UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DÉBORA CAROLINE GONÇALVES DE OLIVEIRA

**Percepção de suínos em relação ao ambiente térmico
promovido por diferentes sistemas de resfriamento**

Pirassununga

2015

DÉBORA CAROLINE GONÇALVES DE OLIVEIRA

**Percepção de suínos em relação ao ambiente térmico
promovido por diferentes sistemas de resfriamento
(Versão corrigida)**

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Ciências do programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos.

Área de Concentração:
Ciências da Engenharia de Alimentos

Orientador:
Prof. Dr. Holmer Savastano Junior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

048p

Oliveira, Débora Caroline Gonçalves de
Percepção de suínos em relação ao ambiente térmico
promovido por diferentes sistemas de resfriamento /
Débora Caroline Gonçalves de Oliveira. -- Pirassununga,
2015.

85 f.

Tese (Doutorado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
Departamento de Engenharia de Biossistemas.
Área de Concentração: Ciências da Engenharia de
Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Holmer Savastano Junior.

1. Análise automática de imagens 2. Aspersão
3. Termografia infravermelha 4. Teste de preferência
5. Terminação. I. Título.

Aos meus queridos pais, Wanderley e Margarida, pelos ensinamentos e exemplos de vida...
ofereço.

A minha amada irmã Lilian... **dedico.**

Deus em sua infinita bondade nos fez família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, pela família que recebi e pelos amigos que colocou em meu caminho.

Ao Prof. Dr Holmer Savastano Jr. pela orientação, amizade, incentivo e pelos conhecimentos transmitidos, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho e principalmente a profissional que me tornei.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA/USP) pela oportunidade de realização do curso.

À Prefeitura do Campus USP de Pirassununga (PUSP-P) e aos funcionários do setor de Suinocultura representados na pessoa do Agnaldo, pela disponibilização de local e ajuda na realização deste projeto.

À Big Dutchman Brasil, nas pessoas dos Maikel Osório e Leonardo Santiago, por acreditarem nesta pesquisa e nos cederem os equipamentos viabilizando este projeto.

À Top Telha e Infibra pela doação do telhado e das caixas d'água utilizados na construção da câmara de preferência ambiental.

À professora Luciane Silva Martello pela amizade e apoio na realização deste trabalho.

À professora Jacinta Diva Ferrugem Gomes pelo empréstimo do equipamento Piglog 105.

Ao professor César Gonçalves de Lima pelo auxílio nas análises estatísticas, mas principalmente pelos ensinamentos e amizade.

Ao professor Richard Gates pelas sugestões e ensinamentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de doutorado sanduiche do Programa Ciência sem Fronteiras na Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven).

Ao professor Daniel Berckmans pelo aceite em me receber em seu grupo *M3-Biores*, podendo viver uma experiência indescritível, onde aprendi e cresci muito. Aos colegas de trabalho Claudia Bahr pela orientação, Mohammadamin Kashiha (Amin) pela parceria e Eduardo pelos ensinamentos e principalmente pela amizade.

O desafio de ir a outro país, chegar ao desconhecido a princípio parecia muito difícil... Mas me acolheram tão bem, conheci pessoas que tornaram esta experiência imensurável por isso agradeço a vocês meus amigos “belgas”: Karla, Larissa, Angela, Ricardo, Vera, Igor, Fernanda, Rafael Santos, Gabi, Maíra e Rafael Elías. E a minha família belga Marjorita, Noah, Aaron e Ozzy.

À família Constrambi: professores, corpo técnico, pós-docs, pós-graduandos, alunos de graduação e todos que de alguma forma ou razão estiveram conosco. Queridos amigos e companheiros de trabalho com quem a cada dia aprendo mais e mais, nossa multidisciplinaridade, nossa multinacionalidade nos enriquecem como profissionais, mas principalmente como pessoas.

Às amigas Erika Nakanishi, Marilú Santos, Marta Moi e as estagiárias Natalia Branco, Maria Eduarda Demiciano, Amanda Righini, Beatriz Siqueira, Carol Godoy e Rafaelle Carvalho pela ajuda na realização deste trabalho e principalmente pelo apoio nos momentos difíceis.

A todos os companheiros e amigos de APG (Associação dos Pós-Graduandos), da FZEA e da cidade de Pirassununga, especialmente a Liliane (Lili), Vanessa (Teacher), Serginho e aos professores Margutti e Valdo Rodrigues Herling pelos ensinamentos, convívio e amizade.

Aos meus sempre amigos da XXIV e em especial a Carol Yumi, Viviane, Silvia, Luciana, Tiani, Renata, Lucas, Eva e Ana Paula Gaiato pela vivência, aprendizado e amizade dedicados nos últimos 13 anos, levo todos comigo sempre, em meus pensamentos.

A toda minha família e as minhas queridas amigas Renata, Priscila, Leticia, Natália, Celina e Cecília por entenderem meus momentos de ausência e principalmente tornarem minhas rápidas idas a São Paulo os melhores momentos de alegria e prazer na companhia de vocês.

Enfim, agradeço a todas as pessoas, que de alguma forma colaboraram para esta conquista.

EPÍGRAFE

Comece fazendo o que é necessário. Depois o que é possível.

De repente você estará fazendo o impossível.

São Francisco de Assis

RESUMO

OLIVEIRA, D. C. G. **Percepção de suínos em relação ao ambiente térmico promovido por diferentes sistemas de resfriamento** 2015. 85f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

O controle ambiental nas instalações pecuárias é um fator importante a ser levado em consideração para promover o bem-estar e otimizar a produção animal. Como o clima brasileiro é predominantemente tropical, sistemas de resfriamento são essenciais em instalações pecuárias em todo o país. Diferentes sistemas de resfriamento estão disponíveis no mercado brasileiro e, apesar de possuírem o mesmo objetivo, de atenuar a temperatura dentro do galpão, podem ser percebidos pelos animais de modos diferentes. O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a percepção de suínos através de sua preferência em relação a diferentes sistemas de resfriamento do ambiente em uma câmara de preferência ambiental. Esta avaliação foi feita por meio do teste de preferência, que consiste em fornecer alternativas entre diferentes situações ou recursos, para que os animais transmitam suas respostas. Para tanto, foi utilizada uma câmara de preferência ambiental composta por quatro compartimentos interligados entre si por uma área neutra. Cada compartimento teve seu ambiente controlado independentemente, podendo assim fornecer, quatro diferentes tipos de sistemas de resfriamento: nebulização associada à ventilação forçada, ventilação forçada, aspersão e aspersão associada a ventilação forçada. Nesse estudo de preferência, dois grupos principais de suínos foram utilizados: os suínos-teste e os suínos-companhia. Os suínos-teste foram os animais com livre acesso aos distintos compartimentos da câmara e os suínos-companhia, por sua vez, ficaram confinados em seus respectivos sistemas. Para caracterização do ambiente no interior e no exterior da câmara, foram utilizados *data-loggers* para coleta das variáveis: temperatura ambiental, umidade relativa, temperatura de globo negro e ponto de orvalho; para determinação dos índices de conforto térmico: índice de temperatura de globo e umidade e entalpia. Também foi coletada a velocidade do ar com anemômetro digital. Foram verificadas medidas fisiológicas: frequência respiratória e temperatura de superfície corporal na região da nuca no horário das 14 horas. Para analisar o desempenho dos animais foi avaliado ganho de peso diário e

conversão alimentar, além das medidas *in vivo* de espessura de toucinho, rendimento de carne magra e profundidade da área do lombo. Para avaliação do teste de preferência foram considerados dias que caracterizassem condições climáticas em que os sistemas de resfriamento estivessem em operação. Para isto vídeos coletaram e registraram as imagens e estas foram analisadas automaticamente e interpretadas como preferência por (ou rejeição de) certos ambientes através de frequência e tempo do suíno-teste em cada um dos ambientes. A câmara conseguiu atender os valores recomendados para o índice de temperatura de globo e umidade, temperatura ambiental e umidade relativa ao longo dos períodos do dia, os valores obtidos para entalpia estiveram acima do recomendado na literatura. Porém o desempenho da câmara foi satisfatório, uma vez que as medidas fisiológicas de frequência respiratória e temperatura superficial, e as variáveis de desempenho indicaram que os animais estavam em conforto térmico e obtiveram medidas de espessura de toucinho, rendimento de carne magra e profundidade da área do lombo característicos para a categoria. Em relação à preferência dos suínos-teste, observou-se a maior frequência de permanência nos sistemas de aspersão (40%) e aspersão associada à ventilação forçada (34,7%). Assim os resultados obtidos validaram o uso da câmara de preferência ambiental para experimentação com suínos a fim de verificar sua preferência em relação a diferentes ambientes térmicos com diferentes sistemas de resfriamento.

