no interior da baía de acordo com a Figura 2, devido a localização do sistema de aquecimento.




---

**Legenda**


---

- Hobo
  - Lâmpada Infravermelha (sistema de aquecimento)
  - Globo negro
  - Comedouro
  - Piso vazado
  - Piso de concreto
- 

Figura 2. Croqui com vista superior para a posição dos aparelhos de coleta nas baias. Unidade: m

Com os dados do ambiente térmico foi calculado o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) por meio da Eq.1 desenvolvida por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 41,5 \quad (1)$$

em que,

$T_{gn}$ -temperatura do globo negro (°C);

$T_{po}$ -temperatura do ponto de orvalho (°C);

### **Modelagem *fuzzy***

Os dados do ambiente e a frequência do comportamento em condição de conforto térmico foram usados no desenvolvimento de um modelo matemático *fuzzy*, sendo definidas, como variáveis de entrada, a idade dos animais (dias) e o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU), por se tratarem de variáveis que influenciam diretamente na resposta comportamental dos animais. Com base nas variáveis de entrada e utilizando como referência os dados experimentais coletados durante as análises de campo, o modelo *fuzzy* prediz a variável de saída: taxa de conforto térmico dos animais com base no comportamento.

A partir dos dados coletados no experimento de campo para as duas tipologias de creche avaliadas, foram selecionados 115 conjuntos de dados, onde o comportamento característico de conforto térmico teve influência direta da idade e das condições do ambiente térmico. Deste total, 43% (50 conjuntos de dados) foram utilizados no desenvolvimento das funções de pertinências e das regras e 57% (65 conjuntos de dados) foram utilizados para teste do modelo desenvolvido.

A análise foi realizada utilizando 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, por meio do operador mínimo e, em seguida, pela superposição das regras pelo operador máximo (Ponciano et al., 2012).

A variável de entrada “Idade” foi ajustada em função do período de vida dos animais durante a condução do experimento [26; 56], sendo este intervalo dividido em cinco funções de pertinência (Tabela 1).

Para a variável ITGU o intervalo foi determinado com base nos dados térmicos observados [60; 84], divididos em oito funções de pertinência (Tabela 1).

Tabela 1. Conjuntos *fuzzy* para as variáveis de entrada

Variável	Conjuntos <i>fuzzy</i>
Idade	Idade 1 [26,0; 33,5]
	Idade 2 [26,0; 41,0]
	Idade 3 [33,5; 48,5]
	Idade 4 [41,0; 56,0]
	Idade 5 [48,5; 56,0]
ITGU	Nível 1 [60; 62]
	Nível 2 [60; 66]
	Nível 3 [62; 70]
	Nível 4 [66; 74]
	Nível 5 [70; 78]
	Nível 6 [74; 82]
	Nível 7 [78; 84]
	Nível 8 [82; 84]

Os domínios nos intervalos das variáveis de entrada são apresentados na Figura 3. O modelo de curvas de pertinência utilizado foi triangular, por se ajustar melhor aos dados das variáveis de entrada.

