

NICOLY FARIAS GOMES

**SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO PARA SUÍNOS NAS FASES DE
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO NO SEMIÁRIDO**

**RECIFE
JULHO/2018**

**SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO PARA SUÍNOS NAS FASES DE
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO NO SEMIÁRIDO**

NICOLY FARIAS GOMES

Orientador: **Prof. Dr. HÉLITON PANDORFI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

RECIFE
JULHO/2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

G633s Gomes, Nicolý Farias
Sistemas de climatização para suínos nas fases de crescimento e terminação
no semiárido / Nicolý Farias Gomes. – 2018.
90 f. : il.

Orientador: Héilton Pandorfi.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências.

1. Suíno - Criação 2. Suínos – Comportamento 3. Bioclimatologia
4. Resfriamento evaporativo I. Pandorfi, Héilton, orient. II. Título

CDD 631

NICOLY FARIAS GOMES

**SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO PARA SUÍNOS NAS FASES DE
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO NO SEMIÁRIDO**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em 31 de Julho de 2018.

Orientador:

Prof. Dr. Héilton Pandorfi
DEAGRI - UFRPE

Examinadores:

Prof. Dr. José Antônio Delfino Barbosa Filho
UFC

Profa. Dra. Mônica Calixto Ribeiro de Holanda
UAST - UFRPE

Profa. Dra. Cristiane Guiselini
DEAGRI - UFRPE

Aos meus pais, Maria das Neves e Ivan Gomes.

*Eu nunca saberei descrever todo o amor,
gratidão e respeito que sinto por vocês.
Obrigada por serem minha base, e por
ultrapassarem a barreira do possível
por mim. É por vocês, e sempre será!*

Aos meus padrinhos, Maria Dalva e João Guilherme.

Por todo suporte, por todo carinho.

OFERECIMENTO E DEDICATO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por me proteger e iluminar, me dando força e coragem para vencer os obstáculos durante esse percurso.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo acolhimento durante minha trajetória acadêmica, desde a graduação até a realização do mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE pela oportunidade de realizar este curso de mestrado.

Ao professor Dr. Héilton Pandorfi, pela orientação atenciosa, pela amizade, confiança, incentivo e entusiasmo na execução deste trabalho, responsável pelo meu crescimento pessoal e científico.

À professora Dra. Mônica Calixto, por todo suporte, dedicação, e por todos os ensinamentos, estando sempre à disposição.

Ao professor Marco Aurélio de Holanda por toda a assistência durante e depois da realização do experimento, pelos ensinamentos, pela disponibilidade e atenção.

Aos professores Cristiane Guiselini e Gledson Almeida, pelas sugestões e ensinamentos para engrandecimento deste trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos e valiosas contribuições.

À Janice Coelho pela cooperação na instalação e condução do experimento a campo, por dividir as incríveis experiências, pela convivência tranquila pela amizade e pelos conhecimentos compartilhados.

Ao GPESA (Grupo de Pesquisa em Ambiente – UFRPE) pelo apoio, ambiente agradável e de constante crescimento.

Aos queridos Pedro Henrique, Sávio Cavalcante, Rodes Batista, Jairo Cordeiro, Luiz Antônio, Renan Silva e Marcos Vinicius pela ciência que são, e pela amizade.

A Martinho Lima, pela paciência, pelo cuidado, e por estar ao meu lado.

À Raíssa Antunes, Oucilane Ingrit, e Diego Souza, pela amizade, cumplicidade contribuições inestimáveis e presença, mesmo quando havia distância.

À Ana Tercília e Pâmela Pedrosa, por todo esforço em contribuir com o enriquecimento deste trabalho.

Aos meus irmãos, Rafaela Farias e Rafael Farias, pelo amor e pelo apoio incondicional.

Ao GESA (Grupo de Estudos em Suínos e Aves – UFRPE/UAST) através de Jadiane Maria de Lima, Elys Barbosa, Álvaro Amaral, Teofilo Severo, Adiel Lima e Maciel Morato, pelas contribuições inestimáveis.

Aos queridos Sr. Tito, Fábio, Sr. Zé Maria, e Sr. Cícero, que com todo carinho e boa vontade não nos pouparam ajuda, durante a instalação e execução do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos para a realização do curso de mestrado.

SUMÁRIO

| | Págs. |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE TABELAS | x |
| INTRODUÇÃO | 14 |
| OBJETIVOS | 16 |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| Bem-estar animal dos animais de produção | 17 |
| Instalações para suínos | 19 |
| Conforto térmico animal | 20 |
| Índices de Conforto térmico | 22 |
| Processos de troca de energia | 24 |
| Respostas fisiológicas..... | 25 |
| Indicadores comportamentais | 28 |
| Inter-relação genótipo ambiente | 30 |
| Gene Halotano | 31 |
| Sistemas de climatização..... | 32 |
| Imagens térmicas como ferramenta diagnóstico..... | 35 |
| METODOLOGIA | 38 |
| Sistemas de climatização..... | 39 |
| Instalações..... | 40 |
| Manejo dos animais | 41 |
| Levantamentos dos dados | 43 |
| Determinação das variáveis meteorológicas..... | 43 |
| Determinação dos índices de conforto..... | 44 |
| Determinação das variáveis fisiológicas | 45 |
| Desempenho dos animais..... | 47 |
| Determinação das variáveis comportamentais | 48 |
| Delineamento experimental | 50 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 51 |
| Temperatura e umidade relativa do ar | 51 |

| | |
|---|----|
| Índices de conforto térmico para suínos | 55 |
| Variáveis fisiológicas..... | 61 |
| Desempenho..... | 64 |
| Análise Comportamental..... | 66 |
| CONCLUSÕES | 69 |
| REFERÊNCIAS..... | 69 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localização da Estação Experimental em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil | 38 |
| Figura 2. Baia sem climatização (A); baia com ventilação forçada (B); baia com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (C) | 39 |
| Figura 3. Instalação: Representação gráfica tridimensional | 40 |
| Figura 4. Instalação: Vista lateral tridimensional em representação gráfica..... | 41 |
| Figura 5. Comedouro semiautomático em chapa metálica galvanizada | 41 |
| Figura 6. Representação gráfica dos animais nas baias | 42 |
| Figura 7. Disposição das baias experimentais na instalação | 42 |
| Figura 8. Câmera Termográfica FLIR i60 | 46 |
| Figura 9. Aferição da temperatura retal do suíno (A); Captura da imagem termográfica para determinação da temperatura superficial (B)..... | 46 |
| Figura 10. Imagem termográfica do animal com transepto representativo da temperatura média superficial analisada pelo <i>software</i> FLIR <i>Tools</i> | 47 |
| Figura 11. Estrutura de contenção com balança acoplada para pesagem dos animais | 47 |
| Figura 12. Retirada do excedente de ração durante o turno (A); pesagem da ração excedente (B) | 48 |
| Figura 13. Variação média horária da temperatura e umidade relativa do ar nas fases de crescimento (A e B) e terminação (C e D) | 52 |
| Figura 14. Relação funcional da temperatura e umidade relativa do ar entre o galpão e as baias equipadas com ventilação (A e B), e testemunha (C e D) na fase de crescimento | 54 |
| Figura 15. Relação funcional da temperatura e da umidade relativa do ar entre o galpão e as baias equipadas com ventilação (A e B), e testemunha (C e D) na fase de terminação | 55 |
| Figura 16. Variação média horária dos índices de conforto térmico nas fases de crescimento ITGU (A), CTR (C), h (E), ITU (G) e terminação ITGU (B), CTR (D), h (F), ITU (H) | 57 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Etograma comportamental para suínos durante as fases de crescimento e terminação | 49 |
| Tabela 2. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação dos índices de conforto na fase de crescimento | 59 |
| Tabela 3. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação dos índices de conforto na fase de terminação | 59 |
| Tabela 4. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis fisiológicas dos animais na fase de crescimento..... | 62 |
| Tabela 5. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis fisiológicas dos animais na fase de terminação | 63 |
| Tabela 6. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis de desempenho dos animais nas fases de crescimento e terminação | 66 |
| Tabela 7. Frequência (Freq) e percentual (Perc) do tempo despendido na expressão dos comportamentos dos animais na fase de crescimento | 67 |
| Tabela 8. Frequência (Freq) e percentual (Perc) do tempo despendido na expressão dos comportamentos dos animais na fase de terminação | 68 |

GOMES, NICOLY FARIAS. Ma. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO. JULHO DE 2018. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO PARA SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO NO SEMIÁRIDO.

RESUMO

A presente pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a influência de sistemas de climatização e seus efeitos nas respostas fisiológicas, no comportamento e no desempenho produtivo de suínos confinados, assim como a caracterização térmica das instalações nas fases de crescimento e terminação dos animais. O experimento foi conduzido no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES-UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Foram utilizados 27 suínos com 63 dias de idade, provenientes de matrizes $\frac{3}{4}$ Duroc, $\frac{1}{4}$ Pietrain, cobertas por macho Duroc. O experimento ocorreu entre setembro e novembro de 2017, totalizando 74 dias de registro de dados. Os animais foram submetidos a baias sem climatização, baias com ventilação forçada e baias com sistema de resfriamento adiabático evaporativo. Durante todo o período experimental, registrou-se as variáveis meteorológicas, temperatura do bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$), para a caracterização térmica no alojamento dos animais por meio da carga térmica radiante (W m^{-2}), índice de temperatura e umidade, índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e entalpia específica (kJ kg^{-1} de ar seco); as respostas fisiológicas, frequência respiratória (mov min^{-1}), temperatura retal ($^{\circ}\text{C}$) e temperatura de superfície ($^{\circ}\text{C}$); as variáveis comportamentais e de desempenho dos animais, ganho de peso (kg), peso vivo (kg), consumo diário de ração (kg dia^{-1}) e conversão alimentar (kg kg^{-1}). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e nove repetições. O resfriamento evaporativo manteve os valores dos índices de conforto, da frequência respiratória (FR) e da temperatura retal (TR) dos animais, dentro da faixa de conforto, durante o período em que o sistema se manteve acionado (08h00 às 18h00). Os animais alojados nas baias com resfriamento evaporativo apresentaram melhor desempenho e reduziram em 23 dias a idade em que se alcançou o peso de abate. Os suínos submetidos ao resfriamento evaporativo apresentaram maior frequência de atividade

ingestiva, comportamento exploratório e ampla expressão letárgica, típica das fases de criação estudadas.

Palavras-chave: ambiência animal, conforto térmico, suinocultura, climatização.

**GOMES, NICOLY FARIAS. Ma. FEDERAL UNIVERSITY OF PERNAMBUCO.
JULY 2018. CLIMATIZATION SYSTEMS FOR SWINE IN THE GROWTH AND
ENDING STAGES IN THE SEMI-ARID.**

ABSTRACT

The present research was carried out with the objective of evaluating the influence of climatization and data systems in the physiological systems, without the performance and the productive performance of confined pigs, as well as the characterization of the facilities in the stages of growth and termination of the animals. The experiment was conducted at the Experimentation Laboratory with Supplements of the Academic Unit of Serra Talhada (BES-UAST) of the Federal Rural University of Pernambuco. A total of 27 days at 63 days of age were derived from $\frac{3}{4}$ Duroc, $\frac{1}{4}$ Pietrain matrices, covered by Duroc male. The experiment appeared between September and November 2017, totaling 74 days of data recording. The animals were with bays without air conditioning, forced bays and bays with evaporative adiabatic cooling system. Experimental experimental loss was recorded as meteorological variables, bulb temperature ($^{\circ}\text{C}$), relative air quantity (%) and black globe temperature ($^{\circ}\text{C}$), radiant radiation (W m^{-2}), temperature index and humidity, black globe temperature index and humidity (ITGU) and enthalpy (kJ kg^{-1} dry air); Physiological modalities, respiratory rate, rectal temperature and surface temperature; the behavioral and performance variables of the animals, weight gain (kg), live weight (kg), daily feed intake (kg) and feed conversion and feed conversion (kg kg^{-1}) were determined. The experimental design was a completely randomized design with three treatments and nine replications. The evaporative cooling kept the values of comfort, respiratory rate (RF) and average temperature (TR) of the animals, within the comfort range, during the period when the system remained active (08:00 to 18:00). Animals housed in bays with evaporative cooling will improve performance and reduce by 23 days the age at which slaughter weight was achieved. The pigs were submitted to evaporative cooling with higher frequency of ingestive activity, exploratory behavior and greater lethargic expression, most of the breeding phases studied.

Keywords: animal comfort, thermal comfort, swine farming, air conditioning.

INTRODUÇÃO

O suíno, *Sus scrofa domesticus*, foi um dos primeiros animais a serem domesticados, mamífero originado do javali, apresenta importância expressiva na economia mundial, por fazer parte do cardápio de grande parte da população na forma mais simples, *in natura*, ou mesmo sendo base para diversos produtos derivados e processados.

No Brasil, a suinocultura vem se consolidando na produção e exportação de proteína animal, conquistando espaço significativo no cenário mundial, expresso pelos atuais índices de produção. Especialistas brasileiros investiram na evolução genética da espécie por 20 anos, o que reduziu em 31% a gordura da carne, 10% do colesterol e 14% de calorias, tornando a carne suína brasileira mais saudável e nutritiva, além de saborosa (MAPA, 2012).

O país se destaca no cenário mundial, ocupando o quarto lugar como maior produtor e exportador de suínos, além de apresentar aumento no consumo médio nacional ($14,4 \text{ kg hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de 1,4 kg/hab, na última década (ABPA, 2017). Nos últimos 17 anos houve crescimento de 42,7% na produção mundial de carne suína, nesse cenário o Brasil é o único país da América do Sul entre os dez maiores produtores de carne suína (ABPA, 2016).

De acordo com o IBGE (2016) o Brasil abateu 10,46 milhões de cabeças de suínos no 2º trimestre de 2016, registrando alta de 3,9% em relação ao trimestre anterior, o que implica em um avanço de 8,0%, quando comparado com o mesmo período de 2015, o que equivale a 770,93 mil cabeças de suínos a mais.

Neste contexto, a ascensão do país no mercado só foi possível graças às mudanças realizadas no sistema de produção nacional, quando se percebeu a necessidade de refinamento das práticas de criação para atender a demanda de mercado, diante das exigências sanitárias e de bem-estar animal, principalmente.

A pressão da sociedade e do mercado internacional para que os sistemas de produção respeitem o bem-estar animal, aumenta a necessidade de

pesquisas que possam gerar conhecimentos sobre possíveis formas de se produzir suínos, garantindo a lucratividade do sistema em combinação com a manutenção da qualidade de vida dos animais (Dias et al., 2014).

Com a intensificação da produção animal surge a preocupação em se proporcionar um ambiente confortável, que atenda aos requisitos básicos de bem-estar dos animais de produção, levando em consideração que animais confinados não são capazes de buscar ambientes confortáveis, sendo assim, o homem deve proporcionar ambiente capaz de atender as exigências térmicas dos animais (Rodrigues & Silva, 2014).

Portanto, a modernização da suinocultura exige esforços multidisciplinares para alcançar bons índices zootécnicos e, em consequência, resultados econômicos satisfatórios. Diante das atuais exigências da produção animal, não se pode mais considerar sistema de produção, cadeia produtiva, padrões comportamentais, sem destacar o conceito de bem-estar animal (Pandorfi et al., 2012).

O acondicionamento térmico das instalações, de acordo com a exigência térmica dos animais, sofre diretamente com a interferência dos elementos meteorológicos, o que ocasiona dificuldade na manutenção do balanço de energia no interior das instalações, na expressão de comportamentos naturais, afetando o desempenho produtivo e reprodutivo dos suínos (Pandorfi et al., 2008).

A maior parte do território brasileiro apresenta um imenso desafio imposto pelo clima tropical, geralmente os animais são submetidos à temperatura ambiente elevada, durante grande parte do ano (Shiota et al., 2013). De acordo com essas condições climáticas Nääs (2000) enfatiza a necessidade de climatização do ambiente de criação de suínos durante a fase de crescimento e terminação, visto que nessas fases os animais são pouco tolerantes ao estresse por calor. Conforme Tolon & Nääs (2005), as instalações onde os animais são alojados no decorrer do ciclo de produção, devem ter como característica principal, o controle e atenuação da influência dos agentes estressores sobre os animais.

Desse modo, o emprego de sistemas de climatização em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, pode melhorar as condições ambientais, proporcionar conforto térmico e, conseqüentemente, o incremento no desempenho produtivo, visto que Carvalho et al. (2004) afirmam que a região possui um rebanho suíno de alto potencial genético, porém, com produtividade inferior, quando comparado às demais regiões do país, em virtude, principalmente, das características climáticas da região.

A partir do exposto, é de suma importância a realização de estudos no contexto da ambiência animal associada à minuciosa análise térmica de ambientes para confinamento de suínos, durante as fases de crescimento e terminação, evidenciando a necessidade de reduzir as respostas negativas provocadas pelos elementos meteorológicos na região semiárida do estado de Pernambuco, ao passo que se possa obter uma melhora significativa e eficiente nos níveis de produção.

OBJETIVOS

A presente pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a influência de sistemas de climatização e seus efeitos nas respostas fisiológicas, no comportamento e no desempenho produtivo de suínos confinados, assim como a caracterização térmica das instalações nas fases de crescimento e terminação dos animais.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Bem-estar animal dos animais de produção

Os esforços de ativistas dos direitos dos animais criaram uma nova perspectiva de bem-estar animal, com incentivo às mudanças nas políticas públicas e nos padrões da indústria (Uzea et al., 2011). À medida que a sociedade passa a reconhecer o sofrimento animal como um fator relevante, pode-se inferir ao bem-estar animal um valor econômico, passando a ser parte integrante dos cálculos dos preços dos produtos de origem animal (Molento, 2005).

Apesar de existirem muitos conceitos sobre o 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: a liberdade fisiológica (ausência de fome e sede); a liberdade ambiental (edificações adaptadas); a liberdade sanitária (ausência de doenças e fraturas); a liberdade comportamental (possibilidade de expressar comportamentos normais) e; a liberdade psicológica (ausência de medo e ansiedade) (Silva & Miranda, 2009; Grandin & Johnson, 2010).

A Organização Mundial de Saúde Animal (OIE, 2009), adotou a seguinte definição para o bem-estar animal:

“Bem-estar animal significa como um animal está lidando com as condições em que vive. Um animal é considerado em bom estado de bem-estar se (com comprovação científica) estiver saudável, confortável, bem nutrido, seguro, capaz de expressar seu comportamento inato e, se não estiver sofrendo com dores, medo e angústias. Bem-estar animal requer prevenção contra doenças e tratamento veterinário, abrigo adequado, gerenciamento, nutrição, manejo cuidadoso e abate humanitário.”

Como exposto, existem diversas definições de bem-estar animal. A elaboração de cada uma delas é feita sob grande influência cultural, moral e ética da sociedade, variando de acordo com a época e a região em que foi criada.

Portanto, existe uma dificuldade em traçar uma definição universal para este termo. De acordo com Andrade et al. (2015), as definições de bem-estar animal têm sido amplamente debatidas junto à comunidade científica internacional durante as últimas décadas. A linha conceitual mais aceita trata do bem-estar animal dentro de uma perspectiva multidimensional, abrangendo emoções, funcionamento biológico e comportamental.

São cada vez mais perceptíveis as mudanças de atitude e conscientização por parte de consumidores e pesquisadores que trabalham com produção animal. Além disso, o avanço tecnológico adquirido, principalmente, através do melhoramento animal aliado à genética molecular, tem levado os pesquisadores a demonstrar interesse em análises envolvendo ambiência, bem-estar animal e enriquecimento ambiental, permitindo, assim, proporcionar maior conhecimento aos criadores de animais de produção sobre as exigências de um mercado consumidor que requer um produto que obedeça às normas de bem-estar, principalmente para suínos e aves (Dalla Costa et al., 2015).

Avaliando a relação entre o bem-estar animal e a produtividade, Jääskeläinen et al. (2014) concluíram que as ações tomadas a favor da melhoria do bem-estar aumentam a produtividade, repercutindo positivamente na economia da unidade, confirmando que a adoção de boas práticas de produção proporciona o desenvolvimento de animais mais saudáveis e rebanhos mais produtivos.

No entanto, os problemas se agravam quando a condição imposta aos animais restringe seus comportamentos naturais (Pandorfi et al., 2008; Nazareno et al., 2009), como é o caso da maior parte dos sistemas intensivos de produção.

A qualidade do ambiente ou do alojamento para os animais é extremamente relevante para atender o seu bem-estar. Neste sentido, ao tratar do princípio das cinco liberdades, se estabelece a garantia do bem-estar, quando os animais permanecem livres do desconforto térmico, ou seja, participam de um ambiente apropriado, que comumente inclui abrigo e área de descanso (Farm Animal Welfare Council, 1979).

Instalações para suínos

Em 2008 foi elaborada pela União Europeia, a DIRECTIVA 2008/120, relativa às normas mínimas de proteção aos suínos. Este documento recomenda que os animais deverão dispor de um ambiente que corresponda às suas necessidades de exercício e de comportamento exploratório, já que, um dos grandes problemas de bem-estar dos suínos é a restrição de espaço.