Palavras-chave: análise automática de imagens, aspersão, termografia infravermelha, teste de preferência, terminação.

ABSTRACT

OLIVEIRA, D. C. G. **Perception of pigs in relation to the thermal environment promoted by different cooling systems.** 2015. 85f. Thesis (Doctoral) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

Environmental control in livestock buildings is an important factor to be taken into account to promote the welfare and optimize the animal production. As the Brazilian climate is predominantly tropical, cooling systems are essential in animal facilities across the country. Different cooling systems are available in the Brazilian market and, despite having the same goal, to mitigate the temperature inside the shed, they can be perceived by the animals in different ways. The aim of this study was to evaluate the perception of pigs through their preference in relation to the different environment of the cooling systems in an environmental preference chamber. This assessment was made by the preference test, which is to provide alternatives between different situations or resources, so that the animals transmit their responses. An environmental preference chamber was used, and consisted of four compartments connected to each other by a neutral area. Each compartment has its environmental conditions controlled independently, and may thus provide four different types of cooling system: nebulizer associated to forced ventilation, forced ventilation, sprinkler and sprinkler associated to forced ventilation. In this preference study, two main groups of pigs were used: the test-pigs and companion-pigs. The test-pigs were the animals with free access to the chamber and companion-pigs, in turn, were confined in their respective systems. To characterize the environment inside and outside the chamber, data-loggers were used to collect the variables: ambient temperature, relative humidity, black globe temperature and dew point; to determine the levels of index thermal comfort: globe temperature and humidity index and enthalpy. The air speed with digital anemometer also was collected. Physiological measures were also registered: respiratory rate and body surface temperature in the neck region in the schedule at 2pm. Daily gain and feed conversion were evaluated to analyze the performance of the animals in addition to the measures *in vivo* backfat thickness, lean yield and depth of loin area. The preference test considered days that characterize climatic conditions in which the cooling systems were in operation. The video images were collected and recorded

and they were automatically analyzed and interpreted as a preference (or rejection) of certain environments through the frequency and time that test-pig in each environment. The environmental preference chamber conditions attended the recommended values for globe temperature and humidity index, ambient temperature and relative humidity over the periods of the day, and the values obtained for enthalpy were slightly above the recommended literature. The chamber performance was satisfactory since the physiological measures respiratory rate and body surface temperature and the performance variables indicated that the animals were in thermal comfort and obtained backfat thickness, lean yield and depth of loin area measures, characteristic for the category. Regarding the preference of the test-pigs, the highest frequency was observed in sprinkler (40%) and sprinkler associated to forced ventilation (34,7%) systems. Thus the results validated the use of the environmental preference chamber for experimentation with pigs in order to verify their perception to different thermal environments with different cooling systems.

Keywords: automatic image analysis, sprinkler, infrared thermography, preference test, finishing phase

Sumário

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Bem-estar animal.....	17
2.2 O ambiente térmico.....	19
2.3 A ambiência na suinocultura	19
2.4 Índices de conforto térmico.....	23
2.5 Sistemas de resfriamento	24
2.6 Análise do comportamento e teste de preferência.....	26
2.7 Análise de imagens como ferramenta	28
2.8 O uso da termografia infravermelha	29
3. OBJETIVO GERAL	32
3.1 Objetivos específicos	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1 Câmara de preferência ambiental	33
4.2 Animais e manejo	37
4.3 Teste de preferência	38
4.4 Sistemas de resfriamento	40
4.5 Coleta dos dados experimentais.....	44
4.5.1 Ambiente térmico	44
4.5.2 Avaliação no período mais quente do dia.....	46
4.5.2.1 Variáveis ambientais.....	46
4.5.2.2 Variáveis fisiológicas.....	47
4.5.3 Variáveis de desempenho	48
4.5.2 Avaliação do teste de preferência	50
4.6 Análise dos dados	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
5.1 Ambiente térmico	54
5.2 Avaliação no período mais quente do dia	59
5.2.1 Variáveis ambientais	59
5.2.2 Variáveis fisiológicas.....	63

5.3	Variáveis de desempenho.....	67
5.4	Teste de preferência	69
6.	CONSIDERAÇÕES	76
7.	CONCLUSÃO	77
8.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	78
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O aumento da população humana acarreta a necessidade de maiores quantidades de alimentos para satisfazer à crescente demanda alimentícia, particularmente a proteica. A grande quantidade de animais por área é uma das principais características da produção intensiva. Quanto à qualidade ética da carne produzida, assim como nos países desenvolvidos, também no Brasil, cada vez mais, a sociedade vem exigindo dos criadores, dos transportadores e da indústria, medidas que aliviem o estresse e o sofrimento dos animais. Carne com qualidade ética é a que tem origem de animais que foram criados, tratados e abatidos em sistemas que promovam o seu bem-estar, e que sejam sustentáveis e ambientalmente corretos (WARRIS *et al.*, 2006).

Inúmeras barreiras são impostas à exportação da carne e, atualmente, a mais importante está relacionada à criação, baseada no bem estar animal e nos cuidados com o meio ambiente. Para atender as novas necessidades, o produtor deve investir em novas tecnologias na busca de tornar-se mais competitivo, produzindo com qualidade e reduzindo custos.

A produção pecuária dá-se em uma variedade de ambientes, sendo que alguns podem apresentar consideráveis desafios térmicos ao desempenho produtivo animal e, em casos extremos, à sobrevivência desses animais. O estresse por calor, por exemplo, resultante de altas temperaturas e umidades relativas, pode ser prejudicial ou até mesmo fatal para os animais em sistemas de produção pecuária. Estes, por sua vez, se submetidos ao estresse por calor, apresentam redução no consumo de ração (NIENABER *et al.*, 1997), aumento no consumo de água (BROWN-BRANDL *et al.*, 1997), menor taxa de ganho de peso (LOPEZ *et al.*, 1991), inibição das funções imunológicas (MASHALY *et al.*, 2004) e baixo desempenho reprodutivo (SALES *et al.*, 2008). Assim, faz-se importante a implantação de sistemas de controle do ambiente térmico (climatização) em instalações pecuárias, a fim de promover a saúde e o bem-estar físico e mental dos animais nelas alojados.

Sendo que o clima brasileiro é predominantemente tropical, a atenuação da temperatura é essencial em instalações pecuárias em todo o país. O ambiente térmico pode ser controlado de forma natural (aberturas laterais nos galpões, telhado com lanternim e sombreamento, por exemplo) ou artificial (ventiladores,

nebulizadores e condicionadores de ar, por exemplo), sendo a última opção a mais eficiente.

Outro aspecto importante no sistema produtivo está relacionado ao conceito de bem-estar animal e é muito discutido no meio científico, em vista de sua subjetividade, sendo influenciado pelas diferentes visões das pessoas e das culturas diversas que compõem a sociedade (HÖTZEL & MACHADO FILHO, 2004). Dentre as várias definições de bem-estar animal, encontra-se a de Hurnik (1992), que o caracterizou como o “estado de harmonia entre o animal e seu ambiente, com condições físicas e fisiológicas ótimas e alta qualidade de vida”. Isso inclui as condições mentais dos animais, cuja avaliação pode não ser tão simples, uma vez que se faz necessária a investigação de seu contentamento.

Com a crescente preocupação da sociedade com a forma como os animais são criados, transportados e abatidos (LUDTKE, 2010), faz-se necessário compreender melhor o bem-estar animal e buscar novas maneiras de mensurações.

Desse modo, justifica-se a avaliação do comportamento e a escolha de preferência dos animais frente ao clima a ele exposto por diferentes sistemas de resfriamento, corroborando com a crescente demanda por sistemas produtivos que consideram os conceitos de bem-estar animal, durante seu processo de produção, de manejo, assim como para aplicação e questionamentos de conceitos sobre a criação dos suínos.