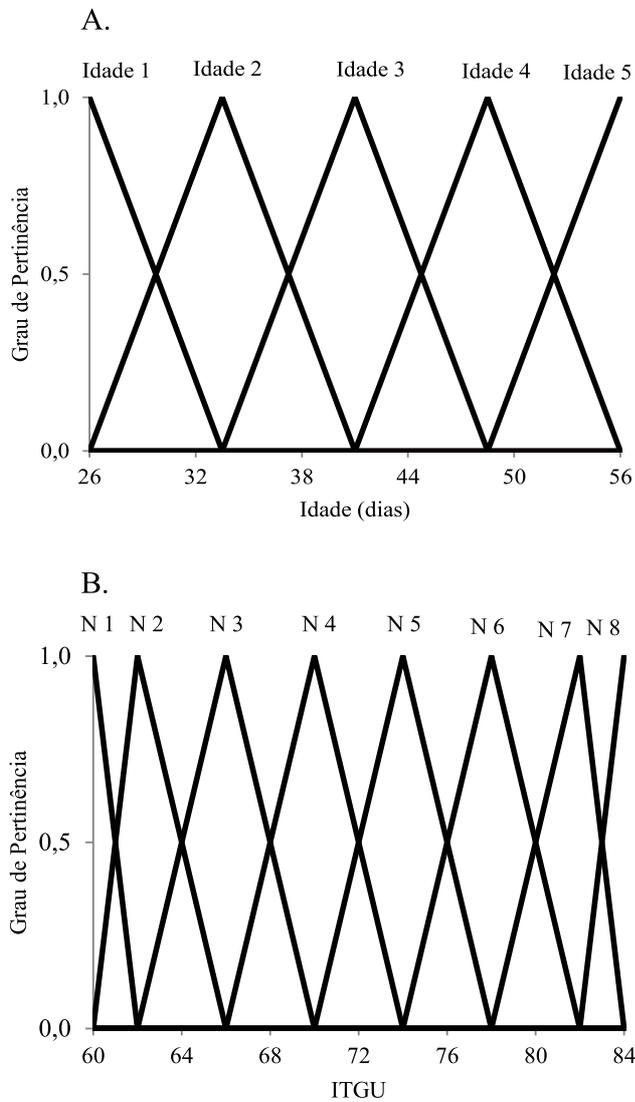


Figura 3. Curvas de pertinência para as variáveis de entrada Idade (A); e ITGU (B)

Para a variável de saída, taxa de conforto térmico (%), os dados de comportamento foram agrupados em função dos padrões comportamentais característicos relacionados ao conforto térmico: ingerindo, fuçando, sentado e em pé/andando. Estas características de

comportamento foram quantificadas em frequências e seus valores determinaram os intervalos para as funções de pertinência (Tabela 2).

Tabela 2. Intervalo dos conjuntos *fuzzy* para a variável de saída taxa de conforto térmico (%)

Conjuntos <i>fuzzy</i>	Intervalo
Grau 1	[0;14]
Grau 2	[0; 29]
Grau 3	[14; 43]
Grau 4	[29; 57]
Grau 5	[43; 71]
Grau 6	[57; 86]
Grau 7	[71; 100]
Grau 8	[86; 100]

Após teste preliminar de ajuste, foi utilizado modelo triangular para as funções de pertinência da variável de saída (Figura 4).

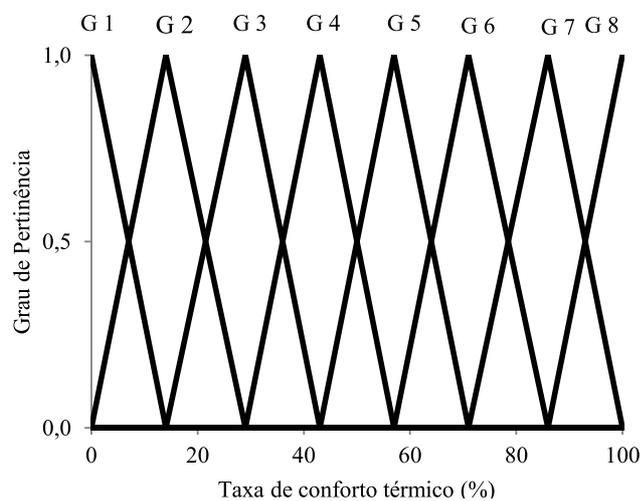


Figura 4. Curva de pertinência para a variável de saída taxa de conforto térmico (%)

O sistema de regras *fuzzy* foi criado com base no banco de dados obtidos experimentalmente, 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 diversos autores (Escobar & Galindo, 2004; Yanagi Junior et al., 2012; Schiassi et al., 2012). Estes especialistas possuem experiência em ambiência e comportamento animal, sendo que todos possuem mais de 10 anos de atuação nas respectivas áreas, caracterizando domínio sobre o tema. Esta característica é desejada de um especialista (Ayyub & Klir, 2006), tendo em vista sua influência direta na confiabilidade e na qualidade dos resultados (Martino, 1983; Preble, 1984; Taylor, 1988).

De acordo com as combinações dos dados de entrada, foram definidas 40 regras (Tabela 3) 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, este valor tem sido adotado em diversos modelos *fuzzy* reportados pela literatura (Ferreira et al., 2007; Cremasco et al., 2010; Schiassi et al., 2013).