Quando os suínos se encontram agrupados deverão ser adotadas medidas adequadas de manejo para a sua proteção, a fim de melhorar seu bem-estar. Quando forem utilizados pavimentos de grelha para suínos mantidos em grupo, a largura máxima das aberturas deve ser de 18 mm. Na parte do edifício em que os suínos são mantidos, devem ser evitados níveis de ruído contínuo maior ou igual a 85 dBA e ruídos constantes ou súbitos.

Os suínos devem ser expostos a iluminância de até 40 lx, durante um período mínimo de 8 horas por dia. O alojamento dos animais deve ser construído de forma que possam ter acesso a uma área de repouso termicamente confortável, drenada e limpa, que permita todos os animais deitarem simultaneamente, repousar, levantar-se normalmente e ter contato social com outros suínos.

Os animais devem ter acesso permanente a uma quantidade suficiente de materiais para atividades de investigação e manipulação, como palha, feno, madeira, maravalha, ou uma mistura destes materiais, que não comprometam sua saúde.

O pavimento deve ser liso, mas antiderrapante, para evitar lesões e deve ser concebido e mantido de forma que não causem dor nem sofrimento aos animais. Devem ser adequados para a dimensão e massa corporal dos suínos e, se não forem fornecidas camas, constituir superfícies rígidas, planas e estáveis.

Todos os suínos devem ser alimentados pelo menos uma vez por dia. Se forem alimentados em grupo e não *ad libitum*, ou por meio de um sistema automático de alimentação individual, todos os animais do grupo devem ter acesso simultâneo aos alimentos.

Para os animais na categoria de crescimento e terminação mantidos em grupo, devem ser tomadas medidas para evitar interações agressivas que constituam um desvio em relação ao comportamento normal.

Os suínos devem ser mantidos em grupos com o mínimo possível de miscigenação. Se os animais não forem familiarizados uns com os outros e tiverem de ser agrupados, a miscigenação deve ocorrer na idade mais precoce possível, preferivelmente antes do desmame ou até uma semana após o mesmo. Se proceder à miscigenação, os suínos devem dispor de oportunidades adequadas para poderem fugir e esconder-se dos dominantes.

Se existirem sinais de lutas intensas, devem-se apurar imediatamente as causas e adotar medidas adequadas, como o fornecimento abundante de palha aos animais e, se possível, outros materiais para investigação. Os animais em risco ou os agressores específicos devem ser separados do grupo (Jornal Oficial da União Europeia, 2008).

Conforto térmico animal

A temperatura é um dos principais componentes ambientais do sistema produtivo dos suínos. Diante da variação térmica, os suínos podem utilizar mecanismos fisiológicos e comportamentais, coordenados pelo sistema nervoso central, para manter constante sua temperatura corporal. Esses mecanismos visam manter o balanço de energia, por meio de ajustes na taxa de produção de calor (termogênese) e dissipação de calor (termólise) corporal (Abreu et al., 2002).

Em avaliação feita através dos critérios estabelecidos no projeto *Welfare Quality®*, o conforto térmico e a facilidade de movimentação foram reconhecidos como os mais importantes aspectos ligados ao bem-estar dos suínos em fase de terminação, considerando as ações *on-farm* (dentro da granja) experimentadas sob diferentes legislações e iniciativas relevantes para o bem-estar animal na União Europeia (Averós et al., 2013).

Animais homeotermos mantêm a temperatura de núcleo corporal dentro de limites relativamente estreitos, mesmo que a temperatura ambiental flutue e a sua atividade altere intensamente, por meio de processos de aumento ou diminuição do calor metabólico e da conservação ou dissipação do calor corporal para o ambiente externo (Baêta & Souza, 2010). Portanto, o ambiente é considerado confortável quando o animal se encontra em equilíbrio térmico, ou seja, o calor produzido pelo metabolismo é perdido para o ambiente sem prejuízo à homeostase (Silva et al., 2010).

A faixa de temperatura na qual há um nível fixo de consumo de alimento, a produção de calor é mínima e constante, é definida como zona termoneutra ou zona de conforto térmico (ZTN). É nesta zona que o animal deve ser mantido para que os níveis de produção não sofram alterações negativas, conservando simultaneamente o estado de bem-estar. Concordando com Roberto & Souza (2011) quando afirmam que para produzir com seu máximo potencial é necessário que os animais se encontrem dentro da zona de termoneutralidade ou de conforto térmico.

As temperaturas indicadas pelos manuais de boas práticas de criação apresentam as temperaturas desejadas no microclima no qual estão inseridos os suínos e não, necessariamente, a temperatura do pavilhão onde estão alojados. Neste sentido, o Canadá, por meio do Código de Conduta de Práticas e Manejo de Suínos, estabeleceu como temperatura ideal para fase de crescimento (20-55 kg de peso vivo), 21°C, com limites desejados entre 16-27°C, e na fase de terminação (55-110 kg de peso vivo), 18°C, com limites entre 10-24°C (NFACC, 2014).

Os animais expostos a fatores ambientais como a radiação solar e a variações drásticas de temperatura, apresentam mudanças em vários parâmetros fisiológicos, alterando o comportamento e o seu desempenho (Roberto et al., 2010; Almeida et al., 2016).

O ambiente térmico é caracterizado por um grande número de fatores, que deve ser reduzido a uma única variável que represente a combinação de todos os elementos meteorológicos, ou boa parte deles. Neste sentido, índices de conforto térmico, que agregam dois ou mais elementos meteorológicos, têm

sido utilizados para avaliar o impacto dos fatores ambientais sobre a produção animal (Neves et al., 2009), se tornando ferramentas bioclimatológicas fundamentais na busca e seleção de animais mais adaptados às condições climáticas do semiárido, possibilitando determinar os alojamentos adequados ao desenvolvimento das atividades zootécnicas (Roberto & Souza, 2011).

Para atenuar os reflexos negativos do estresse térmico por calor sob os animais, é realizada uma avaliação de índices de conforto térmico. Esta avaliação é determinada para cada espécie, associando às características apresentadas pelo ambiente de criação. Segundo Ferreira et al. (2007), do ponto de vista fisiológico e etológico, o suíno é uma espécie sensível às diversidades climáticas brasileiras, com predominâncias de dias quentes e que os índices de ambientes térmicos permitem uma avaliação da situação ambiental na suinocultura e comparação de dados zootécnicos de diferentes regiões do país.

Índices de Conforto térmico

Sabendo-se da importância do ambiente térmico na criação de suínos, a caracterização térmica da instalação torna-se indispensável nos sistemas de produção. Com este objetivo, a utilização de índices bioclimáticos na suinocultura permite maior precisão na caracterização da condição de alojamento e também melhor comparação ambiental com animais mantidos em diferentes regiões (Ferreira, 2011). De acordo com Damasceno et al. (2010), estes índices são utilizados para quantificar e qualificar o conforto e o desconforto térmico animal, que por sua vez, pode estar relacionado às respostas fisiológicas e desempenho produtivo dos animais, sendo um método de avaliação indireto e relativamente prático. Esses índices variam de uma simples medição de temperatura ambiente a um índice que leva em consideração os efeitos da temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento.

O ambiente térmico pode ser avaliado pelo Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) que inclui a temperatura do ar (Tar), a umidade relativa do ar (UR) e a velocidade do ar (v) (Vieira et al., 2010), sendo a

combinação Tar x UR a principal condicionante para o conforto térmico (Souza et al., 2010). Buffington et al. (1981) complementam que o Índice de Temperatura do Globo e Umidade incorpora os efeitos combinados de temperatura, umidade, velocidade do ar e irradiação para avaliar o conforto e o desconforto dos animais em determinado ambiente. Esse é considerado por vários autores como o índice que melhor caracteriza o ambiente térmico do animal.

Diversos trabalhos têm empregado o Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) para avaliação e classificação do ambiente térmico (Pandorfi et al., 2005; Oliveira et al., 2006; Abreu et al., 2007; Barbosa Filho, 2008; Menegali et al., 2009; Nazareno et al., 2009).

Silva & Sevegnani (2001) expõem que o mais importante nas instalações é diminuir o balanço de energia entre o animal e o ambiente, até um limite de otimização, sendo a carga térmica radiante (CTR) um dos principais componentes do balanço energético de um animal e, sua avaliação é fundamental no estudo da definição do ambiente de alojamento animal.

Em experimento, ao comparar duas áreas, uma sombreada e outra não sombreada, Sampaio et al. (2004) observaram redução de 35% no valor da CTR na área com sombra; Almeida et al. (2016) testando diferentes coberturas para abrigos de animais, alcançou redução média de 16%, enfatizando a relação direta que este índice tem com a radiação solar, materiais de construção e suas propriedades térmicas, em que se destaca a importância do bom dimensionamento das instalações, com ênfase na redução de possíveis agentes estressores.

Na avaliação do conforto térmico, Rossi et al. (2012) consideram a entalpia (h), energia presente no ar úmido por unidade de massa de ar seco, como a propriedade mais útil na quantificação de processos psicrométricos que envolvem trocas térmicas. A entalpia é a variável física que indica a quantidade de energia (expressa em kJ kg^{-1} de ar seco), contida em uma mistura de vapor d'água. Portanto, na mudança de temperatura para umidade relativa constante, ou vice-versa, há alteração da energia envolvida no processo, afetando as trocas térmicas.

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi desenvolvido por Thom (1959), como um índice de conforto para humanos, e até hoje é um dos mais utilizados em trabalhos sobre conforto térmico, embora vários autores já tenham demonstrado que este índice, por considerar apenas a temperatura e a umidade do ar, apresenta limitação em representar de forma mais ampla as condições ambientais sob as quais os animais vivem (Matarazzo, 2004; Martello, 2006; Silva et al., 2007).

Processos de troca de energia

O processo de termólise (perda de calor) em que ocorrem as trocas de energia na forma de calor, entre o animal e o ambiente externo, pode ser de forma sensível e/ou latente.

O fluxo de calor corporal para o ambiente depende da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Desse modo, o fluxo de calor sensível depende da diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente e o fluxo de calor latente (evaporação via respiração e sudação) é influenciado pela umidade (Sällvik, 1999; Vilela, 2008). Esses processos podem ser ainda influenciados por fatores como disponibilidade de água, sombreamento, temperatura corporal e comportamento, que podem alterar os fluxos de calor com o ambiente, levando o animal a uma tensão (Navarini et al., 2009).

O fluxo de calor sensível pode ocorrer por condução, radiação e convecção. As trocas por condução ocorrem quando os animais estão em contato com uma superfície, sendo influenciada pela área de contato, pela temperatura e o material da superfície. A radiação é o fluxo de calor que ocorre pela emissão de ondas curtas, provenientes do sol e ondas longas do solo e objetos terrestres (Deshazer et al., 2009). A troca de calor por convecção ocorre pelo transporte de massa devido aos diferentes estágios de agregação dos fluídos. Nos animais, essa troca de calor ocorre por meio da saída de calor da pele para o ar. Este, por sua vez, muda seu estado de agregação, torna-se menos denso e cede lugar a um ar mais frio (Ferreira, 2010).

Quando um animal está em ambiente térmico estressante, à medida que a temperatura corporal dele se aproxima da temperatura do ambiente, as trocas de calor sensível deixam de ser efetivadas no balanço homeotérmico. Com isso, o gradiente de temperatura torna-se pequeno, reduzindo sua eficácia, havendo a necessidade de utilização das trocas de calor latente (Baêta & Souza, 2010).

Os fluxos de calor latente ocorrem devido à evaporação através da transpiração e respiração, sendo esse fluxo bastante influenciado pela umidade do ar (Sällvik, 1999). Em ambientes quentes, onde a temperatura do ar excede a temperatura do animal, a evaporação constitui um meio de perda de calor bastante eficaz, uma vez que não depende do gradiente térmico entre a pele e o ar. Porém, em ambientes com elevada umidade relativa do ar, a evaporação torna-se lenta, sendo necessário um aumento na frequência respiratória para a manutenção da homeotermia (Starling et al., 2002).

De maneira geral, quando ocorre um desequilíbrio térmico, ajustes fisiológicos são ativados em resposta ao calor. Inicialmente, ocorre um redirecionamento do fluxo sanguíneo para a superfície corporal, produzindo um aumento da temperatura da pele, que facilita a dissipação de calor para o ambiente por processos sensíveis e latentes (Deshazer et al., 2009). Quando esses mecanismos regulatórios não são suficientes para manter a homeotermia, o animal reduz seus esforços físicos e sua ingestão de alimento, busca novos ambientes com sombras e bem ventilados, aumentam sua frequência respiratória e a taxa de sudação (West, 2003).

Respostas fisiológicas

O conhecimento da interação entre os animais e o ambiente é imprescindível, assim como o entendimento das variações diárias e sazonais das respostas fisiológicas dos animais. Estas respostas permitem a adoção de ajustes que promovam maior conforto aos animais e permitam uma produção pecuária de forma sustentável (Nóbrega et al., 2011).

Por serem animais homeotérmicos, os suínos apresentam máximo desempenho quando mantidos em ambiente térmico confortável, representado

por uma faixa de temperatura em que os processos termorregulatórios são mínimos, com utilização total da energia líquida para deposição de tecidos (Orlando et al., 2001). Quando submetidos, porém, a ambientes de alta temperatura, os suínos tendem a perder a eficiência de utilização da energia disponível à medida que acionam mecanismos de termorregulação para redução do impacto do ambiente quente sobre seu organismo (Kerr et al., 2003).

De acordo com Abreu et al. (2002), pelo fato dos suínos possuírem poucas glândulas sudoríparas funcionais, a principal forma de dissipar o calor latente é através do trato respiratório.

Os parâmetros fisiológicos como temperatura retal e frequência respiratória, podem ser influenciados por fatores intrínsecos (idade, raça, estado fisiológico), e por fatores extrínsecos (hora do dia, ingestão de alimentos e de água, temperatura ambiente, velocidade do vento, estação do ano) (Perissinotto et al., 2009). Bianca e Kunz (1978), afirmam que a temperatura retal e a frequência respiratória são consideradas as melhores variáveis fisiológicas para estimar a tolerância dos animais ao clima quente. A temperatura de superfície da pele também é uma variável fisiológica que pode ser alterada em condições de estresse por calor (Nazareno et al., 2012).

A adaptação fisiológica ao calor pode ser conceituada como um processo de ajustamento do próprio animal ao ambiente. O aumento da frequência respiratória, aumento da temperatura da pele, da temperatura retal e dos batimentos cardíacos, cumprem importante papel na termorregulação dos suínos (Barros et al., 2010).

Os mecanismos de termólise não são eficientes, quando a soma da produção de calor endógeno com a fração exógena de energia absorvida do ambiente passa a ser maior que a quantidade de energia dissipada pelas vias latente e sensível. Dessa forma, o animal amplia o incremento térmico, com aumento da temperatura retal (Morais et al., 2008). Portanto, o registro da temperatura retal pode ser usado como índice de adaptação fisiológica dos animais aos ambientes quentes, pois, o seu aumento indica que os mecanismos de liberação de energia tornaram-se insuficientes (Mota, 1997).

Kiefer et al. (2009) avaliaram o comportamento, respostas fisiológicas e o desempenho de suínos em crescimento e verificaram que os animais expostos ao ambiente quente apresentaram temperatura média retal acima da faixa de temperaturas da zona de conforto térmico, influenciando, assim, o seu comportamento.

A temperatura retal é uma medida que expressa o desconforto animal diante de determinado ambiente, uma vez que representa a temperatura do núcleo central; é muito utilizada como critério de diagnóstico de doenças e para verificar o grau de adaptabilidade dos animais (Pereira et al., 2011). Para suínos em terminação, o valor de conforto é igual a 38,8°C, e a faixa de variação estabelecida está entre 38,6 e 39,3°C (Muirhead & Alexander 1997), para Sousa (2004) estes valores oscilam entre 38,5 e 39°C.

Em condições de estresse térmico o primeiro sinal visível nos animais é o aumento da frequência respiratória (FR), devido à estimulação direta do centro de termorregulação no hipotálamo, o que desencadeia resposta cardiorrespiratória. O aumento ou diminuição da frequência respiratória está na dependência da intensidade e da duração do estresse que os animais foram submetidos. Esse mecanismo fisiológico promove a perda de calor por meio convectivo e evaporativo (Martello et al., 2004b). Neste contexto, Abreu et al. (2002) afirmam que pelo fato dos suínos possuírem poucas glândulas sudoríparas funcionais, a principal forma de dissipar o calor latente é através do trato respiratório.

De acordo com Hahn et al. (1997), o aumento da FR é um mecanismo eficiente de perda de calor, desde que seja por curto período. Porém, quando os valores ultrapassam 120 mov min⁻¹, o animal sofre com a carga excessiva de calor e, acima de 160 mov min⁻¹, medidas de emergência devem ser tomadas a fim de amenizar o estresse térmico. Para Gianotti et al. (2010) a FR média tida como normal para a espécie foi de 24,5 ± 5,61 movimentos por minuto (mpm), com valor máximo de 34 mpm e mínimo de 14 mpm.

Ao realizar estudo para avaliar o efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho, a composição de carcaça e os parâmetros fisiológicos de suínos de 30 a 60 kg, Manno et al. (2006) verificaram que a frequência respiratória foi

influenciada negativamente pela alta temperatura, mas a temperatura retal não foi alterada pelos tratamentos. Já Oliveira (2016) percebeu que houve redução do desempenho dos animais submetidos ao calor, devido à temperatura intensa e a redução do consumo. O calor promoveu aumento da frequência respiratória, das temperaturas superficiais e também da temperatura retal.

Portanto, em condições de estresse por calor ambiental, os suínos tendem a perder a eficiência de utilização da energia devido à ativação termorregulatória (Quiniou et al., 2000). Essa resposta, se comparada à termoneutralidade, reduz a taxa de crescimento e a eficiência de utilização do alimento.

Indicadores comportamentais

O comportamento animal compreende a expressão motora dos estímulos internos e das interações do animal com o ambiente no qual se encontra. As variáveis do ambiente físico e a disponibilidade de interações com os outros indivíduos da mesma espécie e de espécies diferentes geram os diferentes padrões comportamentais (Graves, 1984; Krebs & Davies, 1996).

Dentre os animais de fazenda o suíno é considerado o mais inteligente, pois é extremamente curioso, possui alta capacidade de aprendizado, além de um vasto e complexo repertório comportamental (Kilgour & Dalton, 1984; Rollin, 1995).

Pesquisadores têm observado que, para cada espécie, há uma série de comportamentos comuns, e que estes padrões podem ser catalogados numa lista de comportamentos típicos para auxiliarem no reconhecimento do comportamento natural dos animais, facilitar o planejamento das metodologias de manejo e resultar em considerável redução dos problemas encontrados na produção animal (Hartsock, 1982). Por apresentarem uma gama de comportamentos catalogados, principalmente em relação às atividades sociais, os suínos podem expressar problemas com relação ao bem-estar, caso não consigam controlar seu ambiente, tiverem seu comportamento natural frustrado ou forem sujeitos a situações imprevisíveis.

Os estudos de etologia aplicada vêm sendo cada vez mais utilizados no desenvolvimento de modelos que servem para dar suporte às pesquisas e a melhores formas de manejo dos animais de interesse zootécnico (Façanha et al., 1997).

O comportamento dos suínos resulta da inter-relação íntima do genótipo com o ambiente e das adaptações de funções biológicas. As variações do comportamento dos suínos podem indicar deficiências ambientais, de manejo e até de alterações no bem-estar (Sarubbi et al., 2010).

Aspectos como espaços reduzidos, ambientes monótonos, altas densidades de animais em única baia ou isolamento em celas individuais influenciam o comportamento e o desempenho produtivo dos animais (Banks, 1982; Silva & Miranda, 2009; Maia et al., 2013), além da grande atuação do ambiente térmico e aéreo, e os modelos de comedouros e de bebedouros (O'connell et al., 2004).

Com relação às condições ambientais, alterações no comportamento são realizadas pelo animal com o objetivo de reduzir a produção de calor ou promover a sua perda, evitando estoque adicional de calor corporal. Essas alterações referem-se à mudança do padrão usual de postura, movimentação e ingestão de alimentos (Leme et al., 2005). A variável ambiental que atinge, de forma proporcional e inversa, o comportamento “comer”, é a temperatura do ar, prejudicando assim o ganho de peso, como notado por Kiefer et al. (2009), Brêtas et al. (2011) e Massari et al. (2015).

Toda modificação do processo biológico para regular a troca de calor pode ser classificada como modificação do comportamento (Conceição et al., 2008), durante esse processo térmico os animais procuram sombra e locais mais ventilados (West, 2003), quando têm esta liberdade.

O comportamento animal em combinação com as medidas de carga térmica, como a temperatura corporal, podem fornecer informações sobre como e quando amenizar o estresse térmico para os animais (Bewley et al. 2010), já que animais melhorados com a finalidade de maior deposição de massa magra tendem a ingerir maior quantidade de água, necessária pelo fato do metabolismo

ser mais acelerado (Melo, 2015), tornando-os mais sensíveis a elevação da temperatura do ar. Tanto o comportamento ingestivo como o tempo de alimentação, contém informações valiosas que podem ser utilizadas para o gerenciamento do animal (Brown-brandl et al., 2013).