Com esta pesquisa pretende-se contribuir para o entendimento do bem-estar suíno e também introduzir, no Brasil, uma nova linha de pesquisa em qualidade de vida animal. Para tanto, uma câmara climática de preferência composta por quatro compartimentos interligados por túneis foi construída. Cada compartimento possui seu ambiente controlado independentemente e pode fornecer, assim, diferentes tipos de sistema de resfriamento em um mesmo teste, para que os suínos vivenciem as opções e escolham entre elas. A câmara poderá ser adaptada e utilizada para futuros estudos de preferência com diversos quesitos, tais como, estruturais, nutricionais, sociais, além de outros aspectos ambientais.

A presente pesquisa foi estruturada e desenvolvida conforme o fluxograma apresentado a seguir.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BEM-ESTAR ANIMAL

Os primeiros princípios sobre bem-estar animal começaram a ser estudados em 1965, no Reino Unido, pelo *Brambell Committee*, diante à pressão da população descontente com a qualidade de vida dos animais nos sistemas de confinamento (LUDTKE, 2010). Assim, cinco princípios de liberdade foram criados pelo *Brambell Committee* (BRAMBELL, 1965) e refinados pelo Farm Animal Welfare Council (FAWC, 2009). Os princípios sugerem que todo animal de produção deve estar livre de fome e sede; livre de desconforto; livre de dor, injúrias e doenças, livre para expressar seu comportamento natural e livre de medo e estresse (BROOM & MOLENTI, 2004; CARVALHO *et al.*, 2013).

No Brasil, o Decreto nº 24.645, de 10 de julho de 1934, considera como maus tratos aos animais: praticar ato de abuso ou crueldade em qualquer animal; manter animais em lugares anti-higiênicos ou que lhes impeçam a respiração, o movimento ou o descanso, ou os privem de ar ou luz; entre outros (COUTINHO, 2014).

No entanto, o conceito de bem-estar animal é ainda muito discutido na comunidade científica devido à sua subjetividade, sendo influenciado pelas diferentes visões das pessoas e culturas diversas que compõem a sociedade (HÖTZEL & MACHADO FILHO, 2004). Duncan e Petherick (1991) afirmaram que "o bem-estar é dependente exclusivamente das necessidades mentais, psicológicas e cognitivas dos animais".

Animais de produção, incluindo os suínos, são inadvertidamente expostos a muitas situações de aprendizagem e desafios de memória (HELD *et al.*, 2002). Dessa forma, o conhecimento específico de cada espécie sobre a capacidade de aprendizagem e das preferências do animal sobre o ambiente podem contribuir para a melhoria das condições de habitação, de gestão, de manejo, e consequentemente no bem-estar animal (BOISSY *et al.* 2007; TANIDA & NAGANO 1998; WECHSLER & LEA 2007).

Dentre as várias definições de bem-estar animal, encontra-se também a de Hurnik (1992), que caracterizou o bem-estar animal como sendo o “estado de

harmonia entre o animal e seu ambiente, com condições físicas e fisiológicas ótimas e alta qualidade de vida do animal”. Isso inclui as condições mentais dos animais, cuja avaliação pode não ser tão simples, uma vez que se faz necessária a investigação de seu contentamento.

Dentre os parâmetros de avaliação do bem-estar utilizados, destacam-se a produtividade (SARTOR *et al.*, 2003), as respostas fisiológicas (NIEKAMP *et al.*, 2007), as condições de saúde (WHITE *et al.*, 2009) e o comportamento (KRISTENSEN *et al.*, 2001). Esses parâmetros podem ser influenciados e comprometidos por fatores ambientais, ou seja, pela maneira na qual os animais são criados (CURTIS, 1983).

O ambiente térmico, por exemplo, é um importante fator ambiental a se levar em consideração, pois exerce os maiores efeitos sobre o bem-estar e, consequentemente, sobre a resposta produtiva animal (BAËTA & SOUZA, 1997). Segundo Wechsler e Lea (2007), a capacidade de um animal lidar com as suas condições de alojamento podem ser influenciadas pelas suas capacidades de aprendizagem.

Gielsing *et al.* (2011) revisaram estudos a respeito da cognição dos suínos com o objetivo de selecionar atividades cognitivas adequadas para este tipo de investigação. Para eles, nos últimos anos, o interesse neste tipo de estudo deriva principalmente da semelhança anatômica e fisiológica entre os suínos e os humanos. A avaliação de suas funções de aprendizagem e memória não é só relevante para as pesquisas com seres humanos, mas também para o bem-estar animal, dadas a natureza das práticas produtivas atuais e as exigências sobre a saúde e o comportamento animal.

Embora não exista uma norma específica para a avaliação da saúde e do bem-estar dos suínos, certos indicadores de saúde e de bem-estar podem ser usados para essa finalidade. Por exemplo, a tecnopatia, alterações transmitidas pelo próprio sistema de criação, incluindo lesões causadas pelos animais companheiros (ETTER-KJELSAAS, 1986), pode ser utilizada como um indicador indireto de comportamento anormal ou bem-estar. Essas anomalias comportamentais e físicas podem ser avaliadas, quer ao nível de cada animal ou do grupo (CAGIENARD, 2005).

2.2 O AMBIENTE TÉRMICO

O ambiente térmico é constituído por variáveis ambientais tais como temperatura, umidade relativa, ventilação e radiação, as quais afetam, direta ou indiretamente, o desenvolvimento e o crescimento dos animais (BAÊTA & SOUZA, 1997). Essas variáveis ambientais são utilizadas como variáveis de entrada para a determinação de índices de conforto térmico, o que auxilia na avaliação do ambiente (SAMPAIO *et al.*, 2004), pois a zona de conforto térmico compreende temperaturas efetivas em que a taxa metabólica do animal é mínima, a homeotermia é mantida com menor gasto energético devido ao mínimo esforço dos mecanismos termorreguladores e, conseqüentemente, o desempenho produtivo é ótimo (BAÊTA & SOUZA, 1997).

A ambiência hoje pode ser considerada como a interação dos ambientes termodinâmico, aéreo e acústico. O ambiente térmico que circunda os animais domésticos possui influencia direta na quantidade de calor trocado entre o animal e o ambiente. Os animais homeotermos, como os suínos, sobrevivem somente em uma faixa limitada de temperatura corporal, precisam manter um balanço térmico adequado entre o calor produzido pelos corpos e o calor que eles perdem ou ganham do ambiente em que vivem (NÄÄS, 2007).

O desempenho dos animais está associado não só a fatores genéticos, como também ao manejo, à nutrição e à sanidade, que, por sua vez, estão correlacionados a fatores climáticos, especialmente temperatura ambiente e umidade relativa do ar (CARVALHO *et al.*, 2004).

2.3 A AMBIÊNCIA NA SUINOCULTURA

O ambiente dentro da instalação suinícola pode ser avaliado sob diferentes enfoques. Voermans & Monteny (1997) ressaltam a grande importância do correto dimensionamento das instalações, escolha do piso e da cobertura a serem utilizados e do controle das condições climáticas internas para o equilíbrio do binômio "saúde e doença" de animais confinados, ajudando a manter afastados, os agentes patógenos e suas rotas de infecção dentro das instalações ou entre elas.

O ambiente construído do suíno é composto por fatores físicos como temperatura e umidade do ar, som, luz, qualidade do ar, tipo de piso e cobertura,

ventilação, etc.; fatores sociais, como hierarquia, tamanho e composição do grupo, presença ou ausência de outros animais, e fatores de manejo com a dieta, o desmame, o arraçamento, etc. O ambiente interno, em instalações para os animais, leva em conta não somente as condições termodinâmicas da edificação (trocas térmicas secas e úmidas – calor sensível e latente) e a velocidade do ar, mas também a interação destas com dados de poeira em suspensão e gases produzidos pelos dejetos (ambiente aéreo) (NÄÄS, 2007).

É difícil determinar qual a temperatura exata de conforto de um suíno em relação às variáveis: idade, raça, dieta, manejo e instalações, e, por isso, os estudos sempre se referem a uma zona de conforto. A primeira condição de conforto térmico dentro de uma instalação é que o balanço térmico seja nulo (ESMAY, 1982). A Tabela 1 mostra as condições ótimas de temperatura no interior das instalações para matrizes, leitões e suínos até a terminação.

Tabela 1 – Zona de termoneutralidade das matrizes, leitões e suínos até a terminação.