Tabela 3. Composição do sistema de regras em função das variáveis de entrada: Idade e ITGU

Idade	ITGU							
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
Idade 1	G 4	G 5	G 5	G 3	G 1	G 2	G 4	G 3
Idade 2	G 2	G 2	G 4	G 5	G 5	G 2	G 2	G 1
Idade 3	G 7	G 8	G 6	G 2	G 3	G 3	G 3	G 2
Idade 4	G 1	G 2	G 4	G 2	G 3	G 3	G 3	G 3
Idade 5	G 2	G 3	G 4	G 3	G 3	G 4	G 3	G 2

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As frequências comportamentais dos leitões observados nas creches 1 e 2 estão dispostas na Figura 5. As frequências dos comportamentos ingerindo, fuçando, sentado, em pé/andando e comportamento agonístico, apresentam valores próximos entre as duas creches. O comportamento aglomerado foi maior na creche 1 e o deitado foi maior na creche 2.

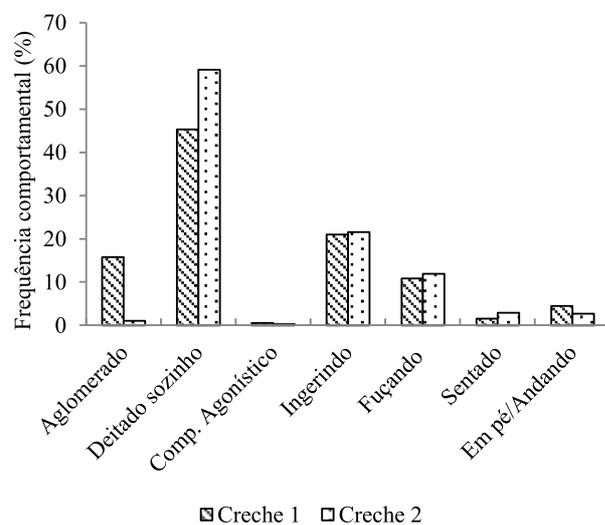


Figura 5. Frequência Comportamental (%) dos animais nas creches 1 e 2

O fato dos animais da creche 1 e 2 permanecerem a maior parte do tempo deitados sem encostar uns nos outros pode estar relacionado com o desconforto térmico da instalação, como relatado por Xin (1999) e Sabino et al. (2011). Outro ponto a ser observado é a frequência dos comportamentos naturais dos animais, ingerindo, fuçando, sentado e em pé/andando. Segundo Kiefer et al. (2010) a redução destes comportamentos pode estar relacionado com o desconforto do animal devido ao estresse térmico.

A condição de conforto observada por meio dos comportamentos ingerindo, fuçando, sentado e em pé/andando estão ilustrados na Figura 6. A creche 2 apresentou um maior percentual de frequência comportamental na condição de conforto que a creche 1, 39,32% e 38,16% respectivamente. Este percentual mostra que menos de 50% do período em que os animais permanecem na creche o ambiente está em condições de conforto.

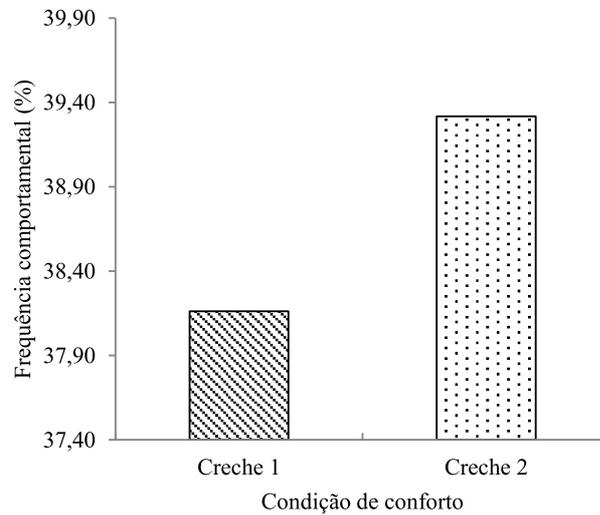


Figura 6. Frequência Comportamental (%) em condição de conforto nas creches 1 e 2

A taxa de conforto térmico obtido por meio do modelo *fuzzy*, assim como os valores observados experimentalmente e o desvio padrão estão dispostos na Tabela 4. O desvio padrão é uma medida da variabilidade ou dispersão dos dados, e quanto maior for maior será a dispersão dos dados.

O desvio padrão médio do modelo *fuzzy* em relação aos valores observados experimentalmente foi de 3,58%, sendo o desvio padrão maior encontrado de 8,32% e o menor de 0,33%.