Inter-relação genótipo ambiente

Na produção atual de suínos, animais de abate são produzidos a partir de linhas maternas, melhoradas para características reprodutivas, e por linhas paternas, selecionadas com ênfase em características de crescimento e conformação de carcaça (Irgang, 2014).

No Brasil, as linhas maternas estão associadas às raças Landrace e Large White, e as linhas paternas geralmente correspondem às raças Duroc e Pietrain. Suínos da raça Duroc foram desenvolvidos nos Estados Unidos da América no século 19. Esta raça, caracteriza-se por apresentar pelagem vermelha, orelhas do tipo Ibérico, perfil fronto-nasal subconcauíneo e bom comprimento e altura corporal. A raça tem sido selecionada e multiplicada em diversos criatórios, apresentando boa taxa de crescimento diário (idade para 90 kg ou 100 kg de peso vivo), seis a sete pares de tetos e boa conversão alimentar. Além de apresentar bom desempenho em características de crescimento, a raça destaca-se pelo teor de marmoreio na carne – gordura intramuscular (GIM), com níveis superiores aos apresentados por animais das raças Landrace, Large White e Pietrain (Plastow et al., 2005). A GIM é fundamental para a obtenção de carne saborosa e suculenta. Está associada à menor perda de água por gotejamento, sendo importante para a produção de carne para consumo *in natura* e obtenção de produtos curados (Irgang, 2014).

Esta raça é muito utilizada em programas de cruzamento do tipo terminal em que são utilizados como reprodutores, uma vez que ela não é boa para a linhagem materna. Como é uma raça de dupla aptidão, serve para a produção de carne e bacon (Taylor et al., 2005).

A raça Pietrain foi desenvolvida na Bélgica, em 1920 (Jones, 1998). Animais desta raça caracterizam-se por apresentarem pelagem malhada, com

tons cinza, marrom e vermelho, orelhas do tipo asiático, perfil cefálico subconcauílneo, baixa espessura de toucinho, grande deposição muscular e conformação de carcaça. Das raças suínas criadas no Brasil é a que apresenta a menor deposição de gordura e a maior deposição de carne na carcaça. A grande musculosidade da raça deve-se à presença da alta frequência do gene Halⁿ, com frequência superior a 90%, sendo o responsável genético também pela Síndrome do Estresse Porcino (PSS), que torna os suínos muito susceptíveis a problemas causados por temperaturas elevadas e ao manejo incorreto, e à produção de carne pálida, mole e exsudativa (PSE).

As importações de animais e de sêmen feitas a partir de 1992 até 2011 solidificaram a presença e a importância desta raça no Brasil, e contribuíram significativamente para o aumento do rendimento de carne que alcança agora 56 a 58% da quantidade de carne na carcaça (Irgang, 2014). Apesar das fêmeas desta raça serem prolíficas, apresentam baixa habilidade materna e pouca produção de leite (Texas A & M University, 2001).

A combinação dessas raças, através de cruzamento, é realizada com o intuito de melhorar a qualidade da carne e tornar o animal mais adaptado ao clima quente, para que as perdas produtivas sejam menores e o estresse térmico atenuado.

Gene Halotano

O gene halotano tem sido explorado para condicionar aumento de carne na carcaça, cruzando-se machos terminais heterozigotos (Hal^{Nn}) com fêmeas homozigotas livres do alelo recessivo (Hal^{NN}). Esse procedimento objetiva chegar a uma progênie 50% Hal^{Nn} e 50% Hal^{NN}, com um aumento de 1 a 2% no conteúdo de carne nas carcaças e, supostamente, sem prejuízo para a qualidade da mesma (Fávero, 2001).

De acordo com Antunes (2005), a inovação genética praticada no Brasil busca: a) uma melhora nas características organolépticas como maciez e suculência que influenciam a decisão de compra dos consumidores e b) melhora nas características nutricionais, principalmente na porcentagem de gorduras e

proteínas encontradas na carne suína. Essa busca pela melhora das características da carne leva os produtores de suínos a investir em animais com maior quantidade de carne em carcaça e à redução da espessura de toucinho.

A seleção de carcaças mais pesadas e de melhor rendimento de carne magra evidenciou o aparecimento de linhagens mais susceptíveis ao estresse, principalmente as portadoras do gene halotano, muito presente nos animais da raça Pietrain, uma entre as de maior potencial de rendimento (Bernardes & Prata, 2001).

As carnes PSE são caracterizadas por serem pálidas, flácidas e exsudativas. Este defeito está relacionado com o genótipo de determinadas raças suínas. Principalmente naquelas que sofreram intensa seleção para melhorar a conversão alimentar em carcaça magra como o Pietrain (Campos et al., 2014).

Pesquisadores notaram que a carne dos suínos do genótipo halotano heterozigoto apresentou maior perda de água, coloração mais clara e maior incidência de PSE que a dos suínos homozigotos. Corroboram Eikelenboom & Costa (1988), Leach et al. (1996), Culau (1999), Channon et al. (2000), Fisher et al. (2000) e Bridi et al. (2003), Bridi et al. (2006), também verificaram que a presença do alelo halotano aumentou a frequência de carcaças PSE, tornando a carne inadequada para a industrialização e com aspecto desagradável para consumo *in natura*, ocasionando grande impacto econômico (Chagas, 2014).

Sistemas de climatização

Como os suínos possuem dificuldade em trocar calor com o ambiente, é necessário que o local em que eles estejam alojados proporcione conforto térmico adequado. Várias opções para que se promova o conforto térmico aos animais estão disponíveis. Dentre as alternativas temos a ventilação, a umidificação, a escolha dos materiais para construção e o sombreamento aos arredores do galpão (Dias et al., 2011).

O ambiente do sistema de criação intensivo na suinocultura exerce influência direta na condição de conforto e bem-estar animal, promovendo dificuldade na manutenção do balanço térmico no interior das instalações e na qualidade química do ar, afetando o desempenho produtivo e reprodutivo dos suínos (Pandorfi et al., 2008).

Neste sentido, o manejo micrometeorológico no interior das instalações zootécnicas tem sido amplamente difundido, na busca pela adequação das condições de conforto térmico dos animais alojados, devido à influência dos elementos meteorológicos que favorecem ou prejudicam seu desempenho. Este manejo engloba as estratégias usadas para reduzir os efeitos negativos dos agentes estressores da relação animal-ambiente (Nóbrega et al., 2011).

Nos galpões podem ser instalados sistemas de ventilação mecânica, por meio da exaustão (ventilação negativa) ou da pressurização (ventilação positiva). A ventilação irá promover a troca de gases do ambiente mais rapidamente, tirando do local possíveis gases tóxicos que são produzidos enquanto ocorre a decomposição de matéria orgânica. O equipamento de ventilação deve ser dimensionado corretamente, para que seja capaz de fazer a renovação do ar durante o período em que a temperatura do ar seja mais elevada (Mendes, 2005).

A utilização da ventilação mecânica nas instalações apresenta importância fundamental, por proporcionar um ambiente confortável para o rebanho, tanto para reduzir a transferência de calor proveniente da cobertura, como para melhorar a eficiência da troca de calor do animal por convecção e evaporação. No entanto, nem sempre a utilização de ventiladores é suficiente para se alcançar as condições ideais mínimas de conforto, havendo a necessidade também do uso de nebulização (Nääs, 2000). O ideal é que se faça a associação da nebulização com a ventilação, pois assim, aumenta-se a velocidade em que ocorre a evaporação (Dias et al., 2011).

O sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) consiste em um processo de saturação adiabática, em que não há perda nem ganho de calor. Nesse processo, ocorre a mudança do ponto de estado psicrométrico do ar, verificando-se elevação da umidade relativa e decréscimo na temperatura,

mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida. A pressão de vapor do ar insaturado ao ser resfriado é menor que a da água de contato, fazendo com que ocorra sua vaporização. A energia necessária para esta mudança de estado vem do calor sensível contido no ar e na água, resultando em decréscimo da temperatura de ambos e, conseqüentemente, do ambiente. Ao passar do estado líquido para o gasoso, a água retira do ambiente cerca de 580 Kcal para cada kg de água evaporada, dependendo da temperatura do ambiente (Silva, 1998).

Os efeitos do SRAE sobre matrizes suínas em lactação durante o verão foram observados por Justino et al. (2015). Os autores relataram que o sistema contribuiu para reduzir os efeitos do calor sobre as variáveis relacionadas à termorregulação, além de proporcionar aumento no peso dos leitões ao desmame.

Concordando com os achados de Graciano (2013) e Justino et al. (2014) que confirmaram sua eficiência na manutenção do conforto térmico de matrizes em lactação, nos períodos mais quente do dia. Santos (2008) empregou ventilação forçada e ventilação forçada combinada a nebulização, nas estações de outono/inverno, e observou resultados positivos nos índices de conforto e no desempenho zootécnico de suínos, nas fases de crescimento e terminação, requerendo apenas pesquisas mais específicas quanto as fases de produção e as estações do ano.

A temperatura interna de um animal é mais elevada e vai diminuindo até sua periferia (pele e pelos), formando um gradiente térmico do interior para a parte mais externa do corpo (Baccari Júnior, 2001). Com base nisso, Carvalho et al. (2004) afirmam que a temperatura da pele sofre alterações mais rápidas, em razão da dissipação de calor, por convecção do fluxo sanguíneo. Esses mesmos autores avaliaram os efeitos da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura da pele de suínos na fase de terminação, porém, não houve diferenças significativas entre os tratamentos no desempenho dos animais. Entretanto, a nebulização de água associada à ventilação forçada apresentou menores valores de temperatura da pele, indicando melhor conforto aos animais.

Suínos em terminação submetidos à ventilação negativa tipo túnel, associados à nebulização, produziram, embora discretamente, as melhores condições de conforto térmico e desempenho produtivo dos animais, quando comparado aos sistemas ventilação natural e ventilação de pressão positiva lateral. No entanto, os autores afirmam que a definição do melhor sistema de ventilação para a suinocultura brasileira ainda carece de investigação (Santos et al., 2012b).

Uma meta-análise (foram considerados 71 trabalhos entre os anos de 1970 a 2009) realizada por Renaudeau et al. (2011) apontou que a performance dos suínos piora com o aumento da temperatura, justificando assim a necessidade do uso e bom dimensionamento dos sistemas de climatização nos alojamentos dos animais.

Imagens térmicas como ferramenta diagnóstica

A termografia é definida como uma técnica não invasiva de sensoriamento remoto que possibilita a medição de temperatura de um corpo e a formação de imagens termográficas a partir de radiação de infravermelho (Souza, 2011a) de objetos que estejam a uma temperatura acima de zero absoluto. As câmeras de infravermelho captam a radiação térmica emitida pelo corpo e a convertem numa imagem que representa a distribuição da temperatura superficial desse corpo (Silva, 2010).

Segundo Zotti (2010), a utilização de imagens termográficas é uma ferramenta que pode ser empregada como forma de minimizar erros na aquisição da temperatura superficial, por caracterizar melhor o perfil térmico dos animais. A termografia também é utilizada na avaliação do funcionamento e desempenho de máquinas e equipamentos (Santos & Pereira 2010), na inspeção preditiva para prolongar a eficiência operacional dos sistemas (Oliveira Júnior 2010), na avaliação da eficiência térmica de abrigos para a produção animal (Almeida et al., 2016).

As imagens termográficas são caracterizadas como uma das técnicas de inspeção, chamada de: Técnicas de Manutenção Preditiva e definida por alguns

(Louvain et al., 2010; Ribeiro et al., 2012) como uma atividade de monitoramento capaz de fornecer dados suficientes para uma análise de tendências.

Usando uma câmera infravermelha, Scolari et al. (2009) observaram as mudanças na temperatura da pele em porcas durante o estro. Rainwater-Lovett et al. (2009) analisaram os termogramas de cascos de vacas infectadas com o vírus da febre aftosa. As imagens de termografia infravermelha mostram um aumento acentuado na temperatura do casco em animais que sofrem desta doença, antes dos sintomas clínicos aparecerem. Outros estudos utilizando câmeras termográficas provaram a existência de mudanças constantes na temperatura do casco em caprinos (D'alterio et al., 2011). Os autores sugerem que o método de termografia infravermelha pode efetivamente detectar os distúrbios na circulação sanguínea periférica.

Nas últimas décadas novas ferramentas e técnicas têm sido introduzidas na produção animal como suporte à decisão, especialmente para o gerenciamento, implantação de estratégias de alimentação, controle de fertilidade, e técnicas para promover saúde e conforto animal, com base nisso, sistemas computacionais específicos foram desenvolvidos para o manuseio das variáveis ambientais e fisiológicas (Souza, 2011a).

A temperatura é um importante meio de indicar o bem-estar animal, e sua correta mensuração é extremamente importante para o controle correto do ambiente e/ou diagnóstico de estresse. Entre os instrumentos de medição da temperatura, o mais comum e mais utilizado é o termômetro, que deverá ser usado em um meio que entre em contato com o local que se pretende mensurar a temperatura. Esse método exige contato direto, sendo um complicador quando se propõe aferir a temperatura dos animais sem stressá-los e sem pôr em risco a integridade física das pessoas (Pinheiro & Delfino, 2013).

Com a importância que o bem-estar animal tem assumido nos mais diversos campos da medicina veterinária e também nas pesquisas científicas da área, tornou-se imprescindível a utilização de técnicas e equipamentos não invasivos que prezem pelo conforto e bem-estar animal, destacando-se assim, a termografia por infravermelho (Roberto & Souza, 2014).

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no Biotério de Experimentação com Suínos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (BES-UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Serra Talhada, Mesorregião Sertão e Microrregião do Pajeú, estado de Pernambuco, Brasil (longitude 07,98° S; latitude 38,28° W e altitude de 444 m) (Figura 1).

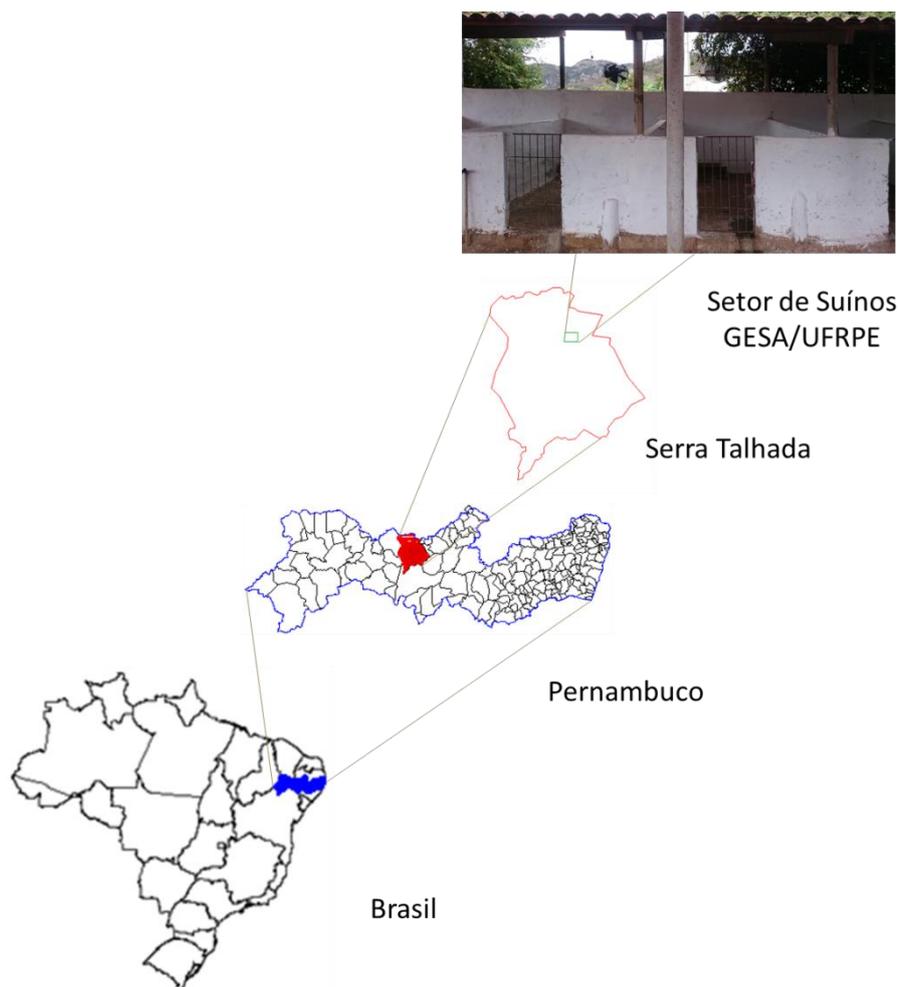


Figura 1. Localização da Estação Experimental em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como BShw' semiárido, quente e seco, com as chuvas ocorrendo entre os meses de dezembro a maio. As médias anuais de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar da região é de 642,1 mm; 24,8°C e 62,5%, respectivamente (Silva et al., 2015).

O experimento ocorreu durante o segundo semestre de 2017, com duração de 74 dias de registro de dados. Os animais foram submetidos aos seguintes fatores de variação: baias sem climatização (TEST), baias com ventilação forçada (VENT) e baias com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (RE) (Figura 2).



Figura 2. Baia sem climatização (A); baia com ventilação forçada (B); baia com sistema de resfriamento adiabático evaporativo (C)

Foram utilizados 27 suínos (machos e fêmeas) em fase de crescimento (64 a 100 dias de idade), peso vivo médio de 30,5 kg, provenientes de matrizes de linhagem comercial para alta deposição de massa muscular ($\frac{3}{4}$ Duroc, $\frac{1}{4}$ Pietrain) nascidas no BES-UAST, de matrizes em terceira ordem de parto, cobertas por um macho (Puro de Origem) da raça Duroc. Os animais foram mantidos nas condições experimentais até a fase de terminação (100 a 138 dias).

Sistemas de climatização

O sistema de climatização composto por ventilação forçada, contou com ventiladores axiais com vazão de $1200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ a 1.780 RPM, diâmetro da hélice de 11", com velocidade do ar de $3,4 \text{ m s}^{-1}$. O sistema de resfriamento evaporativo foi equipado com climatizador evaporativo, em que a formação da névoa ocorreu pelo efeito centrífugo de um disco central, com vazão média de 3 L h^{-1} , motores

independentes com rotação da hélice a 1.750 RPM e do disco central de 3.450 RPM, o que promovia velocidade do ar de $2,5 \text{ m s}^{-1}$.

A climatização por meio da ventilação forçada e do climatizador evaporativo foi acionada no intervalo horário das 8 às 18h00.

Instalações

Os animais foram alojados em um galpão experimental de alvenaria com orientação leste-oeste, baias cobertas com telha cerâmica em uma água, com pé direito de 2,5 m e piso de concreto, com corredor entre as baias coberto por telha de fibrocimento, pé direito de 4,5 m sem piso (solo aparente). A instalação apresenta 330 m^2 de área total, em que foram utilizadas nove baias de $2 \times 3 \text{ m}$ cada. Os sistemas de climatização foram dispostos em três baias, não consecutivas, resultando em três espaços experimentais com dimensões de $6 \times 9 \text{ m}$, totalizado $54 \text{ m}^2/\text{unidade experimental}$. Cada baia foi constituída por um comedouro semiautomático para melhor controle do consumo de ração, confeccionados em chapa de metal galvanizadas e 1 bebedouro tipo chupeta instalado a 40 cm de altura do piso (Figuras 3, 4 e 5).



Figura 3. Instalação: Representação gráfica tridimensional

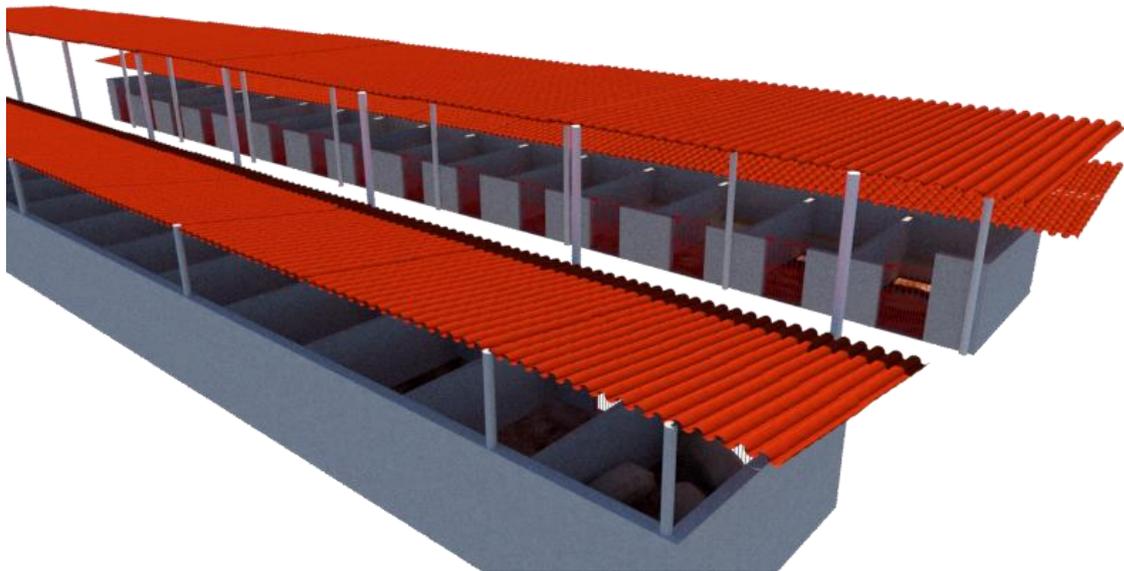


Figura 4. Instalação: Vista lateral tridimensional em representação gráfica



Figura 5. Comedouro semiautomático em chapa metálica galvanizada

Manejo dos animais

Os animais foram desmamados aos 28 dias de idade, porém, ainda nessa fase começaram a receber a primeira ração (pré-inicial) com o objetivo de adaptar o sistema digestório para o momento do desmame.