Categoria	Temperatura			
	Ideal (°C)		Crítica (°C)	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
Matrizes	18	12	30	0
Leitões/nascimento	32	30	35	15
1 semana	28	27	35	13
2 semanas	26	25	35	13
3 semanas	24	22	35	12
4 semanas	23	21	31	10
5/6 semanas	22	20	30	8
20-30 kg	20	18	27	8
30-60 kg	18	16	27	5
60-100 kg	18	12	27	4

Fonte: Adaptado de Oliveira (2010), Sampaio (2004), Silva (1999) e Esmay (1982).

Como indica a Tabela 1, existe uma grande variação entre as temperaturas de conforto para as diferentes fases da vida do suíno. Pode-se destacar, por exemplo, a fase inicial de vida dos animais, em que a saúde e o desenvolvimento dos leitões recém-nascidos são fortemente influenciados pelas condições ambientais e pelos cuidados que recebem nas primeiras horas e dias após o nascimento (SCHORMANN & HOY, 2006).

Segundo Mangold *et al.* (1967), condições ambientais inadequadas afetam negativamente a produção e temperaturas abaixo das de conforto térmico, torna o

crescimento mais lento, prejudicando a qualidade da carne com acréscimo de gordura e espessura de toucinho.

É de grande importância o estudo do desenvolvimento de modelos que contribuem para o entendimento da troca de calor entre o animal e o meio ambiente (MCGOVERN & BRUCE, 2000). Tais modelos tentam explicar a transferência de calor e massa que ocorre via radiação de ondas longas, convecção, condução e evaporação com objetivo de avaliar o equilíbrio térmico dos animais com o meio.

Segundo Collin *et al.* (2001), quando o suíno está em um ambiente caracterizado em sua zona de conforto térmico, a energia da sua dieta é utilizada para crescimento, manutenção e atividade física. Acima dessa condição, todo calor produzido deve ser eliminado e abaixo dessa temperatura, energia adicional é necessária para manter sua homeotermia.

A troca de energia do suíno com o ambiente ocorre na forma de calor sensível e calor latente. Quando os fluxos de calor ocorrem devido ao gradiente de temperatura são chamados de sensíveis e podem ocorrer na forma de condução, convecção e radiação. Fluxos de calor dependentes do gradiente de pressão de vapor d'água são chamados de latentes ou evaporativos (FERREIRA, 2011). Os suínos recorrem a dois processos básicos para a liberação do calor latente: a respiração ou a troca de calor pela pele. Essa troca depende da demanda térmica do ambiente.

A eficiência desta troca é afetada, principalmente, pela temperatura do ar, pela velocidade do vento e pela umidade relativa do ar (PERDOMO *et al.*, 1999; BORTOLOZZO *et al.*, 2011). O suíno não conta com a sudorese como mecanismo de proteção às altas temperaturas, utilizando, exclusivamente, o ofego e as mudanças comportamentais.

As variáveis meteorológicas têm uma influencia muito grande no desempenho dos animais, tanto no aspecto reprodutivo, como no ganho de peso (CAMPOS *et al.*, 2008). Temperatura, umidade relativa (UR) e velocidade do ar têm efeitos diretos sobre o bem estar e, conseqüentemente, sobre a produção do animal (Bortolozzo *et al.*, 2011).

Quinioun *et al.* (2000) constataram que suínos entre 25 kg e 110kg aumentavam ou diminuían a ingestão de alimentos de acordo com a oscilação da temperatura do ar. Com uma menor oscilação ($\pm 1,5^{\circ}\text{C}$) nas temperaturas de 24 ou 28°C avaliadas, a ingestão extra de alimentos nos períodos frios compensou a

menor dos quentes e não afetou o desempenho. O não constatado quando a amplitude da temperatura foi maior (± 3 ou 5°C) para 24 ou 28°C , em que ocorreu menor ingestão alimentar e pior desempenho.

Um ambiente com alta temperatura e umidade restringe as perdas evaporativas pela respiração, pois os suínos apresentam dificuldade para dissipar o calor. A elevação da UR de 45 para 90% a uma temperatura de 21°C é responsável pela redução das perdas de calor em até 8% (Bortolozzo *et al.*, 2011). Para Radostits *et al.* (2002), a temperatura corporal normal para os suínos oscila entre $37,8$ e $38,5^{\circ}\text{C}$.

Segundo Ferreira (2011), para suínos mantidos em ambientes com temperaturas acima da temperatura crítica superior, a eliminação de calor latente é intensificada, refletindo no aumento da frequência respiratória em razão do aumento das temperaturas ambientes (Tabela 2). A umidade relativa do ar entre 60 e 80% é ideal para suínos, quando associada a condições satisfatórias de temperatura (BORTOLOZZO *et al.*, 2011 e SILVA 1999).

Tabela 2 - Efeito da temperatura sobre a frequência respiratória (movimentos/minuto) em suínos machos castrados na faixa de 30 – 60 kg.

Variável	Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$)	
	21	32
Frequência respiratória	$44 \pm 7,9$	$82 \pm 14,1$

Fonte: Ferreira (2011)

Em um estudo conduzido por Tavares *et al.* (2000), com suínos machos castrados mantidos em temperaturas de conforto 22°C e desconforto 32°C , foi possível observar o aumento da frequência respiratória nos animais mantidos à temperatura de 32°C . O mesmo foi observado por Manno *et al.* (2006), que concluíram que a frequência respiratória pode ser aumentada pelo estresse térmico em função da respiração ser um eficiente mecanismo fisiológico que atua na manutenção da termorregulação.

No mesmo trabalho (MANNO *et al.*, 2006) aferiram as temperaturas do reto, da nuca, da paleta e do pernil dos suínos. E observaram que os animais sob estresse térmico apresentaram valores das temperaturas superficiais (nuca, paleta e pernil) aproximadamente 9,5% superiores aos animais submetidos ao conforto térmico.

2.4 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO

Para caracterizar as condições térmicas ambientais, foram desenvolvidos e são utilizados os índices de conforto térmico, estes consideram normalmente em suas equações os parâmetros ambientais de temperatura, umidade, vento e radiação.

O ambiente térmico representado pela temperatura, umidade relativa e velocidade do ar e radiação, representados pelo índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), afeta diretamente os animais (SARTOR *et al.*, 2003).

Os valores do ITGU atingem o máximo entre as 12 e 14 h (período mais quente do dia) devido à elevação da temperatura em torno do globo negro, principalmente pelas temperaturas do solo aquecido e superfície inferior da cobertura, que se elevam com o aumento da irradiação solar global (ROSA, 1984).

Assim, o globo negro recebe mais calor do ambiente, o que acarreta elevação de sua temperatura e conseqüente acréscimo nos valores do ITGU. Buffington *et al.* (1981) afirmaram que o índice mais preciso, para medir o conforto térmico dos animais, é o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU).

Segundo Sevegnani (1997), a temperatura de globo negro também é muito utilizada, sendo ela própria entendida como um índice. Para Bedeford & Warner (1934), o termômetro de globo negro é uma maneira de se indicar os efeitos combinados de radiação, convecção, e sua influência no organismo vivo.

Outro índice utilizado é a entalpia, que pode ser usada para correlacionar temperatura de bulbo seco e umidade relativa a um determinado ambiente, ela é a energia de ar úmido por unidade de massa de ar seco (kJ/kg de ar seco). Para Albright (1990) a entalpia é a melhor forma de se avaliar o nível de conforto térmico, pois ela é a combinação de temperatura e umidade relativa.

Savastano Jr. *et al.* (1997) e Rossi *et al.* (2012) consideram a entalpia como a propriedade mais importante para a quantificação de processos psicrométricos que envolvem trocas térmicas. Quanto maior a entalpia, maior o calor existente no ambiente e mais desconfortante o dia.

2.5 SISTEMAS DE RESFRIAMENTO

O tipo de construção (galpões abertos, semiabertos, fechados com ou sem isolamento térmico), de aspecto físico (tipo de piso e área útil das baias, por exemplo), de telhado (material das telhas, com ou sem lanternim, com ou sem sistema de arrefecimento), de climatização (ventilação natural, mecânica ou mista, com ou sem arrefecimento) e de manejo (controle da ventilação e climatização, fotoperíodo, higienização, monitoramento e densidade de alojamento) constitui o sistema de confinamento e determina o ambiente interno ao qual os animais serão expostos.