Tabela 4. Comparação da taxa de conforto térmico (%) observados e simulados pelo modelo *fuzzy*

Idade (dias)	ITGU	Índice de conforto térmico (%)			Idade (dias)	ITGU	Índice de conforto térmico (%)		
		Medido	<i>fuzzy</i>	Desv. Padrão			Medido	<i>fuzzy</i>	Desv. Padrão
26	60	36,11	43,00	4,87	42	76	33,33	28,62	3,34
26	67	52,78	47,74	3,56	47	69	44,44	33,34	7,85
26	71	30,56	24,33	4,40	47	75	27,78	28,65	0,62
26	74	2,78	4,33	1,10	47	78	25,00	28,65	2,58
26	62	55,56	57,00	1,02	47	80	27,78	28,62	0,59
26	75	11,11	9,87	0,87	47	81	27,78	28,65	0,62
26	79	25,00	23,24	1,25	47	82	38,89	28,65	7,24
28	75	22,22	27,76	3,92	49	72	16,67	21,50	3,42
28	78	25,00	14,35	7,53	49	75	38,89	29,99	6,29
28	71	41,67	33,44	5,82	49	81	30,56	29,99	0,40
28	77	25,00	26,90	1,35	49	82	30,56	28,67	1,34
28	81	36,11	33,29	2,00	49	83	36,11	26,95	6,48
33	63	20,00	25,06	3,58	49	73	36,11	24,56	8,16
33	77	38,89	27,49	8,06	49	74	19,44	28,67	6,52
33	78	16,67	14,33	1,65	49	79	19,44	29,99	7,46
33	80	13,89	18,45	3,23	49	78	33,33	29,93	2,41
33	70	58,33	53,63	3,32	54	67	44,44	33,43	7,79
33	81	25,00	17,70	5,16	54	70	22,22	24,34	1,50
35	67	47,22	43,81	2,41	54	73	19,44	24,53	3,60
35	74	47,22	49,04	1,28	54	79	44,44	38,42	4,26
35	71	50,00	43,52	4,59	54	75	33,33	32,68	0,46
35	70	41,67	45,10	2,43	54	66	44,44	43,00	1,02
35	75	36,11	42,05	4,20	54	68	25,00	30,98	4,23
35	72	50,00	41,62	5,93	54	71	36,11	24,34	8,32
40	77	36,11	31,81	3,04	54	74	22,22	28,65	4,54
40	75	33,33	31,81	1,08	54	77	36,11	38,42	1,63
40	74	41,67	34,22	5,26	54	78	38,89	38,42	0,33
40	78	33,33	26,26	5,00	56	72	38,89	28,62	7,26
40	73	33,33	30,04	2,33	56	80	38,89	35,62	2,31
42	72	19,44	21,50	1,45	56	74	30,56	28,67	1,34
42	79	36,11	28,65	5,28	56	81	27,78	32,66	3,45
42	80	36,11	28,62	5,30	56	78	44,44	43,00	1,02
42	73	27,78	24,56	2,27					

Média = 3,58

Para medir a qualidade do modelo em relação a sua capacidade para estimar corretamente os valores da variável resposta foi calculado o coeficiente de determinação ( $R^2$ , %) como apresentado na Figura 7. O  $R^2$  encontrado mostrou que 72,86% da variação pode ser explicada pelo modelo.

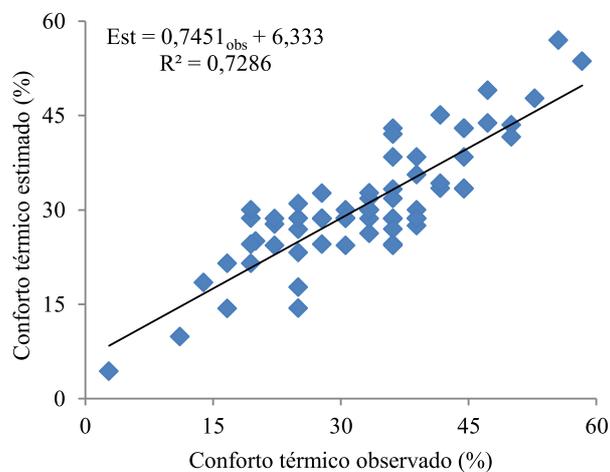


Figura 7. Frequência comportamental (%) para a taxa de conforto térmico

Campos et al. (2013) encontraram em seus estudos sobre taxa de ocupação em instalações de gado de leite, um desvio-padrão médio de 3,93% e coeficiente de determinação de 75,45% demonstrando a eficiência do modelo desenvolvido para os dados simulados.