Após o desmame os animais passaram para a fase de creche, permanecendo até os 63 dias de idade. A partir desse momento entraram na fase experimental, em que foram transferidos para o galpão e distribuídos em nove baias experimentais, sendo três animais (machos e fêmeas) por baia, resultando em uma área disponível de 2,0 m² animal⁻¹ (Figuras 6 e 7).



Figura 6. Representação gráfica dos animais nas baias

Os suínos foram divididos de forma aleatória nas baias, e ao acaso foram definidas as baias que receberam cada tratamento, sendo elas: 1, 2 e 4 (ventilação forçada); 3, 5 e 9 (testemunha); 6, 7 e 8 (resfriamento adiabático evaporativo) (Figura 7).

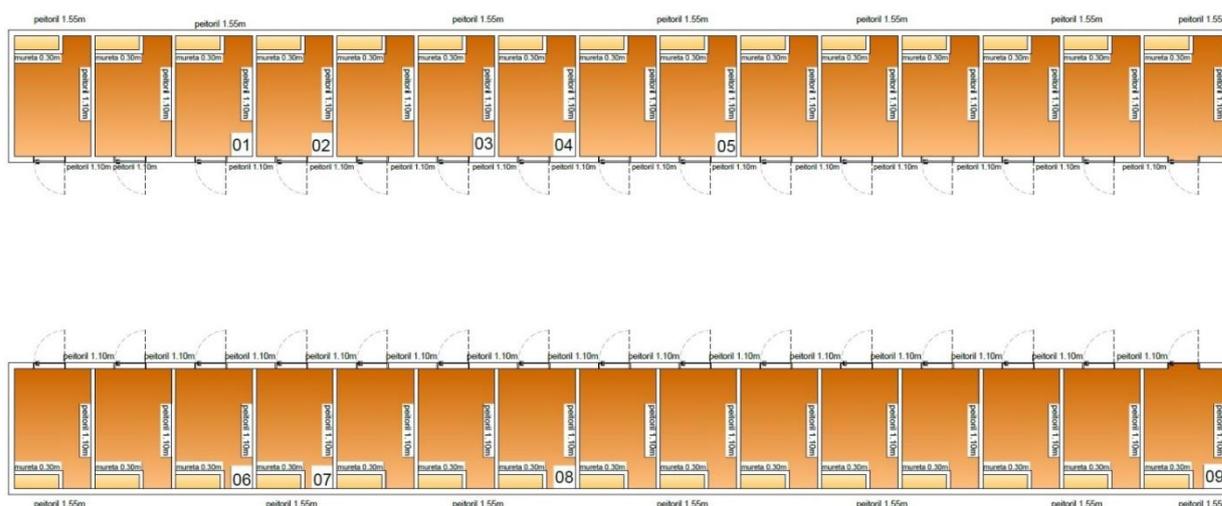


Figura 7. Disposição das baias experimentais na instalação

O manejo nutricional dos animais foi realizado com base no conceito de proteína ideal, por fase de desenvolvimento, seguindo as exigências nutricionais descritas por Rostagno et al. (2017) para a produção de animais de alto potencial genético, conforme se preconiza na suinocultura tecnificada. As rações oferecidas a cada categoria foram balanceadas: proteína bruta, energia metabolizável, cálcio e fósforo, sendo as vitaminas e minerais fornecidos por meio de premix específicos para cada fase de criação.

A ração foi oferecida à vontade, sendo distribuída duas vezes ao dia (manhã e tarde). Também foi relevante o fornecimento de água para os animais durante todas as fases de criação, tendo sido mantido constante e com vazão adequada (acima de $3,0 \text{ L min}^{-1}$).

Levantamentos dos dados

Durante todo o período experimental foram registrados os dados referentes as variáveis meteorológicas, no interior de cada um dos tratamentos e externa às instalações, as respostas fisiológicas, o desempenho e o comportamento dos animais.

Determinação das variáveis meteorológicas

As variáveis meteorológicas, temperatura do bulbo seco (Tbs; °C) umidade relativa do ar (UR; %) e temperatura de globo negro (Tgn, °C) foram registradas nas baias de produção e no ambiente externo, por meio de *dataloggers* modelo HOB0 U12-12 (*Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA*).

No interior das baias de produção foi instalado um *datalogger* por tratamento, no centro geométrico da baia, a uma altura de 0,6 m do piso. No ambiente externo foi instalado um *datalogger* no interior de um abrigo meteorológico a 1,50 m do piso. Os dados foram registrados e armazenados a cada 10 min para geração de médias horárias no decorrer do período experimental.

A determinação da velocidade do vento (V_v ; m s^{-1}) foi obtida a partir do registro no interior das baías e no ambiente externo, com auxílio de um termomômetro digital, modelo AZ Instrument 8908, escala de 0,1 a 20,0 m s^{-1} e resolução de 0,1 m s^{-1} , a 0,60 e 1,50 m do piso, respectivamente.

Determinação dos índices de conforto

Para caracterização térmica dos ambientes estudados foram determinados os índices de conforto, por meio da carga térmica radiante CTR (W m^{-2}), proposta por Esmay (1982), o índice de temperatura e umidade ITU, proposto por Thom (1959), o índice de temperatura de globo e umidade ITGU, proposto por Buffington et al. (1981) e a entalpia específica h (kJ kg^{-1} de ar seco) sugerida por Rodrigues et al. (2010b), por meio das equações 1, 1.1, 2, 3 e 4.

$$\text{CTR} = \tau(\text{TMR})^4 \quad (1)$$

$$\text{TRM} = 100 \left\{ \left[2,51(V_v)^{0,5} (\text{Tgn} - \text{Tbs}) + \left(\frac{\text{Tgn}}{100} \right)^4 \right]^{0,25} \right\}$$

(1.1)

Em que:

TRM - temperatura média radiante (K);

V_v - velocidade do vento (m s^{-1});

Tgn - temperatura de globo negro (K);

Tbs - temperatura de bulbo seco (K);

τ - $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ K}^{-4} \text{ W m}^{-2}$ (Constante de Stefan-Boltzmann).

$$\text{ITU} = \text{Tbs} + 0,36 \cdot \text{Tpo} + 41,5 \quad (2)$$

Em que:

Tbs - temperatura do bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$);

T_{po} - temperatura de ponto de orvalho (°C).

$$ITGU = T_{gn} + 0,36 \cdot T_{po} + 330,08 \quad (3)$$

Em que:

T_{gn} - temperatura de globo negro (K);

T_{po} - temperatura de ponto de orvalho (K).

$$h = 1,006 \cdot T_{bs} + \frac{UR}{P_{atm}} \cdot 10^{\left(\frac{7,5 \cdot T_{bs}}{237,3 + T_{bs}}\right)} \cdot (71,28 + 0,52 \cdot T_{bs}) \quad (4)$$

Em que:

T_{bs} - temperatura de bulbo seco (°C);

UR - umidade relativa do ar (%);

P_{atm} - pressão atmosférica (mm Hg).

Determinação das variáveis fisiológicas

Para avaliação dos parâmetros fisiológicos foram registrados, em todos os animais de todos os tratamentos, a frequência respiratória (FR; mov min⁻¹), a temperatura retal (TR; °C) e a temperatura de superfície (TS; °C). Os registros foram realizados nos horários das 0, 4, 8, 12, 16 e 20h00, uma vez por semana, durante todo o período experimental.

Os registros das temperaturas de superfície dos animais foram obtidos, por meio de imagens termográficas coletadas por um termovisor modelo Flir i60 (Figura 8), em que todos os animais foram submetidos individualmente ao registro de imagens. No momento do registro das imagens foi adotada uma distância padrão de 1 m entre a câmera e o animal.



Figura 8. Câmera Termográfica FLIR i60

A aferição da FR se deu a partir da contagem do número de movimentos da região do flanco do animal, no intervalo de 1 minuto. Após o registro da FR foram tomadas as medidas da TR, com auxílio de termômetro digital de uso veterinário, escala entre 20 e 50 °C e precisão de +/- 0,1 °C (Figura 9).



Figura 9. Aferição da temperatura retal do suíno (A); Captura da imagem termográfica para determinação da temperatura superficial (B)

A análise das imagens foi realizada utilizando o programa computacional FLIR QuickReport, em que foi ajustado o valor da emissividade para 0,95 (Moura et al., 2011), assim como, também foram inseridos os dados das variáveis meteorológicas, temperatura e umidade relativa do ar, obtidas no instante do registro da imagem. Em cada imagem foi traçado um segmento de reta da

cabeça ao pernil, passando pela região do tórax e abdômen do animal, gerando um transepto representativo do seu corpo, obtendo assim a temperatura média superficial (Figura 10).

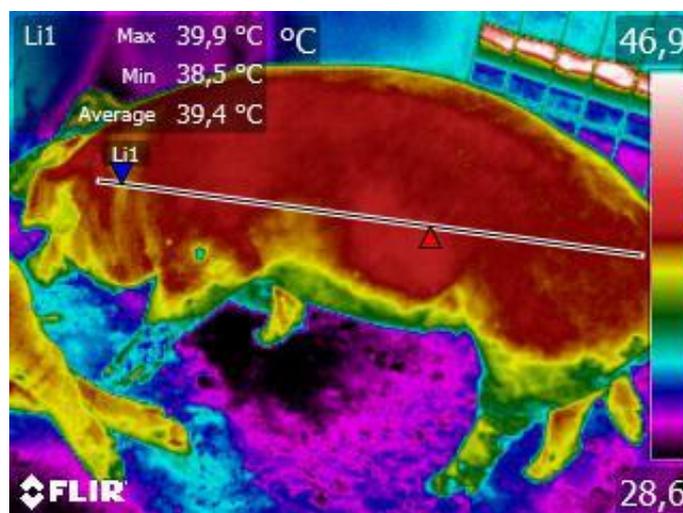


Figura 10. Imagem termográfica do animal com transepto representativo da temperatura média superficial analisada pelo *software* FLIR Tools

Desempenho dos animais

O desempenho dos animais foi avaliado por meio do ganho de peso (GP; kg), peso vivo (PV; kg), consumo de ração (CR; kg dia⁻¹) e conversão alimentar (CA; kg kg⁻¹).

Para a determinação do GP e o PV, os animais foram pesados semanalmente em uma balança eletrônica, modelo ID-M 300/4, acoplada a uma estrutura de contenção (Figura 11). O PV foi calculado considerando o peso inicial (primeiro dia de pesagem) e peso final (último dia pesagem).



Figura 11. Estrutura de contenção com balança acoplada para pesagem dos animais

Diariamente foi registrado em planilha eletrônica o consumo de ração. Antes de cada novo abastecimento do comedouro, o excedente do fornecimento anterior de ração foi pesado em balança eletrônica, o que permitiu a quantificação do CR e da CA (Figura 12).



Figura 12. Retirada do excedente de ração durante o turno (A); pesagem da ração excedente (B)

Determinação das variáveis comportamentais

O comportamento dos animais foi avaliado por meio da análise de imagens digitais, em intervalos de tempo contínuos de 10 minutos, a cada hora, entre às 8h00 e 18h00 (totalizando 100 minutos diários por tratamento experimental por animal), segundo metodologia adotada por Schiassi et al. (2015). Neste sentido, foram analisados os comportamentos expressos por três animais em cada tratamento, uma vez por semana, durante o período experimental.

A distribuição das câmeras no galpão se deu de forma a permitir o monitoramento dos animais em seus respectivos tratamentos. Os suínos foram devidamente identificados no dorso com marcadores específicos, para facilitar a visualização do observador.

As variáveis comportamentais foram analisadas pelo etograma baseado em pesquisas realizadas por Massari et al. (2015); Kiefer et al. (2010), conforme descrito na Tabela 1, em que se determinou a frequência dos eventos comportamentais, percentual do tempo despendido em cada comportamento e a probabilidade de ocorrência pelo teste Qui-Quadrado (X^2), por meio do software Statistical Analysis System (SAS, 2007).

Tabela 1. Etograma comportamental para suínos durante as fases de crescimento e terminação

| Comportamento | Descrição |
|---------------------------|---|
| Ativo | Executando atividade |
| Inativo | Animal totalmente deitado (ventral e/ou lateralmente) com os olhos fechados e sem nenhuma atividade oral. |
| Inativo (alerta) | Parado em pé, deitado ou sentado com os olhos abertos. |
| Postura | |
| Deitar na posição ventral | Apoiar a barriga sobre o piso com todas as pernas debaixo do corpo. |
| Deitar na posição lateral | Deitar de lado com todas as pernas estiradas horizontalmente. |
| Em pé | Corpo apoiado nas quatro pernas (não caminhando). |
| Sentar | Apoiar sobre os membros dianteiros e sentar sobre os membros traseiros. |
| Ajoelhar | Membros dianteiros dobrados e traseiros estirados na vertical. |
| Atividade | |
| Comer | Consumir alimento fornecido. |
| Cheirar | Cheirar o piso realizando movimentos circulares. |
| Beber | Manipular o bebedouro verificando-se consumo de água. |
| Fuçar | Fuçar o solo, explorar o ambiente. |
| Dormindo | Olhos fechados |
| Ócio | Sem atividade |
| Estereotipia | |
| Movimentar a língua | Aerofagia e mostrar a língua repetitivamente. |
| Lamber | Lambendo o piso, a língua toca o piso. |
| Abrir e fechar a boca | Abrir e fechar a boca mantendo a mandíbula estirada durante alguns segundos. |
| Beber | Acesso ao bebedouro e/ou chupeta obsessivamente. |
| Esticar o pescoço | Esticar o pescoço e observar o ambiente a sua volta. |
| Fuçar | Fuçar cocho de alimentação e/ou piso solido repetidas vezes, sem que exista alimento. |
| Interação Social | |
| Lambiscar | Pequenos movimentos de mastigação, enquanto toca outro animal com a boca. |
| Cheirar | Cheirar outro animal, movimentos circulares fuçando ao longo do animal. |
| Lamber | Lamber outro animal, a língua toca o animal. |

Interação agressiva

| | |
|-----------|--|
| Empurrar | Bater ou empurrar outro animal com a cabeça, mordendo ou não. |
| Morder | Morder em uma parte do corpo de outro animal. |
| Brigar | Empurrar-se mutuamente com a cabeça, em paralelo ou na perpendicular, mordendo ou não, em rápidas sucessões. |
| Perseguir | Mover-se rapidamente em perseguição a outro animal. |
| Ameaçar | Contato intimidador, cabeça com cabeça, com refugo de um dos animais. |

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos, no qual foram utilizados 27 animais (machos e fêmeas), distribuídos aleatoriamente em três baias com nove repetições por tratamento.

Os dados foram analisados por meio do seguinte modelo estatístico (Eq. 5):

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + A_i + e_{ijk} \quad (5)$$

Em que:

\hat{Y}_{ijk} é a i-ésima observação de uma das variáveis;

μ : é a média geral;

A_i : é o efeito fixo da climatização;

e_{ijk} : é o erro aleatório.

A análise estatística foi realizada por meio do software Statistical Analysis System (SAS, 2007) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Para avaliações das variáveis meteorológicas foram realizadas análises de regressão entre os tratamentos e o ambiente externo às baias (galpão).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Temperatura e umidade relativa do ar

As baias equipadas com o sistema de resfriamento evaporativo adiabático apresentaram resultado expressivo na redução da temperatura e aumento da umidade relativa do ar, no decorrer das duas fases de produção dos animais (Figura 13). Essas condições foram favoráveis ao conforto térmico dos suínos, que nas fases de crescimento e terminação apresentam exigência térmica entre 18 e 26°C (Gonçalves et al., 2015), com limite crítico superior igual a 27°C e umidade relativa de 50 a 70%, para que sejam mantidos em condições ideais de alojamento (Santos, 2008).

A ventilação forçada não proporcionou atenuação da temperatura do ar (Figura 13), já que esse sistema tem a função de promover o deslocamento da massa de ar de forma mais rápida, resultando no equilíbrio entre as temperaturas interna e externa, o que nesse caso, não foi favorável aos suínos, tendo em vista que a temperatura externa se manteve elevada ao longo de todo estudo.

Nas fases de crescimento e terminação, às 14h00, o resfriamento adiabático reduziu, em média, a temperatura do ar em 7 e 10°C, respectivamente (Figuras 13A e 13C), quando comparado a temperatura externa.

Santos et al. (2012b) e Almeida et al. (2013) observaram redução de 4,5 e 5,4°C, respectivamente, na temperatura do ar, no interior de galpões para produção animal, equipados com sistemas de resfriamento evaporativo em regiões de clima semiárido. Segundo Tinôco & Gates (2005) as formas mais eficientes de resfriamento do ar possibilitam redução média da temperatura do ar de 6°C, para condições brasileiras.

Pelas características peculiares do clima do semiárido, as reduções obtidas foram mais acentuadas, quando comparadas a experimentos em outras localidades, condicionada principalmente pela baixa umidade do ar, que manteve condição média de 50%, no período em que o sistema de climatização permaneceu acionado (Figura 13B e 13D).

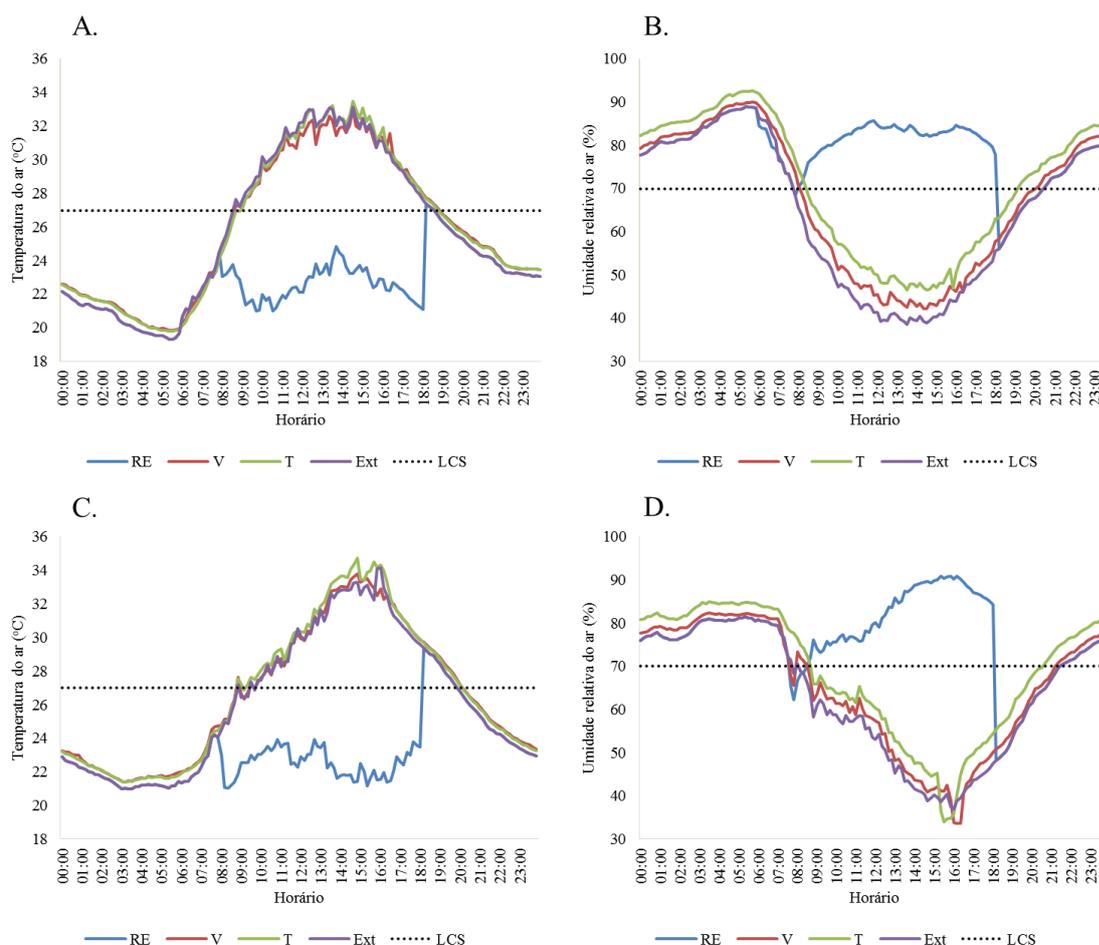


Figura 13. Variação média horária da temperatura e umidade relativa do ar nas fases de crescimento (A e B) e terminação (C e D)

O limite de tolerância de suínos à umidade relativa do ar está intimamente ligado à temperatura ambiental, já que taxas elevadas de umidade diminuem a capacidade de dissipação do calor corporal por meios evaporativos de suínos submetidos a altas temperaturas. Pesquisadores sugerem valores ótimos de umidade relativa entre 50 e 70% (Leal & Nääs, 1992; Teixeira, 1997; Nääs et al., 1998; Moura, 1999; Souza, 2005).