Os princípios fundamentais de engenharia para projeto, construção e operação dessas instalações são muito bem articulados na literatura (ESMAY, 1969, 1986; ALBRIGHT, 1990; ASAE, 2008). No entanto, sua aplicação para as condições únicas representadas por climas tropicais e subtropicais do Brasil e os diversos materiais de construção, ainda representa um desafio para a indústria (LUDTKE, 2010; NÄÄS, 2005; SAMPAIO *et al*, 2004; TINOCO & GATES, 2010).

Os recursos de ambiência não devem considerar apenas o uso de equipamentos climáticos, mas sim toda a modificação realizada em uma instalação, seja por meio de equipamentos climáticos, seja por meio de sistemas construtivos, os quais envolvem diferentes materiais construtivos (piso, tipo de cobertura, painéis, etc), “layout” das instalações (aberturas), conceitos de termodinâmica, entre outros.

No Brasil, a suinocultura, por ter como característica principal a produção intensiva, onde um número elevado de animais é criado em uma menor área, há a necessidade de se manter a temperatura ambiente adequada. Os produtores utilizam artifícios, para a construção de galpões observando a Insolação (orientação da obra) e os ventos dominantes (troca de ar adequada da construção), utilização de sistemas inteligentes para controle do clima no interior das instalações por meio de ventiladores, nebulizadores e aspersores.

Como o clima brasileiro é predominantemente tropical, a atenuação da temperatura é essencial em instalações pecuárias em todo o país. O ambiente térmico pode ser controlado de forma natural (aberturas laterais nos galpões, tipo de telhado e sombreamento, por exemplo) ou artificial (ventiladores, nebulizadores e condicionadores de ar, por exemplo), sendo esta última, a mais eficiente.

A ventilação é um importante parâmetro em comum entre os aspectos ambientais e é essencial para promover o conforto térmico e um ar mais limpo nas instalações do sistema de confinamento (ASAE, 2008). A ventilação artificial é adotada sempre que os meios naturais não proporcionam o índice de renovação de ar, ou o abaixamento da temperatura, necessários, apresentando a vantagem de ser independente das condições atmosféricas. Como as médias anuais brasileiras de temperatura estão acima de 25°C, a ventilação artificial torna-se imprescindível dentro das instalações pecuárias (SILVA, 2008).

Diferentes sistemas de resfriamento estão disponíveis no mercado, desde convecção forçada até resfriamento evaporativo do ar dentro do galpão. Muitos pesquisadores têm avaliado o desempenho de animais em relação ao sistema de resfriamento a que estão sujeitos. Sartor *et al.* (2003) compararam o sistema de resfriamento evaporativo a um grupo testemunha (sem o sistema), e constataram que a conversão alimentar do grupo foi 75% melhor que o grupo testemunha, 3,32 e 2,83 respectivamente, e observaram que o ganho de peso diário também foi superior nos animais submetidos ao sistema de resfriamento evaporativo (0,950 kg x 1,050 kg).

Huyn *et al.* (2005) concluíram que o resfriamento por aspersão de água ou por lâmina d'água reduzem o estresse por calor em suínos, uma vez que os animais expostos ao ambiente climatizado apresentaram menor taxa de respiração, menor temperatura superficial, maior conversão alimentar e maior ganho de peso diário que os animais do grupo de controle.

Turner *et al.* (1997) reportaram um aumento de 10,6% no ganho de peso diário de suínos na fase de crescimento/terminação submetidos a sistemas de resfriamento em comparação aos suínos do grupo de controle.

Carvalho *et al.* (2004), comparando o uso da nebulização ao da ventilação forçada em suínos na fase de terminação, observaram a melhora no conforto (temperatura da pele) dos animais, e também a melhora no comportamento social, bem como a diminuição na competição pelo comedouro e pelo bebedouro nos horários mais quentes do dia.

O uso de gotejamento de água na região do pescoço de matrizes permite a perda de calor pela evaporação, levando à redução da temperatura retal e à melhora das condições térmicas (BARBARI, 2007). Pesquisadores também verificaram que este mesmo sistema reduziu a taxa de frequência respiratória,

aumentou o consumo de alimento, levou a um maior ganho de peso e à diminuição da perda de peso durante o período de lactação de matrizes (HEARD, 1986 e MERKEL, 1965).

Embora os diferentes sistemas de resfriamento (por exemplo, o aumento da umidade relativa, gotas de água no ar, gradiente de temperatura ao longo do edifício) tenham um objetivo comum (atenuação da temperatura no interior das instalações), eles podem ser percebidos pelos animais de forma diferente.

Diante do exposto, reconhece-se a eficácia dos sistemas de resfriamento na melhoria da qualidade de vida dos animais em comparação à ausência de climatização, lançando mão de variáveis de desempenho e condições físicas e fisiológicas. Porém, pouco se sabe em relação às respostas comportamentais dos suínos em relação aos diferentes sistemas de resfriamento disponíveis no mercado, o que poderia ser avaliado como escolhas feitas pelos próprios animais através da técnica de análise de preferência.

2.6 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO E TESTE DE PREFERÊNCIA

As interações entre o ambiente, o alojamento e o próprio animal são complexas e dinâmicas, como explicado por Monteith & Unsworth (2007), que observaram que parte da resposta do animal ao ambiente é inerente ao estímulo imposto pelo próprio ambiente. Fica claro que, em seu ambiente natural, os animais já encontraram maneiras alternativas para resolverem as suas adaptações, entretanto, em escala comercial de produção, muito há que se aprender entre as suas respostas comportamentais, ao enfrentarem ambientes inadequados, ou ainda agressivos à sua natureza (GRACINIANO, 2013).

Baêta *et al.* (1987) descrevem que os animais podem apresentar, basicamente, duas respostas ao estresse térmico: respostas fisiológicas e comportamentais. Além da saúde física, “o centro” do bem-estar, pode-se adicionar a saúde psicológica ou o contentamento, e isto pode ser observado de maneira mais confiável no comportamento, no qual “lê-se” a escolha do animal (DAWKINS, 1999).

Dentre os estudos do comportamento animal, tem-se o da preferência, que consiste no fornecimento de múltiplos recursos ou situações aos animais, enquanto que lhes é dada a liberdade de escolha entre as opções fornecidas. Como os animais tendem a explorar o seu ambiente, evitando condições que consideram

nocivas e buscando situações que consideram favoráveis (WEBSTER & FLETCHER, 2004), as escolhas feitas são observadas e interpretadas como o interesse dos animais.

Assim, o estudo da preferência oferece métodos para a avaliação da percepção de animais (DAWKINS, 1999) e tem sido usado para obter suas respostas em relação às condições ambientais a que estão sujeitos. O teste pressupõe que o ambiente preferível é selecionado com maior frequência. Vale observar que o fato de os animais estarem em grupo pode influenciar sua preferência e comportamento (JONES *et al.*, 1996).

A técnica do estudo da preferência tem sido usada para a avaliação de diferentes variáveis ambientais e com diferentes animais. Como exemplo, Prescott & Wathes (2002), Shields *et al.* (2004) e Jones *et al.* (2005) utilizaram testes de preferência para avaliar a preferência de aves por, respectivamente, iluminação, caixas de areia e concentrações de amônia no ar.

Estudos analisaram as características de diferentes tipos de pisos para a instalação suinícola, Nilsson (1988) e Ricther (2002) indicam que o piso não pode ser muito áspero e nem muito rígido, pois pode prejudicar a saúde das pernas e dos cascos dos animais. Outro fator importante é a transmissão de calor, a capacidade térmica do piso.

Phillips (2000) e Taylor *et al.* (2006) utilizaram testes de preferência para avaliar a preferência de suínos pela temperatura do piso no período de gestação e iluminação respectivamente. Baxter *et al.* (2011) estudaram a área de preferência para leitões na baia de maternidade. Bull *et al.* (1997) e Barbari *et al.* (2007) estudaram vários sistemas de resfriamento para matrizes em lactação.

Para auxiliar nos testes de preferência ambiental, Jones *et al.* (1996), Green & Xin (2008), e Sales *et al.* (2011) desenvolveram câmaras climáticas de preferência que consistem em múltiplos compartimentos interligados, e que cujos ambientes podem ser controlados independentemente. Os animais podem transitar livremente de um compartimento para o outro explorando, assim, cada ambiente que lhe for oferecido.