Castro et al. (2012) ao estimarem o peso de ovos de codornas japonesas obtiveram um coeficiente de determinação de 66,80%. Segundo os autores o modelo *fuzzy* desenvolvido possibilita estimar de forma realística o peso dos ovos.

Ponciano et al. (2012) ao desenvolverem um modelo *fuzzy* para a predição do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte encontraram os respectivos desvios-padrão 4,31 g, 4,76 g e 0,02 g g<sup>-1</sup> assim como os seguintes coeficientes de determinação 99,8, 99,5 e 97,6%, mostrando adequado para a predição das variáveis analisadas.

O coeficiente de determinação do presente trabalho foi maior que o encontrado por Castro et al. (2012), menor que os encontrados por Ponciano et al. (2012) e próximo dos obtidos por Campos et al. (2013).

Baseando-se na literatura exposta e no valor do coeficiente de determinação encontrado (72,86%) o modelo desenvolvido estima satisfatoriamente os valores da variável resposta, podendo ser utilizado para a verificação do conforto térmico em instalações de creches de suínos.

## CONCLUSÕES

O comportamento dos animais pode ser utilizado para caracterizar a condição de conforto térmico das instalações.

Com base na análise de comportamento, os leitões de ambas as creches permaneceram menos de 50% do período de confinamento em condição de conforto, sendo a creche 2 mais confortável que a creche 1.

O modelo *fuzzy* desenvolvido em função da idade dos leitões e do ITGU mostrou-se adequado para a predição da taxa de conforto térmico a partir do comportamento dos animais apresentando baixo desvio padrão e alta correlação com os dados medidos durante a condução do experimento de campo, podendo ser utilizada como ferramenta de auxílio na tomada

de decisão quanto a alterações do ambiente térmico, evitando perdas e proporcionando melhores índices produtivos.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores expressam seus agradecimentos à Granja Niterói pela parceria e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fapemig, pela concessão de bolsa de estudo e auxílio financeiro.

#### **LITERATURA CITADA**

- Ayyub, B.M.; Klir, G.J. Uncertainty modeling and analysis in engineering and the sciences. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2006. 378 p.
- Buffington, D. E.; Collazo-Arocho, A.; Canton, G. H.; Pitt, D. Black globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. American Society of Agricultural Engineers, v. 24, p.711-714, 1981.
- Campos, A. T., Castro, J. D. O., Schiassi, L., Yanagi Junior, T., Pires, M. D. F. Á., Mattioli, C. C. Prediction of free-stall occupancy rate in dairycattle barns through fuzzy sets. Engenharia Agrícola, v. 33, p.1079-1089, 2013.
- Campos, J. A., de FF Tinôco, I., Fabyano, F., Pupa, J. M., Silva, I. J. Enriquecimento ambiental para leitões na fase de creche advindos de desmame aos 21 e 28 dias. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 5, p. 272-278, 2010.
- Castro, J. D. O., Veloso, A. V., Yanagi Junior, T., Fassani, E. J., Schiassi, L., & Campos, A. T. Estimate of the weight of japanese quail eggs through fuzzy sets theory. Ciência e Agrotecnologia, v. 36, p. 108-116, 2012.
- Cornelissen, A.M.G.; Van Den Berg, J.; Koops, W.J.; Kaymak, U. Eliciting expert knowledge for fuzzy evaluation of agricultural