Sobre o exposto, é provável que os animais tenham apresentado dificuldade em dissipar calor durante os horários em que o resfriamento foi acionado, já que a umidade relativa se manteve elevada, na maior parte do tempo em que os nebulizadores estavam ligados, acima de 80%, no entanto, a atenuação da temperatura do ar apresentou efeito compensatório, mantendo os animais em condição adequada de conforto térmico.

As Figuras 14 e 15 representam a variação da temperatura e da umidade relativa do ar em cada tratamento observado com relação ao ambiente externo. Dessa forma, evidencia-se que as baias equipadas com ventilação e a testemunha apresentaram variação similar às registradas no ambiente externo, com coeficientes de determinação (R^2) para temperatura do ar, nas fases de crescimento e terminação de 0,9611; 0,9714; 0,9745 e 0,9782, respectivamente (Figuras 14A, 14C, 15A e 15C).

A variação da temperatura do ar, determinada pelo coeficiente angular da curva, referente as baias com ventilação forçada, na fase de crescimento, apresentaram redução da ordem de 0,82%, devido ao efeito do fluxo de massa e energia, quando comparada àquela registrado no ambiente externo (Figura 14A). Para a fase de terminação, ocorreu acréscimo de 0,54% na temperatura do ar, quando comparado ao ambiente externo, devido à sensível aumento da temperatura do ar no local nessa fase de criação (Figura 15A).

As baias sem climatização apresentaram aumento de 0,03% na temperatura do ar na fase de crescimento (Figura 14C) e de 1,95% na fase de terminação (Figura 15C), quando comparadas a temperatura registrada no ambiente externo, em decorrência das transferências de energia dos animais ao ambiente.

A umidade relativa do ar nas baias com ventilação forçada e testemunha, apresentou relação funcional, nas fases de crescimento e terminação, com alta associação linear e valores de R^2 da ordem de 0,9769; 0,9706; 0,9696 e 0,9307, respectivamente (Figuras 14B, 14D, 15B e 15D). As baias com ventilação apresentaram aumento de 7,3 e 4,5% na umidade relativa do ar, nas fases de crescimento e terminação, respectivamente (Figuras 14B e 15B). Nas baias sem climatização, o acréscimo foi de 14,9% na fase de crescimento e de 9,7% na terminação, comparado ao galpão (Figuras 14D e 15D). O aumento na umidade relativa do ar pode ter sido ocasionado pelas perdas evaporativas dos animais, excretas e molhamento da superfície do piso, em decorrência do acesso dos animais aos bebedouros.

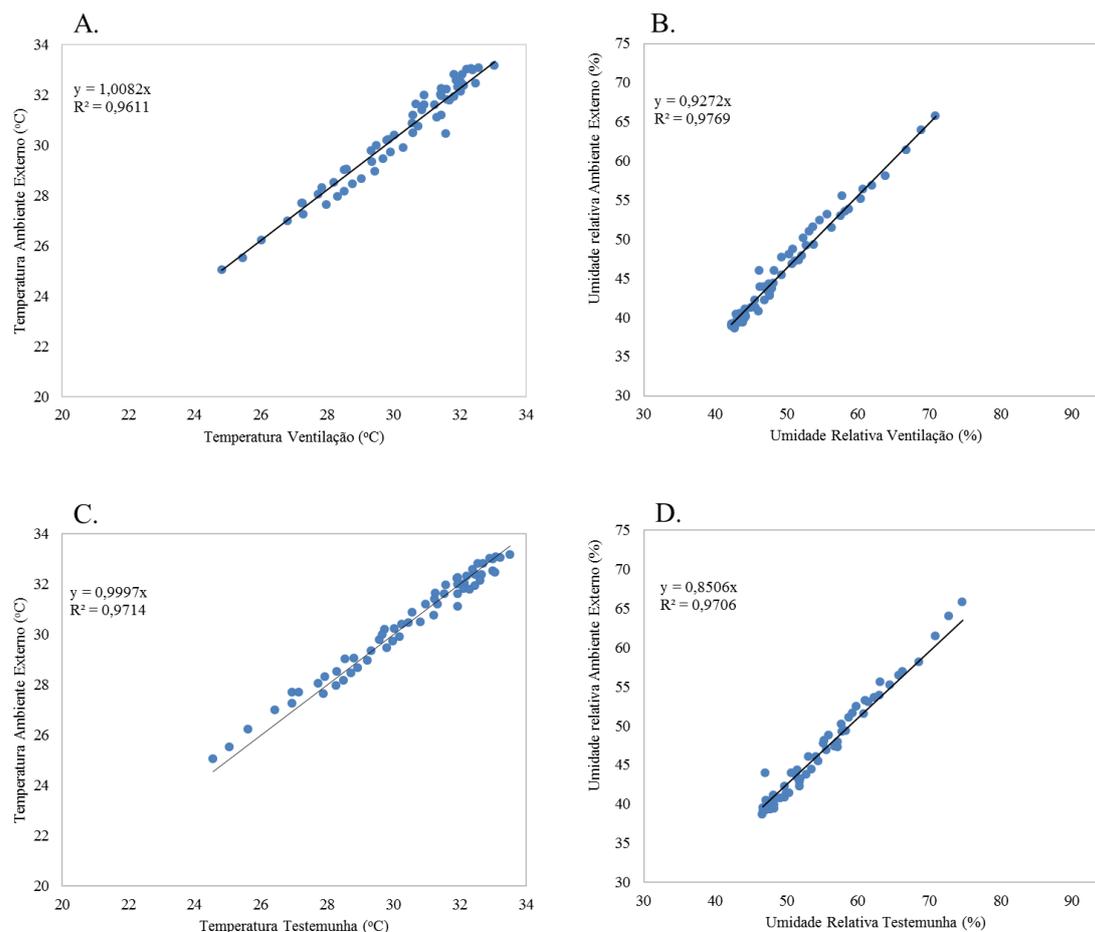


Figura 14. Relação funcional da temperatura e umidade relativa do ar entre o galpão e as baias equipadas com ventilação (A e B), e testemunha (C e D) na fase de crescimento

Por não apresentar associação linear entre as variáveis observadas (valores baixos ou negativos de R^2), os gráficos de regressão referentes ao resfriamento adiabático (tratamento RE), para ambas as fases não foram apresentados. Em decorrência do efeito da capacidade de retenção de vapor d'água pela parcela de ar, a umidade relativa do ar do ambiente externo às baias encontrava-se em média abaixo de 50%, portanto, em condição propícia para que o sistema de resfriamento evaporativo atuasse com alta eficiência na redução da temperatura do ar, o que promoveu irregular dispersão entre os dados de temperatura e umidade relativa do ar, associada a variação dos elementos meteorológicos no intervalo horário de acionamento da climatização.

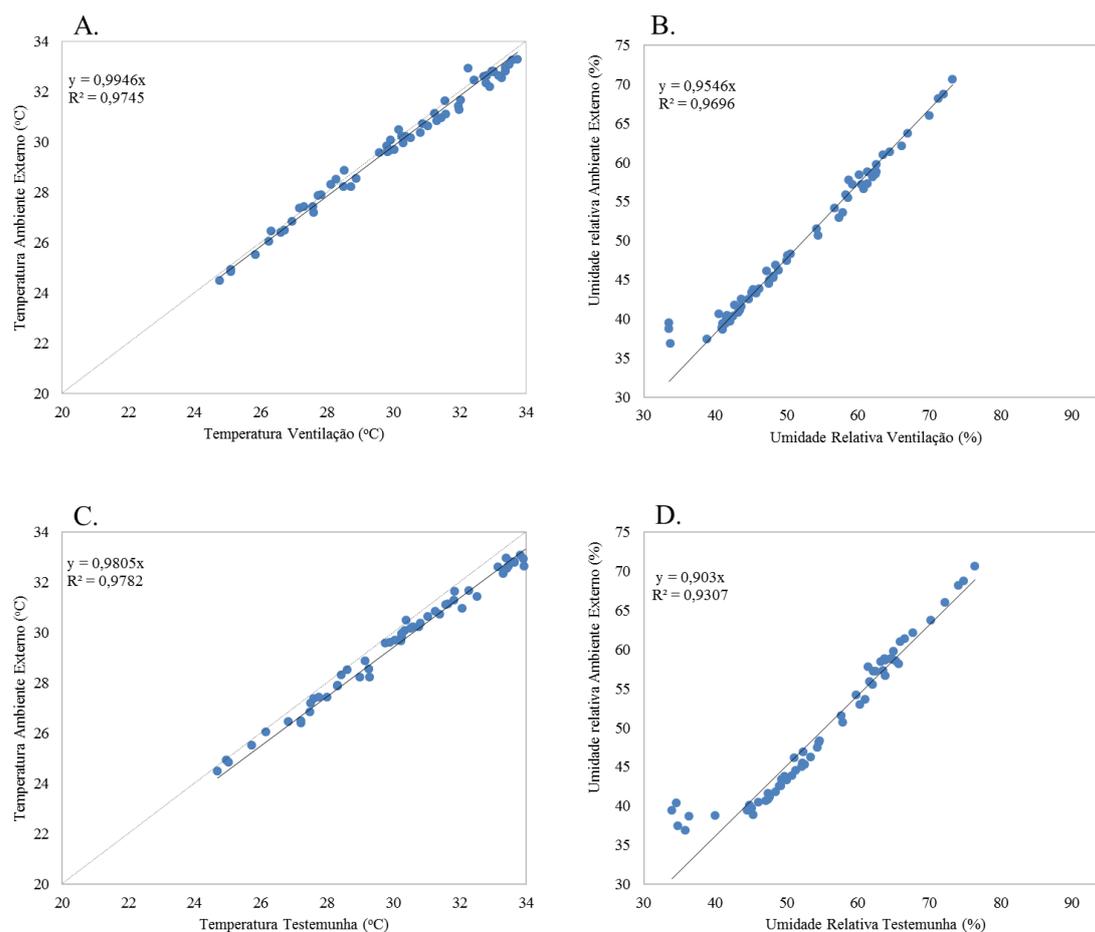


Figura 15. Relação funcional da temperatura e da umidade relativa do ar entre o galpão e as baias equipadas com ventilação (A e B), e testemunha (C e D) na fase de terminação

A variação da temperatura e umidade do ar nas baias com resfriamento evaporativo, na fase de crescimento, apresentaram redução de 34,6% na temperatura e acréscimo de 43,8% na umidade relativa do ar, quando comparadas ao galpão. Na fase de terminação, os valores foram de 33,1% de redução na temperatura e aumento de 40,5% na umidade relativa do ar.

Índices de conforto térmico para suínos

Os índices de conforto empregados na caracterização térmica do alojamento dos animais excederam o limite crítico superior a partir das 09h00 e declinaram às 18h00, nas baias com ventilação forçada e testemunha, para ambas as fases de criação (Figura 16). Isto só não ocorreu nas baias equipadas com resfriamento evaporativo, que proporcionou atenuação do ITGU, CTR e

ITU, até valores tidos como de conforto para suínos nas fases de crescimento e terminação, das 08h00 às 18h00, horário de funcionamento do sistema de climatização (Figuras 16A, B, C, D, G e H).

A entalpia específica (Figuras 16E e F) apresentou perfil de variação diferenciado, em decorrência do efeito preponderante da umidade do ar na determinação desse índice físico, que permite quantificar a energia contida na parcela de ar. Seu efeito pode estar associado a dificuldade do animal em dissipar energia para o ambiente por meio evaporativo. No entanto, quando o animal está submetido a temperaturas amenas o efeito isolado da umidade do ar não caracteriza estresse térmico.

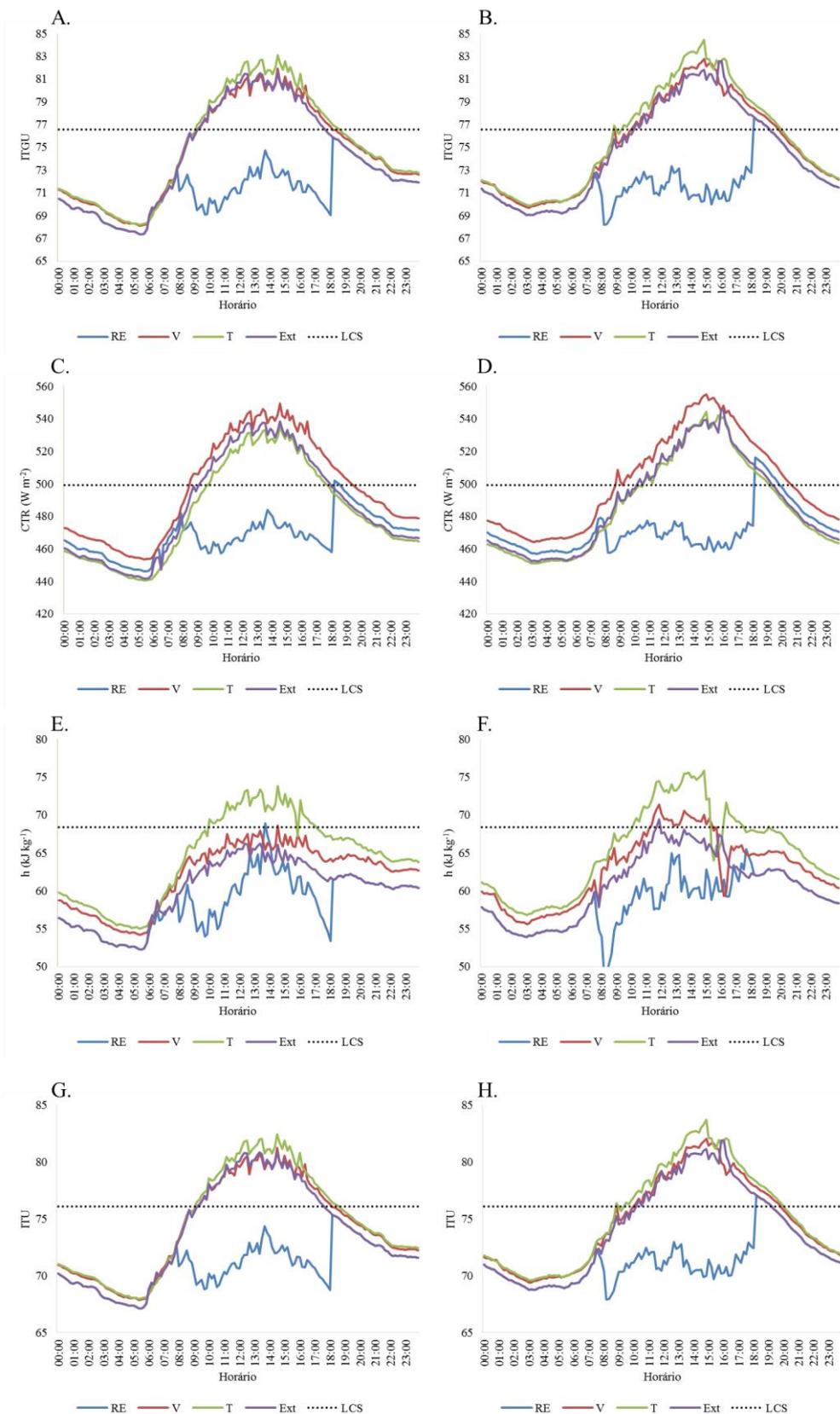


Figura 16. Variação média horária dos índices de conforto térmico nas fases de crescimento ITGU (A), CTR (C), h (E), ITU (G) e terminação ITGU (B), CTR (D), h (F), ITU (H)

A determinação da CTR e do ITU, às 12 e 16h00, nas duas fases de produção (Tabelas 2 e 3), apresentaram maiores médias nas baias sem climatização (testemunha), enquanto os menores valores foram encontrados nas baias com resfriamento evaporativo, que diferiu significativamente ($P < 0,05$) em todas as condições avaliadas. No entanto, as médias da CTR apontaram valores superiores ao referencial de conforto de 450 W m^{-2} , conforme descrevem Baêta & Souza (2010), exceto na fase de crescimento às 04h00, em que excedeu o limite apenas nas baias com ventilação forçada (Tabela 2).

De acordo com NWCSR (1976), o ITU às 12 e 16h00, identificado nas baias sem climatização, é caracterizado como condição de “perigo”, enquanto que as baias que dispuseram de resfriamento evaporativo mantiveram os valores médios na condição “ambiente confortável”, nas duas fases de criação (Tabelas 2 e 3).

A entalpia apresentou as menores médias nas baias com resfriamento evaporativo, $62,26 \pm 1,82$ e $61,45 \pm 2,34$, nas fases de crescimento e terminação (12h00), respectivamente (Tabela 2 e 3). Os maiores valores, $72,24 \pm 0,85$ (crescimento) e $73,40 \pm 0,42$ (terminação), foram encontrados nas baias sem climatização (Tabelas 2 e 3), em que se evidencia condição de desconforto, pois, de acordo com Moura (1999) o limite de entalpia adequado para os animais dessas categorias encontra-se entre 60,4 e 68,6 kJ kg de ar seco⁻¹ (crescimento e terminação). A condição de desconforto ainda se manteve nas baias sem climatização às 16h00 (Tabelas 2 e 3).

Tendo em vista que a entalpia é a quantificação da energia presente em determinada parcela de ar e que essa variável é proporcional ao calor existente no ambiente estudado, os suínos submetidos a valores de entalpia altos se encontram em ambiente desconfortável, tendo suas perdas de calor, através de processos evaporativos, comprometidas.

Apesar do efeito significativo entre os tratamentos para o ITU, nas fases de crescimento e terminação (Tabelas 2 e 3), a maior média entre às 00 e 04h00 não indicou condição de desconforto, de acordo com Moi et al. (2014) o estresse térmico só se evidencia por valores acima de 74. Apesar da genética de suínos ter evoluído bastante nos últimos anos, ainda são escassos os estudos que

atualizem as faixas de conforto térmico, de forma universal. Por isso, pesquisas recentes utilizam essa classificação como padrão (Segnalini et al., 2012; Wegner et al., 2014).

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação dos índices de conforto na fase de crescimento

| Horários | Variáveis | Tratamentos | | | | CV (%) |
|----------|-----------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|--------|
| | | VENT | RE | TEST | EXT | |
| 00:00 | CTR | 471,20 a ± 1,49 | 462,84 b ± 1,89 | 457,11 c ± 1,34 | 458,15 c ± 1,86 | 0,36 |
| | h | 58,30 b ± 0,45 | 55,91 c ± 0,44 | 59,35 a ± 0,40 | 55,91 c ± 0,44 | 0,76 |
| | ITU | 70,65 a ± 0,25 | 69,79 b ± 0,30 | 70,76 a ± 0,23 | 69,79 b ± 0,30 | 0,39 |
| | ITGU | 71,04 a ± 0,26 | 70,15 b ± 0,31 | 71,14 a ± 0,24 | 70,15 b ± 0,31 | 0,40 |
| 04:00 | CTR | 455,35 a ± 0,76 | 448,15 b ± 0,66 | 442,40 d ± 0,86 | 443,75 c ± 0,65 | 0,16 |
| | h | 54,58 b ± 0,10 | 52,76 c ± 0,11 | 55,41 a ± 0,16 | 52,76 c ± 0,11 | 0,23 |
| | ITU | 68,14 a ± 0,10 | 67,46 b ± 0,10 | 68,25 a ± 0,14 | 67,46 b ± 0,10 | 0,16 |
| | ITGU | 68,45 a ± 0,11 | 67,76 b ± 0,10 | 68,56 a ± 0,14 | 67,76 b ± 0,10 | 0,17 |
| 08:00 | CTR | 499,07 a ± 7,33 | 472,76 c ± 2,14 | 481,52 bc ± 6,86 | 489,97 ab ± 7,22 | 1,29 |
| | h | 63,34 a ± 1,08 | 58,34 c ± 1,73 | 64,59 a ± 1,37 | 60,99 b ± 1,06 | 2,16 |
| | ITU | 74,71 a ± 1,01 | 71,38 b ± 0,48 | 74,61 a ± 1,05 | 74,47 a ± 1,02 | 1,25 |
| | ITGU | 75,23 a ± 1,04 | 71,80 b ± 0,49 | 75,12 a ± 1,08 | 74,99 a ± 1,05 | 1,28 |
| 12:00 | CTR | 540,13 a ± 4,11 | 471,08 d ± 3,83 | 527,52 c ± 3,42 | 534,01 b ± 3,15 | 0,70 |
| | h | 66,65 b ± 0,84 | 62,26 c ± 1,82 | 72,24 a ± 0,85 | 65,54 b ± 0,66 | 1,70 |
| | ITU | 79,85 b ± 0,57 | 71,79 c ± 0,74 | 81,25 a ± 0,52 | 80,28 b ± 0,45 | 0,74 |
| | ITGU | 80,55 b ± 0,59 | 72,20 c ± 0,76 | 81,98 a ± 0,53 | 81,01 b ± 0,46 | 0,76 |
| 16:00 | CTR | 530,76 a ± 5,70 | 467,59 c ± 1,82 | 513,84 b ± 5,57 | 516,60 b ± 4,38 | 0,91 |
| | h | 65,95 b ± 0,86 | 60,37 d ± 1,00 | 69,87 a ± 1,12 | 63,54 c ± 0,52 | 1,39 |
| | ITU | 78,71 ab ± 0,77 | 71,08 c ± 0,37 | 79,30 a ± 0,82 | 77,99 b ± 0,58 | 0,86 |
| | ITGU | 79,37 ab ± 0,79 | 71,48 c ± 0,38 | 79,96 a ± 0,85 | 78,64 b ± 0,60 | 0,88 |
| 20:00 | CTR | 492,52 a ± 2,18 | 483,68 b ± 2,46 | 476,97 c ± 1,99 | 478,60 c ± 2,42 | 0,47 |
| | h | 64,07 b ± 0,28 | 61,17 c ± 0,25 | 65,57 a ± 0,34 | 61,17 c ± 0,25 | 0,45 |
| | ITU | 74,06 a ± 0,28 | 73,14 b ± 0,33 | 74,19 a ± 0,29 | 73,14 b ± 0,33 | 0,42 |
| | ITGU | 74,56 a ± 0,29 | 73,62 b ± 0,34 | 74,68 a ± 0,30 | 73,62 b ± 0,34 | 0,43 |

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CTR – Carga Térmica Radiante; h – Entalpia; ITU – Índice de Temperatura e Umidade; ITGU – Índice de Globo Negro e Umidade; VENT – Ventilação; RE – Resfriamento; TEST – Testemunha; EXT – Externo.