Quando os microambientes comparados são usados como área de permanência, os animais basearam a sua seleção em algum aspecto de conforto, o que contribui para o seu bem-estar. Sob a condição de estresse pelo calor, o efeito de arrefecimento do microambiente deve contribuir para o conforto do animal. A

eficácia do ambiente para proporcionar um alívio de tensão de calor também pode ser avaliada por meios fisiológicos, tais como a frequência respiratória e a temperatura retal (BULL, 2014).

2.7 ANÁLISE DE IMAGENS COMO FERRAMENTA

A avaliação e os controles interativos do conforto térmico dos suínos pela análise de imagem superam os problemas inerentes ao método convencional, pois, utilizam-se os próprios animais como biossensores em resposta aos reflexos do ambiente, através da análise comportamental (XIN & SHAO, 2002).

O uso de vídeos para análise do comportamento animal é um método não invasivo na avaliação de bem-estar e, em um futuro próximo, espera-se que a tecnologia como vídeo análise automatizada desempenhe um papel importante no monitoramento do bem-estar (DAWKINS, 2004). Com isso, a análise de imagens torna-se uma ferramenta muito importante atualmente para a avaliação dos sistemas de criação, uma vez que o comportamento é a expressão de conforto ou desconforto do animal em relação ao ambiente.

Uma das vantagens de sistemas automatizados é que eles podem coletar dados de forma contínua, não perturbando os animais e não estão sujeitas a falhas ou opiniões contrárias dos observados, tendo assim menor subjetividade. Uma vez que esses sistemas podem operar em tempo real, eles são capazes de detectar alterações comportamentais oportunas e, portanto, tem o potencial de ser uma ferramenta valiosa para a detecção de deficiências em gestão, distúrbios ou doenças (FROST *et al.*, 1997).

Um parâmetro simples que pode ser facilmente medido automaticamente é o nível de atividade dos animais. Em uma pesquisa comportamental, as mudanças no nível de atividade são avaliadas, pois podem ser relacionadas a problemas de bem-estar e saúde. Alguns trabalhos identificaram diferenças significativas na atividade dos animais sob condições de infecção (ESCOBAR *et al.*, 2007;. REINER *et al.*, 2009), surtos de caudofagia (STATHAM *et al.*, 2009) e após a indução de stress (SALAKJOHNSON *et al.*, 2004).

A atividade pode ser medida automaticamente, por exemplo, anexando acelerômetro individual nos animais, como foi mostrado em pesquisa de validação para medir tipos de atividade em porcas (CORNOU & LUNDBYE-CHRISTENSEN,

2008), onde sensores de movimentação foram utilizados para mensurar ócio, alimentação, movimentação de fêmeas ao longo do seu ciclo reprodutivo, conseguindo até mesmo detectar movimentamentos específicos como estro, parto, bem-estar e doença.

Lind *et al.* (2005) introduziram um sistema para rastrear automaticamente o comportamento locomotor de suínos. Sete suínos foram tratados com doses diferentes de medicamento e sua locomoção quantificada em sessões de 60 min. Este método permitiu rastrear os suínos com um coeficiente de repetibilidade de 0,6%. O coeficiente de repetibilidade é baixo se a variabilidade entre as medidas repetidas for baixa.

Em outro estudo, Cangar *et al.* (2008) desenvolveram uma técnica de monitoramento automático em tempo real para identificar locomoção e postura de oito vacas prenhas 24 h antes do parto. Em média, 85% dos dados de animais parados e deitados, e 87% comendo e bebendo foram classificados corretamente. Além disso, o software de rastreamento de vídeo pode automaticamente registrar a locomoção, o movimento e a interação dos animais (Spink *et al.*, 2001).

Ott *et al.* (2014) compararam as observações humanas em relação a ferramenta do uso automático de imagens em grupos de suínos em baias coletivas e obtiveram resultados satisfatórios, validando o uso da ferramenta. Oczak *et al.* (2013) trabalharam com análise automática de imagens os comportamentos agressivos de suínos, com o objetivo de utilizar esta técnica como uma ferramenta auxiliar na gestão das granjas, através da detecção de determinados comportamentos.

2.8 O USO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

A termografia infravermelha (IRT) vem assumindo, em nível experimental, papel cada vez mais relevante como método seguro, não invasivo e capaz de análise em diferentes áreas. Sua imagem permite a obtenção do perfil térmico em tempo real e sem contato (HEUVEL *et al.* 2003). Nos últimos anos, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos, pois é uma técnica não invasiva (VERCELLINO *et al.*, 2010). Segundo Brown-Brandl *et al.* (2003), as imagens termográficas podem ser úteis na predição do conforto térmico, uma vez que as temperaturas superficiais são significativamente afetadas pela temperatura ambiente.

Na suinocultura, o uso da câmera termográfica é recente e pesquisas a respeito do ambiente térmico dentro de instalações suinícolas têm sido desenvolvidas. A Figura 1 ilustra a coleta de imagem do perfil do corpo de um suíno.

Figura 1 – Coleta da imagem termográfica de um suíno.

A IRT gera imagens térmicas, permitindo a medição de distribuições de temperatura da superfície adequadas para a detecção de anomalias localizadas. Isto é possível, pois com ela podem-se selecionar regiões de interesse na imagem, assim, trabalhando apenas áreas específicas de interesse para posteriores análises.

Essas áreas de interesse podem ser analisadas por manchas (por exemplo, único pixel), linhas ou áreas de várias formas. A IRT é apropriada para medir a temperatura da pele em suínos, uma vez que a pelagem é diferente dos outros mamíferos, que têm mais cobertura de pelo no corpo (SOERENSEN & PEDERSEN, 2015).

Adamec *et al.* (1997) *apud* Knizkova (2007) estudaram a possibilidade de reduzir o estresse pelo calor em suínos na terminação durante o período de verão com o uso de *pad cooling*. As alterações na temperatura da superfície do corpo foram medidas pela IRT. Os autores concluíram que o resfriamento evaporativo

levou à diminuição do estresse por calor nos suínos e ao aumento do crescimento e da conversão alimentar.

Soerensen & Pedersen (2015) concluíram em seu trabalho que mais pesquisas sobre o uso de IRT para rastreabilidade da saúde do suíno são necessárias para que com seu uso possam ser feitos diagnósticos precisos e confiáveis.

Alguns dos estudos realizados até o momento não são conclusivos por conta da grande variação dos resultados a partir de metodologias diferentes e medições imprecisas. Dessa maneira, investigações completas de distribuições de temperatura de superfície nos suínos saudáveis, de diferentes faixas etárias, raças e em diferentes ambientes, constituem o primeiro passo para melhorar a detecção de suínos saudáveis.

A imagem térmica tem sido utilizada com êxito para detectar alterações no fluxo sanguíneo na superfície da pele, que por consequência altera a temperatura da superfície da pele. Dessa forma as alterações no fluxo sanguíneo na superfície da pele são importantes para a termorregulação e variar com as temperaturas ambiente para manter a homeostase (Johnson & Proppe, 1996; Simmons, Wong, Holowatz, & Kenney, 2011). Isso abre o potencial para o uso de imagens térmicas para inferir conforto térmico. Brown-Brandl et al. (2013) realizaram um estudo utilizando a IRT para avaliar as temperaturas de superfície de suínos em crescimento baseado em mudanças nas imagens térmicas captadas a diferentes temperaturas. Os autores concluíram que a temperatura de superfície foi significativamente afetada pela temperatura ambiente.

3. OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a percepção de suínos através de sua preferência em relação a diferentes sistemas de resfriamento do ambiente em uma câmara de preferência ambiental.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o microclima e os índices de conforto térmico, gerados pelos diferentes sistemas (nebulização associada à ventilação forçada, ventilação forçada, aspersão e aspersão associada à ventilação forçada);
- Executar o teste de preferência e analisar a preferência dos suínos-teste;
- Avaliar o efeito de cada sistema no desempenho zootécnico, temperatura superficial e frequência respiratória dos suínos-companhia.