- production systems. Rotterdam: Erasmus Research Institute of Management, 2002. (Report, ERS-2002-108-LIS
- Cremasco, C.P.; Gabriel Filho, L.R.A.; Cataneo, A. Metodologia de determinação de funções de pertinência de controladores fuzzy para a avaliação energética de empresas de avicultura de postura. *Revista Energia na Agricultura*, v. 25, p.21-39, 2010.
- Dantas, A. A. A.; Carvalho, L. G.; Ferreira, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, p. 1862-1866, 2007.
- Escobar, C.; Galindo, J. Fuzzy control in agriculture: simulation software. In: *Industrial Simulation Conference*, 2004, Malaga. p.45-49.
- Ferraro, D. O., Ghera, C. M., Sznajder, G. A. Evaluation of environmental impact indicators using fuzzy logic to assess the mixed cropping systems of the Inland Pampa, Argentina. *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 96, p. 1-18, 2003.
- Ferreira, L., Junior, T. Y., Lopes, A. Z., Lacerda, W. S. Desenvolvimento de uma rede neuro-fuzzy para predição da temperatura retal de frangos de corte. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, v. 17, p. 221-233, 2010.
- 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*, Beijing, v.9, p.1-16, 2007.
- Huynh, T.T.T.; Aarnink, A. J. A.; Gerrits, W. J. J.; Heetkamp, M. J. H.; Canh, T.T.; Spoolder, H.A.M.; Kemp, B.; Verstegen, M.W.A. Thermal behavior of growing pigs in response to high temperature and humidity. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v. 91, p.1-16, 2005.

- Hötzel, M.J.; Nogueira, S.S.C.; Machado Filho, L.C.P. Bem-estar de animais de produção: das necessidades animais às possibilidades humanas. *Revista de Etologia*, São Paulo, v. 9, p. 1-10, 2010.
- Kiefer, C., de Moura, M. S., da Silva, E. A., dos Santos, A. P., Silva, C. M., da Luz, M. F., Nantes, C. L. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 11, p. 496-504, 2010.
- Martino, J.P. *Technological forecasting for decision making*. New York: Elsevier, 1983. 386 p.
- Nääs, I. Uso de técnicas de precisão na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.358-364, 2011.
- Nascimento, G. R. D., Pereira, D. F., Nääs, I. D. A., Rodrigues, L. H. Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. *Engenharia Agrícola*, v.31, p.219-229, 2011.
- Paiano, D., Barbosa, O. R., Moreira, I., Quadros, A. R. B., Silva, M. A. A., Oliveira, C. A. L. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 29, p. 345-351, 2007.
- Pandorfi, H., Silva, I. J., Guiselini, C., Piedade, S. M. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. *Engenharia Agrícola*, v. 27, p.83-92, 2007.
- Penha, N. L., Oliveira, S. C., & Pereira, D. F. Análise de correlação entre comportamentos de matrizes pesadas e variáveis ambientais/Analysis of correlation between behaviors of broiler breeders and environment variables. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v.1, p. 209-217, 2007.
- Pereira, D. F., Bighi, C. A., Gabriel Filho, L. R. A., Gabriel, C. P. Sistema fuzzy para estimativa do bem-estar de matrizes pesadas. *Engenharia Agrícola*, v. 28, p. 624-633, 2008.

- Ponciano, P. F., Lopes, M. A., Yanagi Junior, T., Ferraz, G. A. S. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. *Archivos de Zootecnia*, v. 60, p.1-13, 2011.
- 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, 446-458, 2012.
- Preble, J. F. The selection of Delphi panels for strategic planning purposes. *Strategic Management Journal*, Sussex, v. 5, p.157-170, 1984.
- Sabino, L. A., Sousa Júnior, V. R., Abreu, P. G., Abreu, V. M., Lopes, L. D. S., Coldebella, A. Comportamento suíno influenciado por dois modelos de maternidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 1321-1327, 2011.
- Schiassi, L.; Yanagi Junior, T.; Alves Damasceno, F.; Osorio Saraz, J. A.; Silva Machado, N. Fuzzy modeling applied to the welfare of poultry farms workers. *Dyna*, v. 79, p. 127-135, 2012.
- Schiassi, L., Melo, N. S. M., Tavares, G. F., Souza, Í. P., Araújo, H. B., Della Giustina, C. Modelagem fuzzy em parâmetros de bem-estar humano. *Revista Nativa*, v. 1, p. 8-12, 2013.
- Taylor, J. Delphi method applied to tourism. In: Wittis, M. L. *Tourism marketing and management handbook*. New York: Prentice Hall, 1988, p.95-99.
- Tolon, Y. B.; Baracho, M. S.; Nääs, I. D. A.; Rojas, M.; Moura, D. J. D. Ambiência térmica aérea e acústica para reprodutores suínos. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.1- 13, 2010.
- Xin, H. Assessing swine thermal comfort by image analysis of postural behaviors. *Journal of animal science*, v. 77, p. 1-9, 1999.

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)**