Tabela 3. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação dos índices de conforto na fase de terminação

| Horários | Variáveis | Tratamentos | | | | CV (%) |
|----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| | | VENT | RE | TEST | EXT | |
| 00:00 | CTR | 476,19 a ± 0,83 | 467,98 b ± 1,41 | 461,46 c ± 1,15 | 463,20 c ± 1,39 | 0,26 |
| | h | 59,67 b ± 0,13 | 57,37 c ± 0,35 | 60,71 a ± 0,30 | 57,37 c ± 0,35 | 0,50 |
| | ITU | 71,46 a ± 0,12 | 70,65 b ± 0,23 | 71,52 a ± 0,19 | 70,65 b ± 0,23 | 0,27 |
| | ITGU | 71,87 a ± 0,12 | 71,05 b ± 0,23 | 71,93 a ± 0,20 | 71,05 b ± 0,23 | 0,28 |
| 04:00 | CTR | 466,36 a ± 0,36 | 458,65 b ± 0,25 | 452,79 d ± 0,26 | 454,06 c ± 0,24 | 0,06 |
| | h | 56,76 b ± 0,13 | 54,71 c ± 0,09 | 57,80 a ± 0,15 | 54,71 c ± 0,09 | 0,22 |
| | ITU | 69,82 b ± 0,06 | 69,08 c ± 0,04 | 69,96 a ± 0,06 | 69,08 c ± 0,04 | 0,08 |
| | ITGU | 70,19 b ± 0,07 | 69,43 c ± 0,04 | 70,33 a ± 0,06 | 69,43 c ± 0,04 | 0,08 |
| 08:00 | CTR | 495,49 a ± 7,58 | 461,29 c ± 5,11 | 479,89 b ± 7,16 | 483,36 b ± 6,92 | 1,41 |
| | h | 63,83 a ± 1,17 | 51,51 c ± 2,41 | 65,14 a ± 1,40 | 61,06 b ± 0,68 | 2,56 |
| | ITU | 74,37 a ± 1,05 | 68,81 b ± 1,00 | 74,48 a ± 1,09 | 73,69 a ± 0,93 | 1,40 |
| | ITGU | 74,87 a ± 1,09 | 69,17 b ± 1,03 | 74,99 a ± 1,12 | 74,19 a ± 0,96 | 1,44 |
| 12:00 | CTR | 529,67 a ± 4,23 | 472,16 c ± 3,11 | 516,00 b ± 4,12 | 517,93 b ± 3,44 | 0,74 |
| | h | 69,38 b ± 0,53 | 61,45 d ± 2,34 | 73,40 a ± 0,42 | 67,07 c ± 0,61 | 1,85 |
| | ITU | 79,12 b ± 0,43 | 71,80 c ± 0,73 | 80,06 a ± 0,52 | 78,72 b ± 0,38 | 0,69 |
| | ITGU | 79,78 b ± 0,45 | 72,21 c ± 0,75 | 80,73 a ± 0,54 | 79,38 b ± 0,39 | 0,70 |
| 16:00 | CTR | 543,17 a ± 3,35 | 463,35 c ± 3,80 | 530,82 b ± 8,33 | 531,85 b ± 8,53 | 1,25 |
| | h | 62,60 bc ± 2,90 | 60,70 c ± 1,59 | 69,58 a ± 1,63 | 64,42 b ± 1,62 | 3,13 |
| | ITU | 79,44 b ± 0,38 | 70,61 c ± 0,70 | 81,21 a ± 0,86 | 79,84 ab ± 1,23 | 1,09 |
| | ITGU | 80,16 b ± 0,38 | 70,98 c ± 0,72 | 81,95 a ± 0,90 | 80,56 ab ± 1,26 | 1,11 |
| 20:00 | CTR | 501,40 a ± 3,04 | 492,99 b ± 3,23 | 485,78 c ± 2,91 | 487,74 c ± 3,17 | 0,63 |
| | h | 64,36 b ± 0,59 | 61,99 c ± 0,59 | 66,62 a ± 0,67 | 61,99 c ± 0,59 | 0,95 |
| | ITU | 75,14 a ± 0,44 | 74,38 b ± 0,47 | 75,44 a ± 0,45 | 74,38 b ± 0,47 | 0,61 |
| | ITGU | 75,67 a ± 0,45 | 74,89 b ± 0,49 | 75,96 a ± 0,47 | 74,89 b ± 0,49 | 0,63 |

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CTR – Carga Térmica Radiante; h – Entalpia; ITU – Índice de Temperatura e Umidade; ITGU – Índice de Globo Negro e Umidade; VENT – Ventilação; RE – Resfriamento; TEST – Testemunha; EXT – Externo.

Às 00 e 4h00 (Tabelas 2 e 3), foram obtidos valores adequados para ITGU, inferiores a 72 para todos os tratamentos, mesmo apresentando discreta diferença estatística entre si, o que indica que não havia condição de estresse nas baias. Enquanto que às 20h00, obteve-se valores do ITGU entre 73 e 75, o que não seria considerado estresse, mas sim um desconforto térmico, de acordo com a classificação de Sousa (2014).

Comparando vários índices de conforto, Sá Filho et al. (2016) afirma, que dentre eles, o índice de temperatura de globo negro e umidade mostrou ser o mais confiável, quando usado em regiões que a radiação solar ou movimentação do ar sejam elevadas.

Variáveis fisiológicas

A variação da frequência respiratória (FR) durante a fase de crescimento, nos horários das 00, 04, 08, 12 e 20h00 não apresentaram diferença entre os tratamentos. Já às 16h00 houve efeito significativo ($P < 0,05$) entre os animais alojados nas baias com resfriamento evaporativo e nas baias sem climatização (testemunha), com valores da ordem de $58,67 \text{ mov. min}^{-1} \pm 9,00$ e $68,44 \text{ mov. min}^{-1} \pm 5,00$, respectivamente (Tabela 4).

Na fase de terminação, nos horários das 00 e 4h00 não apresentaram efeito significativo. Para os registros das 08, 12 e 16h00, os animais submetidos a ventilação forçada e ao resfriamento evaporativo não diferiram entre si ($P > 0,05$), entretanto, diferiram ($P < 0,05$) daqueles que não dispunham de climatização (testemunha), que apresentaram os maiores valores médios para a FR, indicando que para se adaptar ao calor, os suínos acionam mecanismos fisiológicos que aumentam sua frequência respiratória (Tabela 5).

A frequência respiratória que caracteriza conforto no alojamento de suínos varia de 40 a 60 mov. min^{-1} , de acordo com Ferreira (2011), Oliveira (2015) e Oliveira (2016). Durante as duas fases (Tabelas 4 e 5), em todos os horários de registro, os animais submetidos ao sistema de resfriamento evaporativo apresentaram FR dentro da faixa característica de conforto.

Nos horários mais quentes do dia (08, 12 e 16h00), os animais das baias testemunha exibiram valores mais altos, tendo sido percebido que em situações de estresse térmico os animais recorrem a termólise por via evaporativa, no caso dos suínos, através do aumento da frequência respiratória.

Tabela 4. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis fisiológicas dos animais na fase de crescimento

| Horários | Variáveis | Tratamentos | | | CV (%) |
|----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| | | VENT | RE | TEST | |
| 00:00 | FR | 47,33 a ± 5,00 | 45,67 a ± 8,00 | 46,00 a ± 3,00 | 12,24 |
| | TR | 38,53 b ± 0,20 | 38,40 b ± 0,20 | 38,83 a ± 0,20 | 0,63 |
| | TS | 35,00 a ± 0,30 | 34,91 a ± 0,50 | 35,12 a ± 1,00 | 1,87 |
| 04:00 | FR | 41,78 a ± 5,00 | 42,67 a ± 10,00 | 41,78 a ± 6,00 | 18,25 |
| | TR | 38,60 a ± 0,20 | 38,51 a ± 0,30 | 38,73 a ± 0,30 | 0,67 |
| | TS | 34,28 a ± 0,60 | 34,69 a ± 0,80 | 34,52 a ± 1,00 | 2,27 |
| 08:00 | FR | 48,89 a ± 9,00 | 48,44 a ± 8,00 | 46,22 a ± 4,00 | 14,74 |
| | TR | 38,69 a ± 0,30 | 38,18 b ± 0,40 | 38,53 ab ± 0,30 | 0,84 |
| | TS | 34,12 b ± 0,70 | 35,52 a ± 0,50 | 35,29 a ± 0,50 | 1,68 |
| 12:00 | FR | 58,22 a ± 7,00 | 58,22 a ± 9,00 | 67,11 a ± 8,00 | 13,48 |
| | TR | 38,86 a ± 0,30 | 38,81 a ± 0,20 | 38,78 a ± 0,20 | 0,53 |
| | TS | 36,08 b ± 0,60 | 37,92 a ± 0,20 | 37,68 a ± 0,40 | 1,13 |
| 16:00 | FR | 64,89 ab ± 9,00 | 58,67 b ± 9,00 | 68,44 a ± 5,00 | 12,40 |
| | TR | 38,74 a ± 0,30 | 38,39 b ± 0,30 | 38,98 a ± 0,20 | 0,74 |
| | TS | 36,56 a ± 0,30 | 36,91 a ± 0,60 | 36,79 a ± 0,80 | 1,67 |
| 20:00 | FR | 53,33 a ± 13,00 | 48,89 a ± 8,00 | 57,33 a ± 11,00 | 20,11 |
| | TR | 38,58 a ± 0,20 | 38,40 a ± 0,20 | 38,64 a ± 0,30 | 0,69 |
| | TS | 35,36 b ± 0,60 | 35,79 b ± 0,70 | 36,71 a ± 0,20 | 1,52 |

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. FR – Frequência Respiratória; TR – Temperatura Retal; IT – Imagem Termográfica; VENT – Ventilação; RE – Resfriamento; TEST – Testemunha.

Quanto a temperatura retal (TR), as menores variações já são forte indicativo de desconforto térmico. Nas fases de crescimento e terminação (Tabelas 4 e 5), as menores médias foram obtidas, predominantemente, pelos animais expostos ao resfriamento evaporativo. Na Tabela 4, quando se teve a maior FR do dia (16h00), na fase de crescimento ($68,44 \text{ mov. min}^{-1} \pm 5,00$), foi também o horário que se observou a maior TR ($38,98 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,20$), ou seja, mesmo com os maiores valores de FR e TR nos animais alojados nas baias sem climatização, não houve indicativo de aumento característico de estresse térmico para a TR, pois, de acordo com Kiefer et al. (2010) assume como valor normal para a TR $39,3^{\circ}\text{C}$, como indicador livre de estresse. Portanto, admite-se que os mecanismos de dissipação de energia através da FR (meio latente), foram suficientes para a manutenção da temperatura do núcleo corporal.

Tabela 5. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis fisiológicas dos animais na fase de terminação

| Horários | Variáveis | Tratamentos | | | CV (%) |
|----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| | | VENT | RE | TEST | |
| 00:00 | FR | 41,56 a ± 9,00 | 44,89 a ± 8,00 | 44,67 a ± 10,00 | 21,22 |
| | TR | 38,71 a ± 0,30 | 38,80 a ± 0,40 | 39,04 a ± 0,20 | 0,77 |
| | TS | 35,61 a ± 0,10 | 34,81 b ± 0,60 | 35,46 a ± 0,40 | 1,19 |
| 04:00 | FR | 41,33 a ± 9,00 | 41,33 a ± 3,00 | 36,44 a ± 5,00 | 16,05 |
| | TR | 38,47 b ± 0,40 | 38,42 b ± 0,40 | 38,94 a ± 0,20 | 0,84 |
| | TS | 34,03 a ± 0,60 | 34,03 a ± 0,90 | 34,46 a ± 0,60 | 2,11 |
| 08:00 | FR | 48,44 b ± 10,00 | 51,56 b ± 11,00 | 62,67 a ± 7,00 | 17,15 |
| | TR | 38,40 b ± 0,30 | 38,28 b ± 0,20 | 38,80 a ± 0,10 | 0,60 |
| | TS | 34,23 b ± 0,70 | 35,74 a ± 0,30 | 35,38 a ± 0,40 | 1,36 |
| 12:00 | FR | 60,00 b ± 11,00 | 52,00 b ± 14,00 | 77,33 a ± 6,00 | 17,55 |
| | TR | 38,57 b ± 0,20 | 38,77 ab ± 0,40 | 38,99 a ± 0,10 | 0,62 |
| | TS | 37,19 b ± 0,60 | 37,87 a ± 0,50 | 38,27 a ± 0,30 | 1,27 |
| 16:00 | FR | 64,44 b ± 9,00 | 58,22 b ± 10,00 | 87,56 a ± 13,00 | 15,19 |
| | TR | 38,87 b ± 0,20 | 38,56 c ± 0,30 | 39,27 a ± 0,30 | 0,66 |
| | TS | 37,13 ab ± 0,70 | 37,08 b ± 0,50 | 37,81 a ± 0,50 | 1,56 |
| 20:00 | FR | 57,78 b ± 12,00 | 45,78 c ± 9,00 | 70,67 a ± 5,00 | 15,56 |
| | TR | 38,80 a ± 0,20 | 38,76 a ± 0,50 | 39,12 a ± 0,30 | 0,99 |
| | TS | 36,04 b ± 0,40 | 35,88 b ± 0,40 | 36,90 a ± 0,60 | 1,38 |

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. FR – Frequência Respiratória; TR – Temperatura Retal; IT – Imagem Termográfica; VENT – Ventilação; RE – Resfriamento; TEST – Testemunha.

Na fase de terminação, a maior TR foi evidenciada nos animais que não dispuseram de climatização, apresentando média mínima de 38,80°C às 8h00, chegando ao valor máximo de 39,27°C às 16h00. Em estudo semelhante, Kiefer et al. (2010) apresentou 38,5°C como valor de conforto para temperatura retal, e 39,4 °C como referente a desconforto. Durante todo o dia, a temperatura retal máxima obtida pelos animais submetidos a ventilação e resfriamento evaporativo, na fase de terminação, foi de 38,87°C, não atingindo a TR característica de estresse térmico (Tabela 5).

A variação encontrada para TR entre os animais em diferentes ambientes térmicos, pode indicar que os mecanismos responsáveis pela redução na produção de calor endógeno e aumento da dissipação de calor, não foram suficientes para prevenir o aumento da temperatura corporal, sendo necessário

o acionamento de outros mecanismos por parte do animal, ou mesmo implantação de sistemas auxiliares para potencializar a troca de calor animal x ambiente, com o intuito de proporcionar o bem-estar do cliente dentro do sistema de produção.

O registro da temperatura de superfície dos animais (TS) evidencia que aqueles que foram submetidos a ventilação forçada, apresentaram as menores médias ($P < 0,05$), na fase de crescimento e terminação (Tabelas 4 e 5), ocasionadas pelo efeito convectivo do ar, que auxilia na dissipação da energia do corpo do animal para o ambiente, com consequente redução da TS.

Nos horários das 16 e 20h00, durante a fase de terminação, a TS dos animais expostos a ventilação e ao resfriamento evaporativo não diferiram estatisticamente entre si, as maiores médias foram obtidas entre os animais que não foram submetidos a climatização (Tabela 5).

Os resultados referentes à temperatura superficial (TS) durante as duas fases (Tabelas 4 e 5) mostram que, mesmo com o uso dos mecanismos de climatização a TS dos animais superaram os valores considerados normais, para animais homeotérmicos, que se situa entre 33 e 35°C (Huynh et al., 2005). Ainda assim, a estocagem térmica não foi suficiente para alterar a temperatura de núcleo corporal, evidenciada pela TR.

Desempenho

Na fase de crescimento, o consumo diário de ração (CR) não apresentou diferença entre os animais submetidos a ventilação forçada e ao resfriamento evaporativo, mostrando efeito significativo somente para os animais alojados nas baias sem climatização, o que corrobora Morales et al. (2014) ao comparar a alimentação de suínos em conforto térmico e estresse por calor, na fase de crescimento, evidenciaram que o efeito da alta temperatura causa acentuada redução no consumo de ração. Para fase de terminação, o menor consumo de ração também foi registrado entre aqueles submetidos às baias sem climatização ($P < 0,05$).

Essa relação negativa entre a alta temperatura e o consumo de ração é abordada em vários estudos, como Kiefer et al. (2010), Ferreira (2011), Oliveira (2016). Santos et al. (2012a) comparando o consumo de ração diário para

animais da mesma faixa de peso, genética e nutrição, puderam afirmar que as elevadas temperaturas ambientais registradas no transcorrer das pesquisas influenciaram o consumo de ração.

Na fase de crescimento (Tabela 6), a conversão alimentar (CA) foi melhor para os animais submetidos às baias com resfriamento evaporativo, no entanto, com efeito significativo para aqueles provenientes das baias com ventilação forçada e sem climatização. A pior CA foi verificada entre os animais alojados nas baias com ventilação forçada. Na fase de terminação, os animais submetidos ao resfriamento evaporativo apresentaram melhor CA ($P < 0,05$), o que evidencia a eficiência do sistema de climatização no desempenho dos animais (Tabela 6).

Resultados similares foram encontrados por Kiefer et al. (2009), em trabalho com suínos entre 30 e 60 kg de peso vivo, em que os autores relataram piora na CA para animais mantidos sob calor, comparados aos mantidos em ambiente termoneutro.

O ganho de peso (GP) apresentou diferença estatística entre os animais mantidos em seus respectivos tratamentos, para ambas as fases de criação. Nota-se na Tabela 6, que os animais submetidos às baias com resfriamento evaporativo apresentaram melhor ganho de peso e conversão alimentar ($p < 0,05$) e alcançaram os 100 dias com 64,91 kg, ou seja, 5,8 e 10,7% superior ao peso vivo dos animais expostos a baia com ventilação forçada e sem climatização, respectivamente. Esses resultados corroboram Kiefer et al. (2010), em estudo com suínos entre 30 e 60 kg de peso vivo, em que relatam piora na CA para animais mantidos sob calor, comparados aos mantidos em ambiente termoneutro.

O peso vivo (PV), na fase de terminação apresentou menor média para os animais alojados nas baias sem climatização ($84,07 \text{ c} \pm 1,44$); as maiores médias alcançadas pelos animais submetidos as baias com ventilação e resfriamento evaporativo ($94,12 \text{ b} \pm 1,24$; $105,27 \text{ a} \pm 1,91$), respectivamente (Tabela 6).

O resfriamento evaporativo permitiu reduzir o tempo para alcance do peso vivo de abate em 14 dias, admitindo-se os animais terminados com 90 kg de peso vivo aos 138 dias. No entanto, quando se compara aos animais alojados

nas baias sem climatização com aqueles expostos ao resfriamento evaporativo os animais alcançaram os 90 kg de peso vivo 23 dias antes daqueles alojados nas baias sem climatização, o que repercute na redução dos custos com a alimentação e no alojamento dos animais, ampliando a margem de lucro nesse sistema de criação.