A relação do ambiente térmico e as respostas fisiológicas e de desempenho dos suínos são material de pesquisas nos últimos anos, porém, monitorar essas respostas e associá-las à percepção do animal, pode suprir suas necessidades básicas intrínsecas, que podem ser despercebidas no sistema produtivo atual.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, da Universidade de São Paulo na cidade de Pirassununga - SP. O município de Pirassununga encontra-se na altitude de 630 m, coordenadas 21°57'02" de latitude Sul e 47°27'50" de longitude Oeste. O clima da região é do tipo Cwa de Köppen, tropical, sazonal, com duas estações bem definidas, verão chuvoso (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro), com raras ocorrências de geada. A coleta dos dados experimentais ocorreu de fevereiro a março de 2015.

4.1 CÂMARA DE PREFERÊNCIA AMBIENTAL

A fim de investigar a percepção de suínos em relação a diferentes sistemas de resfriamento de ambiente e determinar se preferem um sistema a outros, uma câmara de preferência ambiental (CPA) (Figura 2), capaz de fornecer quatro diferentes ambientes simultaneamente, foi equipada com sistemas de resfriamento e um estudo de preferência conduzido.

Figura 2 – Vista da câmara de preferência ambiental

A CPA foi inicialmente desenhada e a partir de uma ideia inicial, a planta sofreu modificações a fim de atender os objetivos do estudo proposto e futuras pesquisas que possam ser nela realizadas, foi construída no setor da suinocultura da Prefeitura do *campus* da USP de Pirassununga.

Na Figura 3, é possível observar detalhes da câmara de preferência, como as medidas das áreas e também sua disposição: compartimentos, hall (área neutra) e orientação.

Figura 3 - Desenho ilustrativo da vista superior da câmara de preferência ambiental

Nesse estudo de preferência, dois grupos principais de suínos foram utilizados: os suínos-teste e os suínos-companhia. Os suínos-teste foram os animais com livre acesso aos diferentes ambientes, podendo transitar de uma área para outra e escolher sua preferência dentre os quatro ambientes. Os suínos-companhia, por sua vez, ficaram confinados em seus respectivos sistemas durante todo o período do estudo, a fim de somente oferecer companhia aos suínos-teste, amenizando assim, efeitos de isolamento.

Os suínos-companhia eram compostos por um macho e uma fêmea, sendo que cada par desses animais foram alojados em cada um dos quatro ambientes.

Dessa forma, as avaliações foram realizadas com 9 suínos (8 suínos-companhias e 1 suíno-teste), conforme será detalhado no item 4.5.2.

A CPA é composta por quatro ambientes (compartimentos) interligados por uma área neutra (hall) e está localizada no Setor de Suinocultura da Prefeitura do Campus da USP/Pirassununga. As paredes são de blocos de concreto, a laje mista com vigotas de concreto pré-moldado e lajotas cerâmicas e o piso de concreto pintado na cor preta. O pé direito das instalações é de 2,85 m.

Cada compartimento é composto de cochos de alimentação e bebedouros. A cobertura do galpão é de telhas de cerâmica. Grades de metal delimitam as baias dos suínos-teste e dos suínos-companhia. Na Figura 4, é possível observar um compartimento da CPA delimitado pela grade.

Figura 4 – Imagem da vista superior de um compartimento da câmara de preferência

Cada compartimento possui exaustor (Figura 5) e entrada de ar (62 x 62 cm) de maneira a garantir a troca de ar. Para a entrada dos suínos-testes nos diferentes compartimentos da CPA foram instaladas portas do tipo *bang-bang* feitas de

poli-carbonato compacto cristal, transparentes. É possível visualizar a porta *bang-bang*, que dá acesso a cada um dos quatro compartimentos e a entrada de ar na Figura 6. A Figura 7 mostra um suíno-teste na área neutra com as portas *bang-bang*. Portas de metal dão acesso ao interior da câmara para higienização e manejo dos animais.

Figura 5 – Vista dos exaustores na câmara de preferência

Figura 6 – Vista da área do suíno-teste no interior da câmara de preferência

Figura 7 – Imagem do suíno-teste na área neutra

4.2 ANIMAIS E MANEJO

Inicialmente dezesseis suínos, 12 machos castrados e 4 fêmeas (híbridos Pen Ar Lan com aproximadamente 95 dias de idade) foram selecionados e mantidos juntos por uma semana em uma das baias do galpão existente no Setor de Suinocultura (Figura 8).

Figura 8 – Vista de uma baia do Setor da Suinocultura

Durante todo o período experimental, os animais receberam a ração usualmente fornecida pelo setor. Nos primeiros 24 dias receberam ração de crescimento (fubá de milho 70%, farelo de soja 28%, núcleo suíno crescimento 2%) e depois a ração de terminação (fubá de milho 74%, farelo de soja 24%, núcleo suíno crescimento 2%) até o 42º dia, atendendo as exigências nutricionais recomendadas por Rostagno *et al.* (2005).

A água (potável) foi fornecida à vontade, utilizando um bebedouro tipo chupeta. A ração foi fornecida à vontade, seguindo o mesmo arraçoamento fornecido para os suínos mantidos na baia externa e manualmente quatro vezes ao dia (7, 10, 14 e 16 h) para os animais na CPA. Quatro pares de suínos (machos castrados e fêmeas) foram utilizados como suínos-companhia e oito suínos (machos castrados) como testes.

Como manejo para limpeza da CPA adotou-se lavar seu interior todos os dias de coleta de dados para o teste de preferência, uma vez que a sujeira gerada pelos animais poderia comprometer a qualidade das imagens analisadas. O piso da instalação foi pintado na cor preta também para auxiliar a análise das imagens dos vídeos.

4.3 TESTE DE PREFERÊNCIA

Cada par de suínos-companhia foi alojado em um dos compartimentos da CPA de maneira que não podia transitar entre eles. Esses animais permaneceram fixos nos seus respectivos sistemas de resfriamento até o término do estudo (42 dias). No dia 1 do experimento, o primeiro suíno-teste foi colocado na câmara de preferência e seus dados coletados por dois dias. O suíno-teste podia transitar livremente pelos quatro compartimentos.

Após esse período, no dia 4 o suíno-teste foi retirado e o segundo suíno-teste conduzido à câmara de preferência e nela permaneceu por dois dias, até o dia 6. Este procedimento foi repetido até o oitavo suíno-teste (dia 16). No décimo sexto dia do teste, o primeiro suíno-teste foi submetido novamente ao teste de preferência por 2 dias e depois o segundo suíno-teste e assim sucessivamente.

A Figura 9 ilustra a disposição dos animais no interior da CPA bem como as vias de acesso para o suíno-teste.

Figura 9 – Desenho esquemático da disposição dos animais na CPA.

*Figura sem escala.

Para definição da metodologia adotada na presente pesquisa foram revisados trabalhos desenvolvidos na temática específica de teste de preferência e também de comportamento animal, tais como Barbari *et al.* (2007), Bull *et al.* (1997), Geiling (2011), Green & Xin (2008), Jones *et al.* (1996) e Phillips *et al.* (2000). A Figura 10 ilustra a disposição de um compartimento da CPA.

Figura 10 - Ilustração das delimitações de um compartimento da câmara de preferência e a área neutra

A metodologia adotada para o teste de preferência consistiu também na rotação dos sistemas de resfriamento com seus respectivos animais companhia no décimo sexto dia com o objetivo de a posição geográfica não interferir na preferência do animal teste. Isto foi possível uma vez que os compartimentos possuem todos os mesmos tipos de sistemas instalados em suas dependências.

4.4 SISTEMAS DE RESFRIAMENTO

Dados de temperatura e umidade relativa dentro de cada galpão foram as variáveis de entrada que determinaram quando um equipamento de arrefecimento deveria ser ligado e desligado.

Os sistemas possuem controladores que buscaram manter as faixas de temperatura e umidade consideradas de conforto para os suínos, conforme a Tabela 1, temperatura na faixa de 18 a 21°C e umidade relativa na faixa de 60 a 70% (SILVA, 1999 e TOLON, 2010).

Uma vez que a temperatura no galpão atingia o valor mínimo de temperatura programado (18°C), o equipamento daquele galpão era desativado até que a temperatura aumentasse, e então o sistema era ativado novamente. Da mesma forma, se a umidade relativa atingia o valor máximo de 73%, o equipamento evaporativo daquele galpão era desativado até que a umidade relativa diminuísse. Isso se dava por meio da interrupção do abastecimento de água a cada equipamento.

No caso do aspersor e do nebulizador, por exemplo, a interrupção de água se dava por meio da energização/desenergização de válvulas solenoide em linha com a torneira de abastecimento e com os bicos de aspersão/ventilação.