Tabela 6. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis de desempenho dos animais nas fases de crescimento e terminação

| Fases | Variáveis | Tratamentos | | | CV (%) |
|-------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| | | VENT | RE | TEST | |
| Crescimento | CR | 1,917 a ± 0,64 | 1,873 a ± 0,35 | 1,673 b ± 0,54 | 1,40 |
| | GP | 0,852 b ± 0,028 | 0,956 a ± 0,032 | 0,764 c ± 0,018 | 1,47 |
| | CA | 2,25 a ± 0,17 | 1,96 b ± 0,13 | 2,19 a ± 0,08 | 1,19 |
| | PV | 61,17 b ± 1,96 | 64,91 a ± 1,01 | 58,00 c ± 1,37 | 2,19 |
| Terminação | CR | 2,973 a ± 0,21 | 3,101 a ± 0,39 | 2,161 b ± 0,26 | 2,23 |
| | GP | 0,867 b ± 0,036 | 1,062 a ± 0,041 | 0,686 c ± 0,019 | 1,34 |
| | CA | 3,43 a ± 0,17 | 2,92 b ± 0,12 | 3,15 a ± 0,15 | 1,65 |
| | PV | 94,12 b ± 1,24 | 105,27 a ± 1,91 | 84,07 c ± 1,44 | 2,12 |

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. CA – Conversão Alimentar; GP – Ganho de Peso; PV – Peso Vivo; CR – Consumo de Ração; VENT – Ventilação; RE – Resfriamento; TEST – Testemunha.

Análise Comportamental

As Tabelas 7 e 8 mostram a análise geral da frequência (Freq) das observações e o percentual (Perc) do tempo despendido nos comportamentos estabelecidos no etograma.

Na fase de crescimento (Tabela 7), os comportamentos “ativo”, “em pé” e “comendo” tiveram maior frequência entre os animais alojados nas baias com resfriamento evaporativo (RE), quando comparado as demais condições de alojamento. A menor frequência desses comportamentos foi observada nos animais expostos a ventilação forçada e nas baias sem climatização, indicando que o incremento térmico implicou na diminuição da frequência desses comportamentos.

Durante as fases de crescimento e terminação todos os animais se mantiveram a maior parte do tempo “inativo”, “deitado na posição lateral” e

“dormindo”, contudo, os animais que mais evidenciaram esses comportamentos foram aqueles submetidos às baias com resfriamento evaporativo (Tabelas 7 e 8).

Medeiros (2013) atribui os comportamentos letárgicos como típicos da fase de terminação, em que os animais permanecem a maior parte do tempo deitados, por apresentarem maior massa corporal, o que dificulta sua locomoção. No entanto, Massari et al. (2015) relaciona a predisposição para a manutenção do comportamento deitado associado ao aumento da temperatura ambiental, o que justifica a prática desses comportamentos pelos animais contidos nas baias com ventilação forçada e sem climatização.

Tabela 7. Frequência (Freq) e percentual (Perc) do tempo despendido na expressão dos comportamentos dos animais na fase de crescimento

| Comportamento | | Tratamentos | | | TOTAL |
|------------------|------|-------------|------|------|-------|
| | | VENT | RE | TEST | |
| Ativo | Freq | 572 | 649 | 597 | 1818 |
| | Perc | 2,95 | 3,34 | 3,07 | 9,36 |
| Inativo | Freq | 1357 | 1231 | 1400 | 3988 |
| | Perc | 6,98 | 6,33 | 7,2 | 20,51 |
| Inativo (alerta) | Freq | 231 | 283 | 165 | 679 |
| | Perc | 1,19 | 1,46 | 0,85 | 3,50 |
| Deitado ventral | Freq | 600 | 667 | 679 | 1946 |
| | Perc | 3,09 | 3,42 | 3,49 | 10,00 |
| Deitado lateral | Freq | 1027 | 854 | 936 | 2817 |
| | Perc | 5,28 | 4,39 | 4,82 | 14,49 |
| Em pé | Freq | 492 | 587 | 506 | 1585 |
| | Perc | 2,53 | 3,02 | 2,61 | 8,16 |
| Comendo | Freq | 213 | 295 | 273 | 781 |
| | Perc | 1,1 | 1,51 | 1,41 | 4,02 |
| Fuçando | Freq | 237 | 227 | 213 | 677 |
| | Perc | 1,22 | 1,16 | 1,1 | 3,48 |
| Ócio | Freq | 236 | 283 | 186 | 705 |
| | Perc | 1,22 | 1,45 | 0,95 | 3,62 |
| Dormindo | Freq | 1355 | 1218 | 1384 | 3957 |
| | Perc | 6,98 | 6,26 | 7,12 | 20,36 |
| Outros | Freq | 160 | 186 | 141 | 487 |
| | Perc | 0,85 | 0,98 | 0,76 | 2,59 |
| Total | Freq | 6480 | 6480 | 6480 | 19440 |

| | | | | | |
|--------------|------|-------|-------|---------------|-----|
| | Perc | 33,39 | 33,38 | 33,32 | 100 |
| Qui-quadrado | GL | | | Probabilidade | |
| 1015,09 | 16 | | | <.0001 | |

O comportamento fuçando apresentou maior frequência nos animais mantidos nas baias com ventilação e resfriamento evaporativo, indicando que os animais estavam em ambientes pouco estressantes ou até mesmo confortáveis, tendo em vista a expressão de comportamento natural a espécie (Tabela 7).

O comportamento “bebendo” não obteve frequência significativa nas fases observadas, tendo seus valores apresentados em “outros”.

Tabela 8. Frequência (Freq) e percentual (Perc) do tempo despendido na expressão dos comportamentos dos animais na fase de terminação

| Comportamento | | Tratamentos | | | |
|------------------|------|-------------|------|------|-------|
| | | VENT | RE | TEST | TOTAL |
| Ativo | Freq | 558 | 314 | 376 | 1248 |
| | Perc | 2,87 | 1,62 | 1,94 | 6,43 |
| Inativo | Freq | 1474 | 1620 | 1518 | 4612 |
| | Perc | 7,58 | 8,34 | 7,8 | 23,72 |
| Inativo (alerta) | Freq | 128 | 226 | 266 | 620 |
| | Perc | 0,66 | 1,17 | 1,37 | 3,2 |
| Deitado ventral | Freq | 498 | 474 | 582 | 1554 |
| | Perc | 2,56 | 2,43 | 3 | 7,99 |
| Deitado lateral | Freq | 1156 | 1308 | 1168 | 3632 |
| | Perc | 5,95 | 6,73 | 6,01 | 18,69 |
| Em pé | Freq | 448 | 240 | 320 | 1008 |
| | Perc | 2,31 | 1,24 | 1,64 | 5,19 |
| Comendo | Freq | 240 | 158 | 174 | 572 |
| | Perc | 1,24 | 0,81 | 0,9 | 2,95 |
| Fuçando | Freq | 236 | 82 | 156 | 474 |
| | Perc | 1,21 | 0,42 | 0,81 | 2,44 |
| Ócio | Freq | 126 | 226 | 262 | 614 |
| | Perc | 0,65 | 1,17 | 1,34 | 3,16 |
| Dormindo | Freq | 1478 | 1620 | 1522 | 4620 |
| | Perc | 7,6 | 8,34 | 7,82 | 23,76 |
| Outros | Freq | 138 | 212 | 136 | 486 |
| | Perc | 0,7 | 1,08 | 0,69 | 2,47 |

| | | | | | |
|--------------|------|-------|-------|---------------|-------|
| Total | Freq | 6480 | 6480 | 6480 | 19440 |
| | Perc | 33,33 | 33,35 | 33,32 | 100 |
| Qui-quadrado | | GL | | Probabilidade | |
| 1515,57 | | 16 | | <.0001 | |

CONCLUSÕES

As variáveis meteorológicas e os índices de conforto permitiram a caracterização térmica das condições de alojamento dos animais, sendo que os animais submetidos as baias com resfriamento evaporativo permaneceram por mais tempo em condição de conforto, nas fases de crescimento e terminação.

As respostas fisiológicas evidenciaram redução na frequência respiratória e temperatura retal, nos animais alojados nas baias com resfriamento evaporativo, no entanto, a magnitude do estresse sofrido pelos animais nas baias sem climatização não foi suficiente para ampliar a temperatura retal acima do limite de homeotermia, para ambas as fases de criação.

Os sistemas de climatização influenciaram positivamente o desempenho dos animais alojados nas baias com resfriamento evaporativo e reduziram o tempo de alcance do peso vivo de abate em 23 dias.

Os suínos submetidos ao resfriamento evaporativo apresentaram maior frequência de atividade ingestiva e ampla expressão letárgica, típica das fases de criação estudadas. Além disso, os animais apresentaram maior frequência de comportamentos exploratórios, estimulados pelo melhor acondicionamento térmico no alojamento.

REFERÊNCIAS

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. Produção brasileira de carne suína. Relatório anual 2017.

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. Produção brasileira de carne suína. Relatório anual 2016.

ABREU P. G.; ABREU, V. M. N.; FRANCISCON, L.; COLDEBELLA, A.; AMARAL, A. G. Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco. *Engenharia na agricultura*, Viçosa - MG, v.19, n.6, p. 557-563, 2011.

ABREU, M.L.T., DONZELE, J.L., & SUIDA, D. Nutrição de suínos em climas quentes. In: I Congresso Latino-Americano De Suinocultura, Foz do Iguaçu, Anais... Foz do Iguaçu. p. 200-217. 2002.

ABREU, P. G., ABREU, V. M. N., COLDEBELLA, A., JAENISCH, F. R. F., & PAIVA, D. P. Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso de forro. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 59, n. 4, p. 1014-1020, 2007.

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BAPTISTA, F.; GUISELINI, C.; BARNABÉ, J. M. C. Thermal efficiency of individual shelters for girolando calves in brazilian semi-arid regions. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.36, n.1, p.13-23, 2016.

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; BARBOSA, S. B. P.; PEREIRA, D. F.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. P. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.17, n.8, p.892–899, 2013.

ANDRADE, T. V. DE ; SOUSA, P. H. A. A. DE ; BARROS JÚNIOR, C. P. ; BORGES, L. DA S. ; CARVALHINHO, S. T. ; SILVA, Â. L. DA ; FARIAS, L. A. ; DOURADO, L. R. B. ; LIMA, S. B. P. DE. Aspects related to animal welfare in pig production. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* v.3, n.4, p.124-127, 2015.

ANTUNES, R. Contribuição do melhoramento genético para ganhos de qualidade e produtividade em suínos. Trabalho apresentado nos Anais de Zootec 2005. Campo Grande, 2005.

AVERÓS, X.; APARICIO, M. A.; FERRARI, P.; GUY, J. H.; HUBBARD, C.; SCHMID, O.; ILIESKI, V.; SPOOLDER, H. The effect of steps to promote higher levels of farm animal welfare across the EU. Societal versus animal scientists' perceptions of animal welfare. *Animals*, Basel, v. 3, n. 3, p. 786-807, 2013.

BACCARI JÚNIOR, F. Manejo Ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, p.142, 2001.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C.F. Ambiência em edificações rurais: Conforto animal. 2^o ed. Viçosa: UFV. p.246, 2010.

BANKS, E. M. Behavioral research to answer questions about animal welfare. *Journal of Animal Science*, v.54, n.2, p.434-446, 1982.

BARBOSA FILHO. J. A. D. Caracterização quantitativa das características bioclimáticas e produtivas nas operações pré-abate de frangos de corte. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BARROS, P. C.; OLIVEIRA, V.; CHAMBÓ, E. D.; SOUZA, L. C. Aspectos práticos da termorregulação em suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, Artigo 114. v.7, n.3 p.1248-1253, 2010.

BERNARDES, L. A. H.; PRATA, L. F. Qualidade da carne suína-parte 1. Artigo na web: www.beefpoint.com.br, 2001.

BEWLEY, J. M.; BOYCE, R. E.; HOCKIN, J.; MUNKSGAARD, L.; EICHER, S. D.; EINSTEIN, M. E.; SCHUTZ, M. M. Influence of milk yield, stage of lactation, and body condition on dairy cattle lying behaviour measured using an automated activity monitoring sensor. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 77, n. 1, p. 1–6, 2010.

BIANCA, W.; KUNZ, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v.5, n.1, p.57-69, 1978.

BRÊTAS, A. A.; FERREIRA, R. A.; AMARANTE JÚNIOR, V. S.; PEREIRA, W. E.; FONSECA, J. B.; CALDAS, F. R. L. 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, 2011.

BRIDI, A. M., OLIVEIRA, A. D., FONSECA, N. A. N., SHIMOKOMAKI, M., COUTINHO, L. L., & SILVA, C. D. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina

e do sexo do animal na qualidade da carne suína. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.5, p.2027-2033, 2006.

BRIDI, A.M.; NICOLAIEWSKY, S.; RUBENSAM, J.M. BOTH, M. D. C., & LOBATO, J. F. P. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção na qualidade da carne suína. *Revista brasileira de zootecnia= Brazilian journal of animal science*. Viçosa, MG. Vol. 32, n. 4, p. 942-950, 2003.

BROWN-BRANDL, T.M., ROHRER, G.A., EIGENBERG, R.A. Analysis of feeding behavior of group housed growing–finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.96, p. 246–252, 2013.

BRUSTOLINI, A.P.L.; FONTES, D. DE O. FATORES QUE AFETAM A EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DE SUÍNOS NA TERMINAÇÃO. IN: FERREIRA, A.D.; CARRARO, B.; DALLANORA, D.; MACHADO, D.; MACHADO, I.P.; PINHEIRO, R.; ROHR, S. *Produção de suínos: teoria e prática*. Brasília: ABCS, cap.16, p.677-685, 2014.

BUFFINGTON, D. E. COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PIT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE, Saint Joseph*, v. 24, p. 711-714, 1981.

CAMPOS, P. F., GOMIDE, A. P. C., SCOTTÁ, B. A., BARROCA, C. C., & SOARES, M. H. Impactos da seleção genética na qualidade da carne suína. *PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia Londrina*, v. 8, n. 2, Ed. 251, Art. 1659, 2014.

CARVALHO, L. E. DE; 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. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.6, p.1486-1491, 2004.

Chagas, D. C. A. Detecção dos Genes Halotano e Rendimento Nápole em plantéis de suínos no Distrito Federal e Entorno. *Dissertação (Mestrado em Saúde Animal) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília*, 2014.

CHANNON, H.A.; PAYNE, A.M.; WARNER, R.D. Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Science*, v. 56, n. 3, p. 291-299, 2000.

CONCEIÇÃO, M. N.; ALVES, S. P.; TELATIN JÚNIOR, A.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; TONOLI, G. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 5, p. 536-539, 2008.

CULAU, P.O.V. A contribuição do gene halotano sobre as características de qualidade da carne suína. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

DALLA COSTA, O. A., DIESEL, T., COSTA, M. J. R. P. D., & DALLA COSTA, F. O uso de ducha: efeito sobre o bem-estar e a qualidade da carcaça e da carne em suínos transportados para o abate. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* p. 600-606, 2015.

D'ALTERIO G., CASELLA S., GATTO M., GIANESELLA M., PICCIONE G., MORGANTE M. Circadian rhythm of foot temperature assessed using infrared thermography in sheep. *Czech Journal Animal Science*, Prague, v. 56, n. 7, p. 293-300, 2011.

DAMASCENO, F. A., SCHIASSI, L., SARAZ, J. A. O., GOMES, R. C. C., & DA COSTA BAËTA, F. Concepções arquitetônicas das instalações utilizadas para a produção avícola visando o conforto térmico em climas tropicais e subtropicais. *Pubvet*, v. 4, p. Art. 986-991, 2010.

DESHAZER, J. A.; HAHN, G. L. XIN, H. Basic principles of the thermal environment and livestock energetics. In: DESHAZER, J.A. (ed). *Livestock energetic and thermal environmental management*. ST. Joseph: ASABE, 2009. Cap. 1, p. 1-22.

DIAS, C. P., DA SILVA, C. A., FOPPA, L., CALLEGARI, M. A., & PIEROZAN, C. R. Panorama brasileiro do bem-estar de suínos. *Revista Acadêmica: Ciência*

Animal, v. 16, p. 1-15, 2018.
DIAS, C.P., SILVA, C.A., MANTECA, X. Bem-estar dos Suínos. O Autor: Londrina. 15 403p. 2014 – substituir Dias 2014 por Dias 2018.

DIAS, A. C., CARRARO, B. Z., DALLANORA, D., COSER, F. J., MACHADO, G. S., MACHADO, I. P., ... & ROHR, S. Manual Brasileiro de boas praticas Agropecuárias na Produção de suínos. Brasilia, DF:ABCS, MAPA, Concordia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 140p.

EIKELENBOOM, G.; COSTA, N. Fibre optic probe measurements in landrace pigs of different halothane phenotypes. In: Annual International Congress Of Meat Science And Technology, 34., 1988, Brisbane. Proceedings... Brisbane: 1988. p.30-33.

ESMAY, M. L. Principles of animal environment. Westport, Avi Publishing Company Inc, 1982. 325p.

FAÇANHA, D. A. E.; VASCONCELOS, A. M.; OLIVIO, C. J.; CARVALHO, N. M. Comportamento de bezerros da raça Holandesa submetidos a diferentes tipos de instalações. In: Reunião Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 23., 1997, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.115-116.

FÁVERO, J. A., & BELLAVÉR, C. Produção De Carne De Suínos. In Congresso Brasileiro De Ciência E Tecnologia De Carnes (Vol. 1). Campinas: CTC/ITAL. 2001.

FERREIRA, L. C. B. Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente: para aves, suínos e bovinos. 2 Ed. Viçosa, MG. 2011.

FERREIRA, R. A., OLIVEIRA, R. F. M., DONZELE, J. L., SARAIVA, E. P., SILVA, F. C. O., ORLANDO, U. A. D., & VAZ, R. G. M. V. Redução da proteína bruta e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg

mantidos em ambiente de alta temperatura. *Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 818-824, 2007.

FERREIRA, R. A.; FASSANI, E. J.; RIBEIRO, B. P. V. B.; RODRIGO OLIVEIRA, F.; CANTARELLI, V. S.; ABREU, M. L. T. Programas de luz para suínos em crescimento. *Archives of Veterinary Science*, v.20, n.3, p.65-70, 2015.

FISHER, P.; MELLETT, F.D.; HOFFMAN, L.C. Halothane genotype and pork quality. 1. Carcass and meat quality characteristics of three halothane genotypes. *Meat Science*, v.54, p.97-105, 2000.

GIANOTTI, G., BEHEREGARAY, W. K., BIANCHI, S. P., MOMBACHI, V. S., CARREGARO, A. B., & CONTESINI, E. A. Suíno como modelo experimental na pesquisa biomédica: valores fisiológicos normais. *Acta scientiae veterinariae*. Porto Alegre, RS. v. 38, n. 2, p. 133-137, 2010.

GONÇALVES, L. M. P.; KIEFER, C.; SOUZA, K. M. R.; MARÇAL, D. A.; ABREU, R. C.; SILVA, A. M. P. S.; ALENCAR, S. A. S. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação. *Ciência Rural*, v. 45, n. 3, p. 464-469, 2015.

GRACIANO, D. E. Aplicações da termografia infravermelha na produção animal. UFGD: Mato Grosso do Sul. Dissertação. 2013.

GRANDIN, T.; JOHNSON, C. O bem-estar dos animais – Proposta de uma vida melhor para todos os bichos. São Paulo: Rocco, 2010. 334p.

GRAVES, H.B. Behaviour and ecology of wild and feral swine (*Sus scrofa*). *Journal Animal Science*, v.58, p.482–492, 1984.

HAHN, G. L.; PARKHURST, A. M., & GAUGHAN, J. B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. *Transactions of American Society of Agricultural Engineering*, v.40, p.97-121, 1997.

HARTSOCK, T. G. Ethological approach to farm animal behavior research. *Journal of Animal Science*. v.54, n.2, p.447-449, 1982.

HUYNH, T. T. T., AARNINK, A. J. A., VERSTEGEN, M. W. A., GERRITS, W. J. J., HEETKAMP, M. J. W., KEMP, B., & CANH, T. T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.83, n.6, p. 1385-1396, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE – Estatística da Produção Pecuária, p.12-15, 2016.

IRGANG, R. Melhoramento Genético Aplicado à Produção de Suínos: Raças e linhagens na produção de suínos. In: SUÍNOS. Associação Brasileira de Criadores de et al. Produção de suínos: Teoria e Prática. Brasília: Coordenação Técnica da Integrall Soluções em Produção Animal. 2014. p. 51-84.

JÄÄSKELÄINEN, T.; KAUPPINEN, T.; VESALA, K. M.; VALROS, A. Relationships between pig welfare, productivity and farmer disposition. *Animal Welfare*, Washington, v. 23, p. 435-443, 2014.

JONES, G. F. Genetics aspects of domestication, common breeds and their origin. In: Rothschild, M. and Ruvinsky, A. (Eds.), *The genetics of the pig*. Wallingford, UK: CAB International. p. 17-50, 1998.

Jornal Oficial Da União Europeia. Directivas Directiva 2008/120/CE DO CONSELHO de 18 de Dezembro de 2008 relativa às normas mínimas de protecção de suínos (Versão codificada).

JUSTINO, E.; NÄÄS, I. A.; ARVALHO, T. M. R.; SALGADO, D. A. Efeito do resfriamento evaporativo e do balanço eletrolítico sobre a lactação de porcas em condições de verão tropical. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.67, n.2, p.455-464, 2015.

JUSTINO, E.; NÄÄS, I. A.; CARVALHO, T. M. R.; NEVES, D. P.; SALGADO, D. D. The impact of evaporative cooling on the thermoregulation and sensible heat loss of sows during farrowing. *Engenharia Agrícola*. v.34 n.6, 2014.

KERR, B.J.; YEN, J.T.; NIENABER, J.A. & EASTER, R. A. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environment temperature on

performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. *Journal of Animal Science*, v.81, n. 8. p.1998-2007, 2003.

KIEFER, C.; MOURA, M. S.; SILVA, E. A.; 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, n. 2, p. 496-504, 2010.

KIEFER, C.; MEIGNEN, B. C. G.; SANCHES, J. F.; CARRIJO, A. S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. *Archivos de Zootecnia, Córdoba*, v. 58, n. 221, p. 55-64, 2009.

KILGOUR, R.; DALTON, S. *Livestock Behaviour*. London, Grana, 2 319p. 1984.

KREBS, C. J.; DAVIES, N. B. *Introdução à ecologia comportamental*. São Paulo: Atheneu, 1996. 420 p.

LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v.80, n.3. p.691-701, 2002.

LEACH, L.M.; ELLIS, M.; SUTTON, D.S.; MCKEITH, F. K., & WILSON, E. R. The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *Journal of Animal Science*. v. 74, n. 5, p. 934-943, 1996.

LEAL, P. M.; NÃÃS, I. A. *Ambiência animal*. In: CORTEZ, L. A. B.: MAGALHÃES, P. S. G. (Org.). *Introdução à engenharia agrícola*. Campinas, SP: Unicamp. 1992. p. 121-135.

LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. O. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, MG, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.

LOUVAIN, L.C.; CABRAL, L.G.; GOMES, K.R. Aplicação da Termografia na Manutenção preditiva. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense v. 1, p. 109-112, 2010.

MAIA, A. P. A.; SARUBBI, J; MEDEIROS, B. B. L.; MOURA, D. J. Enriquecimento ambiental como medida para o bem-estar positivo de suínos (Revisão). Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas, Santa Maria, v.14, n.14, p.2862-2877, 2013.

MANNO, M. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, W. P.; VIEIRA VAZ, R. G. M.; SILVA, B. A. N.; SARAIVA, E. P.; LIMA, K. R. S. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, n. 35, n. 2, p. 471-477, 2006.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

MARTELLO, L. S. Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2006.

MARTELLO, L. S; SAVASTANO JUNIOR, H; SILVA, S. L; TITTO, E. A. I. Respostas fisiológicas e reprodutivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.1, p.181-191, 2004b.

MASSARI, J. M.; CURI, T. M. R.; MOURA, D. J.; MEDEIROS, B. B. L. & SALGADO, D. D. A. Características comportamentais de suínos em crescimento e terminação em sistema “Wean to finish”. Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.35, n.4, p.646-656, 2015.

MATARAZZO, S. V. Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo freestall para vacas em lactação. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2004.

MEDEIROS, B.B.L. Bem-estar e desempenho de suínos criados em sistema “wean to finish”. Campinas: Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola, Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). 2013.

MELO, R. L. C. DE. Avaliação comportamental e fisiológica de suínos criados ao ar livre em clima quente. Recife: UFRPE. Dissertação. 48p. 2015.

MENDES, A.S. Efeito do manejo da ventilação natural no ambiente de salas de maternidade para suínos. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2005.

MENEGALI, I.; TINÔCO, I. D. F., BAÊTA, F. D. C., CECON, P. R., GUIMARÃES, M. C. D. C., & CORDEIRO, M. B. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 10, p. 984-990, 2009.

MOI, M.; NÄÄS, I. A.; CALDARA, F. R.; PAZ, I. C. L. A.; GARCIA, R. G.; CORDEIRO, A. F. S. Vocalization data mining for estimating swine stress conditions. Engenharia Agrícola. v. 34, n. 3, p. 445-450, 2014.

MOLENTO, C.F.M. Bem-estar e producao animal: aspectos economicos - Revisao. Archives of Veterinary Science, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2005.

MORAIS, D. A. E. F.; MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; VASCONCELOS, A. M.; LIMA, P. O.; GUILHERMINO, M. M. Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.3, p.538-545, 2008.

MORALES, A.; GRAGEOLA, F.; GARCÍA, H.; ARCE, N.; ARAIZA, B.; YÁÑEZ, J.; CERVANTES, M. Performance, serum amino acid concentrations and expression of selected genes in pair-fed growing pigs exposed to high ambient temperatures. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, v. 98, n. 5, p. 928-935, 2014.

MORALES, J.I.; CÁMARA, L.; BERROCOSO, J.D.; LÓPEZ, J.P.; MATEOS, G.G.; SERRANO, M.P. Influence of sex and castration on growth performance and carcass quality of crossbred pigs from 2 Large White sire lines. *Journal of Animal Science*, v. 89, n. 11, p. 3481-3489, 2011.

MOTA, L. S. L. S. Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras. Ribeirão Preto. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. 1997.

MOURA, D. J.; MAIA, A. P. A.; VERCELLINO, R. A.; MEDEIROS, B. B. L.; SARUBBI, J.; GRISKA, P. R. Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.1, p.23-32, 2011.

MOURA, D.J. Ventilação na suinocultura. In: Silva I.J.O. *Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos*. Piracicaba: FEALQ, 1999. P. 149 – 179.

MUIRHEAD, M.; ALEXANDER, T. *Managing pig health and the treatment of disease: a reference for the farm*. Sheffield: 5MEnterprises, 1997. 608p.

NÄÄS, I. A. Influência do ambiente na resposta reprodutiva de fêmeas. In: simpósio internacional de reprodução e inseminação artificial em suínos, 7., 2000, Foz do Iguaçu. *Anais*. Foz do Iguaçu: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p.253-262.

NÄÄS, I. A.; MOURA, D. J.; SEVEGNANI, K. B.; BUCKIN, R. A. Determinig the ideéal ventilation system im swine production – A case Study, In: *Proceedings of the 7th International Conference on Computers in Agriculture*. Edited by: Zazueta, F. S. and XIN, *Journal American Society of Agricultural Engineers*. St Joseph, MI. 1998. p. 923-929.

National Farm Animal Care Council (NFACC). *Code of practice for the care and handling of pigs*. Ottawa, 2014.

NAVARINI, F. C. KLOSOWSKI, E. S., CAMPOS, A. T., TEIXEIRA, R. D. A., & ALMEIDA, C. P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 508-517, 2009.

NAZARENO, A. C. PANDORFI, H., ALMEIDA, G. L., GIONGO, P. R., PEDROSA, E. M., & GUISELINI, C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 802-808, 2009.

NAZARENO, A. C.; SILVA, I. J. O.; NUNES, M. L. A.; CASTRO, A. C.; MIRANDA, K. O. S.; TRABACHINI, A. Caracterização bioclimática de sistemas ao ar livre e confinado para a criação de matrizes suínas gestantes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.3, p.314–319, 2012.

NEVES, M. L. M. W.; AZEVEDO, M.; COSTA, L. A. B.; GUIM, A. LEITE, A. M.; CHAGAS, J. C. Níveis críticos do Índice de Conforto Térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.31, n.2, p.169-175, 2009.

NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, v.6, n.1, p.67- 73, 2011.

NWSCR (1976). Livestock hot weather stress. Regional operations manual letter C-31}76. National Weather Service Central Region, USA.

O'CONNELL, N.E.; BEATTIE, V.E.; MOSS, B.W. Influence of replacement rate on the welfare of sows introduced to a large dynamic group. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v. 85, n.1/2, p. 43-56, 2004.

OIE. World Organisation for Animal Health. Terrestrial animal health code. 18. ed. Paris: World Organization for Animal Health, 2009. v. 1, 444 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, H. F. Uso da termografia na inspeção preditiva. *Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense* v. 1, p. 169-174, 2010.

OLIVEIRA, D. C. G. Percepção de suínos em relação ao ambiente térmico promovido por diferentes sistemas de resfriamento. Tese (Doutorado) –

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

OLIVEIRA, R. F. Estresse por calor em suínos machos castrados. Lavras : UFLA. Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

OLIVEIRA, R. F. M. DONZELE, J. L., ABREU, M. D., FERREIRA, R. A., VAZ, R. G. M. V., & CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.

ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. FERREIRA, A. S., DE OLIVEIRA RESENDE, W., & DE FREITAS, L. S. Níveis de proteína bruta da ração para leitões dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de conforto térmico (21°C). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 6, p. 1760-1766, 2001.

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

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.3, p.326–332, 2008.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O. Evaluation of the behavior of piglets in different heating systems using analysis of image and electronic identification. *Agricultural Engineering International*, v.7, n.8, p.1-24, 2005.

PEREIRA, G. M.; SOUZA, B. B. DE; SILVA, A. M. DE A.; ROBERTO, J. V. B.; SILVA, C. M. B. DE A. Avaliação do comportamento fisiológico de caprinos da raça saanen no semiárido paraibano. *Revista Verde de Agrotecnologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2011.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F.; SOUZA, S. R. L.; LIMA, K. A. O.; MENDES, A. S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima

subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. *Ciência Rural*, v.39, p. 1492-1498, 2009.

PINHEIRO, D. G.; DELFINO, J. A. Termografia como ferramenta no auxílio de monitoramento do bem-estar animal. Universidade Federal do Ceará- UFC. Núcleo de Estudos em Ambiente Agrícola e Bem-estar Animal. 2013.

PLASTOW, G.S.; CARRIÓN, D.; GIL, M.; GARCIA-REGUEIRO, J.A. FONT I FURNOLS, M.; GISPERT, M.; OLIVER, M.A.; VELARDE, A.; GUÀRDIA, M.D.; HORTÓS, M.; RIUS, M.A.; SÁRRAGA, C.; DIAZ, I.; VALERO, A.; SOSNICKI, A.; KLONT, R.; DORNAN, S.; WILKINSON, J.M.; EVANS, G.; SARGENT, C.; DAVEY, G.; CONNOLLY, D.; HOUEIX, B.; MALTIN, C.M.; HAYES, H.E.; ANANDAVIJAYAN, V.; FOURY, A.; GEVERINK, N.; CAIRNS, M.; TULLEY, R.E.; MORMÉDE, P.; BLOTT, S.C. Quality pork genes and meat production. *Meat Science*, v. 70, p. 409-421, 2005.

QUINIOU, N. J. DUBOIS, S., & NOBLET, J. Voluntary feed intake and feeding behaviour of group housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v. 63, p. 245-253, 2000.

RAINWATER-LOVETT K., PACHECO J.M., PACKER C., RODRIGUEZ L.L. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. *Veterinary Journal*, v.180, n.3, p. 317-24, 2009.

RENAUDEAU, D.; GOURDINE, J. L.; ST-PIERRE, N. R. A meta-analysis of the effects of high ambient temperature on growth performance of growing-finishing. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 89, n. 7, p. 2220-2230, 2011.

RIBEIRO, I.; SILVA JUNIOR, S.R.; DUARTE, P.H. Emprego da Termografia na inspeção preditiva. *Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense* v. 2, n. 1, p. 37-39, 2012.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. Fatores ambientais, nutricionais e de manejo e índices de conforto térmico na produção de ruminantes no Semiárido. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*. v.6, n.2, p.08 -13 2011.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v. 2, n. 3, p. 73-84, 2014.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B.; SILVA, A. L. N.; JUSTINIANO, S. V.; SOARES FREITAS, M. M. Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no semiárido paraibano. *Revista Caatinga*, v.23, n.1, p. 127-132, 2010.

RODRIGUES, A.D.; SILVA, I.J.O. Inovações tecnológicas em ambiência para a produção de ovinos. 2014.

Rodrigues, N. E. B.; Zangeronimo, M. G.; Fialho, E. T. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.7, n.2, p.1197-1211, 2010a.

RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*, v.55, n. 3, p.455-459, 2010b.

ROLLIN, B. E. *Farm animal welfare : social, bioethical, and research issues*. Ames: Iowa State University Press, 1995.

ROMA JÚNIOR, L. C.; MAC-LEAN, P. A. B.; SALLES, M. S. V.; SALLES, F. A.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Programa de suplementação de luz artificial para bezerros em aleitamento. *Pesquisa & Tecnologia*, v.8, n.2, 2011.

ROSSI, L. A., VELLOSO, N. M., LIMA, M. T. D., SARUBBI, J., & VIEIRA, L. H. Análise do desempenho reprodutivo e do uso de energia elétrica em instalações climatizadas de cachaços. *Ver. Bras. Eng. Agríc. Ambiente*. Campina Grande, v.16, n. 10, p. 1121-1127, 2012.

ROSTAGNO, H. S. ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. Tabelas brasileiras para aves e suínos [: composição de alimentos e 2017 exigências

nutricionais] / Editor: Horacio Santiago Rostagno 4. Ed. – Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017 p. 451 -488.

SÁ FILHO, G.F. G. F., TORQUATO, J. L., DE SOUZA JUNIOR, J. B. F., DOMINGOS, H. G. T., DE MACEDO COSTA, L. L., & DANTAS, M. R. T. Índices de conforto térmico aplicado a animais de produção. PUBVET, Londrina, V. 6, N. 14, Ed. 201, p. Art. 1345-1351, 2016.

SÄLLVIK, K. Animal environment requirements. In: CIGR Handbook of Agricultural Engineering Vol. II: Animal Production and Aquacultural Engineering, ST. Joseph: ASAE, 1999. cap. 2, p. 31-41.

SAMPAIO, C. A. D. P., CRISTANI, J., DUBIELA, J. A., BOFF, C. E., & OLIVEIRA, M. A. D. Avaliação do ambiente térmico em instalações para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 785-790, 2004.

SANTOS, A. P. DOS; KIEFER, C.; MARTINS, L. P. ; FANTINI, C. C. Restrição alimentar para suínos machos castrados e imunocastrados em terminação. Ciência Rural, Santa Maria, v.42, n.1, p.147-153, 2012a.

SANTOS, G. L.; PEREIRA, J. A. Utilização da Análise de Componentes Principais em Termografia. Saber Acadêmico - n^o 10 -2010.

SANTOS, J. H. T. Sistemas de ventilação por pressão negativa e positiva em instalações suinícolas e efeitos no desempenho produtivo dos animais nas fases de recria e terminação. UFV: Viçosa. Tese. 2008.

SANTOS, J. H. T.; TINOCO, I. F. F.; COSTA, C. A. Avaliação Diferentes Sistemas de Ventilação em Terminação de Suínos, para as Condições do Centro-Oeste Brasileiro. Engenharia na agricultura, Viçosa - MG, v. 20, n. 3, p. 201, 2012b.

SARUBBI, J.; ROSSI, L. A.; MOURA, D. J.; OLIVEIRA, R.A.; VID, E. Utilização de energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento para leitões desmamados. Engenharia Agrícola, v.30, n.6, p.1003-1011, 2010.

SAS - Statistical Analysis System. SAS companion for the microsoft windows environment. Version 8, Cary: SAS Institute, 2007. CD-Rom.

SCHIASSI, L.; YANAGI JÚNIOR, T.; FERRAZ, P. F.; CAMPOS, A. T.; SILVA, G. E. & ABREU, L. H. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. *Engenharia Agrícola*, v. 35, n. 3, p. 390-396, 2015.

SCOLARI S., EVANS R., KNOX R., TAMASSIA M., CLARK S. Determination of the relationship between vulvar skin temperatures and time of ovulation in swine using digital infrared thermography. *Reproduction and Fertility*, Urbana, v. 22, p. 178–178, 2009.

SEGNALINI, M.; BERNABUCCI, U; VITALI, A.; NARDONE, A.; LACETERA, N. Temperature humidity index scenarios in the Mediterranean basin. *International Journal of Biometeorology*, Kent, v. 57, n. 3, p. 451-458, 2012.

SHIOTA, A. M.; SANTOS, S. F.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; MOURA A. R. F.; OLIVEIRA, M. V.; FERREIRA, I. C. Parâmetros fisiológicos, características de pelame e gradientes térmicos em novilhas nelore no verão e inverno em ambiente tropical. *Bioscience Journal*, v.29, Supplement 1, p.1687-1695, 2013.

SILVA, C. A.; AGOSTINI, P S.; CALLEGARI, M. A.; SANTOS, R. K. S.; NOVAIS, A. K.; PIEROZAN, C. R.; JUNIOR, M. P.; ALVES, J. B.; GASÓ, J. G. Fatores que afetam o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.51, n.10, p.1780-1788, 2016.

SILVA, E. V. C. E; KATAYAMA, K. A.; MACE, G. G.; RUEDA, P. M.; ABREU, U. G. P.; ARI, C. E. S. N. Z. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões. *Ciência Animal*, v.11, p.280-291, 2010.

SILVA, I. J. O. Climatização das instalações para bovino leiteiro. In: Simpósio brasileiro de ambiência na produção de leite, Piracicaba, 1998. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.114-145.

SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K. B. Ambiência e instalações na avicultura de postura. In: Silva, I. J. O. da. (Org.). Ambiência na produção de aves em clima tropical. Jaboticabal: FUNEP. v. 2, p. 76-149. 2001.

SILVA, I.J.O.; MIRANDA, K.O.S. Impactos do bem-estar na produção de ovos. Thesis, v.6, n.11, p.89-115, 2009.

SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.36, n.4, p.1192-1198, 2007.

SILVA, S. V. Reconstrução da Geometria da Mama a partir de Imagens Termográficas. Niterói: Universidade Federal Fluminense. (Tese de doutorado) - Curso de PósGraduacao em Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T A.; MOURA, M. S. B.; SILVA, S. M. S.; MORAIS, J. E. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, C. A. A. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 50, n. 7, p.515-525, 2015.

SOUSA, F. A. Análise de fatores ambientais na criação de suínos em camas sobrepostas e produção de biogás. (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SOUSA, P. Suínos e climas quentes: como promover o bem estar aos animais? – Conforto térmico e bem estar na suinocultura. Lavras: UFLA, 2004 69p.

SOUZA, B. B., LOPES, J. J., ROBERTO, J. V. B., DE AZEVEDO SILVA, A. M., DA SILVA, E. M. N., & DE ASSIS SILVA, G. Efeito do ambiente sobre as respostas fisiológicas de caprinos saanen e mestiços $\frac{1}{2}$ saanen + $\frac{1}{2}$ boer no semiárido Paraibano. Agropecuária Científica no Semiárido. V. 6, n. 2, p. 47 - 51, 2010.

SOUZA, B. B.; SILVA, G. A.; ZOTTI, C. A.; SILVA, E. M. N. Termografia: avaliação a adaptação de caprinos leiteiros e conforto térmico das instalações. Farm point ovinos e caprinos. 2011a.

SOUZA, P. Suínos e climas quentes. Revista Suinocultura Industrial. Número 06, 2005.

STARLING, J. M. C., SILVA, R. G. D., CERÓN-MUÑOZ, M., BARBOSA, G. S. S. C., & COSTA, M. J. R. P. D. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 2070-2077, 2002.

TAYLOR, G.; ROESE, G.; HERMESCH, S. Breeds of Pigs – Landrace. Primefacts 63: Profitable and sustainable primary industries. 2005. New South Wales, Australia.

TEIXEIRA, V. H. Construções e ambiência. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 181 p.

TEXAS A & M University. Instructional Materials Service. College Station, Texas: 2001.

THOM, E. C. The discomfort index. Weatherwise, Philadelphia, v.12, n.1, p.57-59, 1959.

TINÔCO, I.F.F. & GATES, R.S. Ambiência e construções para matrizes pesadas. In: MACARI, M. E MENDES, A. A. Manejo de matrizes de corte. FACTA (Fundação APINCO de Ciência e Tecnologias Avícolas), Campinas-SP, 2005. 414p.

TOLON, Y. B. & NÄÄS, I. A. Avaliação de tipos de ventilação em maternidade de suínos. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.3, p.565-574, 2005.

UZZEA, A.D., HOBBS, J.E., ZHANG, J. Activists and animal welfare: Quality verifications in the Canadian Pork Sector. Journal of Agricultural Economics, v.62, n.2, p.281-304, 2011.

VIEIRA, R. D. F. N., OLIVEIRA, K. S., DE PAULA, S. M., & MARTINS, J. R. 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, 2010.

VILELA, R. A. Comportamento e termorregulação de vacas holandesas lactantes frente a recursos de ventilação e nebulização em estabulação livre. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2008.

WEGNER, K.; LAMBERTZ, C.; DAS, G.; REINER, G.; GAULY, M. Climatic effects on sow fertility and piglet survival under influence of a moderate climate. *Animal*, Cambridge, v. 8, n. 09, p. 1526-1533, 2014.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 86, n. 6, p. 2131-2144, 2003.