Assim, os controladores comparavam os dados de entrada (temperatura e umidade relativa) com os valores de referência predeterminados pelo usuário e ativava/desativava os sistemas em cada um dos compartimentos. A iluminação dos galpões se deu por meio de lâmpadas incandescentes (40 W) por um período de 13 h (06:00h – 19:00h) e com intensidade aproximada de 50 lux.

Os sistemas estudados foram:

- Nebulização + ventilador (NV): nesse sistema, a intermitência de operação do sistema de nebulização foi operado com um ciclo de 2 min pulverizando água no ambiente a uma taxa de $0,55 \text{ L min}^{-1}$ e 2 min inativo para redução do uso de água e para um melhor controle da temperatura ambiente. O ventilador foi acionado quando a temperatura estava superior a 21°C .

- Ventilação forçada (V): O ventilador foi acionado quando a temperatura estava superior a 21°C .

- Aspersor (A): Uma vez acionado, o aspersor operou de modo intermitente entre 2 min aspergindo água sobre os animais a uma taxa de $41,0 \text{ mL min}^{-1}$ e 30 min inativo, para permitir a evaporação da água na superfície corporal.

- Aspersor + Ventilador (AV): Uma vez acionado, o aspersor operou entre 2 min aspergindo água sobre os animais a uma taxa de $41,0 \text{ mL min}^{-1}$ e 20 min inativo para permitir a evaporação da água na superfície corporal. O ventilador foi acionado quando a temperatura estava superior a 21°C . A Tabela 3 contém a identificação dos animais e a disposição dos sistemas de resfriamento na câmara de preferência ambiental.

Tabela 3: Configuração dos animais e dos sistemas no período experimental

Dia	Suíno-teste	<i>Compartimento na câmara</i>			
		I	II	III	IV
		<i>Distribuição dos sistemas</i>			
0	1				
2	2				
4	3				
6	4	NV	V	A	AV
8	5				
10	6				
12	7				
14	8				
16	1				
18	2				
20	3				
22	4	V	AV	NV	A
24	5				
26	6				
28	7				
30	8				

*NV nebulização+ventilação forçada, V ventilação forçada, A aspersão e AV aspersão+ventilação forçada

Especificações técnicas dos equipamentos utilizados no experimento:

- Bico nebulizador da marca Tritec com pressão de trabalho de 10,34 Bar e vazão de 75 mL min^{-1} .
- Bico aspersor com pressão de trabalho de 6,89 a 10,34 Bar e vazão de 0,4 a $0,6 \text{ L min}^{-1}$.
- Ventilador Twister, da marca Arge, possui vazão $3240 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (ou $0,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) e rotação de 1150 rpm.
- Exaustor modelo Multifan 130 com cone e 3 pás e volume de ar de $45.600 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Os exaustores operaram com o inversor em sua metade da capacidade, 30 Hz, velocidade aproximada de $1,2 \text{ m s}^{-1}$, ligado 2 min e desligado 1 min, a cada hora.
- Controlador SMAAI, modelo 02.
- Bomba de água Booster de 1,5 CV.

As Figuras 11 e 12 mostram o posicionamento dos equipamentos no interior da instalação. A Figura 13 mostra a vista da parte central da câmara de preferência, nela é possível observar as caixas dos controladores dos sistemas de resfriamento e controles individuais dos ventiladores e aspersores/nebulizadores, bem como a porta de acesso do suíno-teste ao interior da CPA.

Figura 11 – Vista do exaustor na área dos suínos companhia.

Figura 12 – Vista do ventilador e abertura para entrada de ar na área do suíno-teste. Em destaque, os equipamentos de aspersão e nebulização.

Figura 13 – Vista da parte central da câmara de preferência ambiental.

4.5 COLETA DOS DADOS EXPERIMENTAIS

É importante ressaltar que os testes de preferência por sistemas de resfriamento devem ser realizados no período mais quente do ano, para que os equipamentos de arrefecimento dos galpões possam ser utilizados por um maior período, e para que os suínos tenham tempo suficiente para explorar os diferentes ambientes. As variáveis coletadas e registradas para análise estão descritas a seguir.

4.5.1 AMBIENTE TÉRMICO

A avaliação do ambiente térmico no interior e no exterior da CPA ao longo do período experimental deu-se com o auxílio de Loggers (marca HOBO, modelo U12-012), bem como com globos negros instalados dentro e também fora da câmara, os quais enviaram dados ambientais ao dispositivo de aquisição de dados a cada 15 min.

Foram utilizados dois loggers e dois globos negros, que ficaram posicionados na lateral de cada um dos compartimentos conforme mostra a Figura 14. Foram posicionados equipamentos para coleta nos beirais direito e esquerdo da CPA e no teto da área neutra. Para os cálculos foram consideradas as médias dos pares.

Foram coletadas medidas de temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR), ponto de orvalho e temperatura de globo negro (TG). A temperatura de globo negro é obtida a partir de uma esfera oca, pintada externamente com tinta preta fosca, contendo o sensor de temperatura em seu centro.

Para análise estatística, o dia foi dividido em doze períodos (de 2 h cada um): 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 22, assim foram calculadas as médias de cada dado coletado para cada período.

Figura 14 – Vista do compartimento experimental com destaque para os sensores loggers + globos negros¹

Dados de temperatura de bulbo seco, globo negro, ponto de orvalho e de umidade relativa foram utilizados para a determinação do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) (BUFFINGTON *et al.*, 1981) (Equação 1) e entalpia (RODRIGUES, 2010) (Equação 2).

(1)

Onde: T_g = temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$); T_o = temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$).

(2)

Onde: H = entalpia (kcal/kg de ar seco), T_{bs} = temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$), UR = umidade relativa (%). O resultado da equação é em kcal/kg de ar seco e o valor de unidade da entalpia é em kJ/kg de ar seco, assim o valor da equação deve ser multiplicado por 4.18.

4.5.2 AVALIAÇÃO NO PERÍODO MAIS QUENTE DO DIA

Como forma a avaliar os sistemas em um período mais quente do dia, realizou-se, nos dias de aplicação do teste de preferência, a coleta de dados ambientais e medidas dos suínos-companhia entre 14 e 15 h.

4.5.2.1 Variáveis ambientais

Foram coletadas medidas de temperatura ambiente e umidade relativa dos controladores dos equipamentos de resfriamento. É possível observar nas Figuras 15a e 15b os controladores dos equipamentos de resfriamento e o sensor no interior de um dos compartimentos da CPA.

Figura 15 – (a) Caixa dos controladores, e (b) e sensor de temperatura e umidade relativa.

(a)

(b)

As medidas de velocidade do ar dentro de cada um dos compartimentos da CPA foram realizadas em dois pontos, com o auxílio de um anemômetro digital (marca INCOTERM®), um na área do suíno-teste e outro na dos suínos-companhia, na altura dos animais.

4.5.2.2 Variáveis fisiológicas

Foram aferidas as temperaturas de superfície corporal dos suínos-companhia por meio de câmera termográfica (Termovisor Testo®). A região escolhida para a coleta foi a da nuca. A emissividade utilizada foi de 0,95 para todas as imagens (BROWN-BRANDL *et al.*, 2012). As imagens foram trabalhadas no *software* do programa (IRsoft®), selecionando-se uma determinada área, e dela obteve-se a média de temperatura (Figura 16). A Figura 17 ilustra o gráfico apresentado pelo programa contendo os dados de temperatura média da região selecionada para análise.

Figura 16 – Imagem ilustrativa do programa com a seleção da área a ser analisada

Figura 17 – Gráfico gerado pelo programa com a medida das médias das temperaturas

Também foi coletada a frequência respiratória dos suínos-companhia por meio da contagem dos movimentos do flanco durante 15 s, e o valor obtido multiplicado por quatro para a obtenção do resultado por minuto. Essa medida foi coletada primeiramente, antes da entrada na câmara para a coleta das imagens termográficas, de forma a não interferir no resultado, assim a observação era feita pela abertura para entrada de ar.

4.5.3 VARIÁVEIS DE DESEMPENHO

Todos os animais foram pesados antes e logo após serem submetidos ao período experimental na CPA (dia zero e dia 42). Com isso, foi determinado o consumo de ração dos animais suínos-companhia no interior da CPA. Com os dados de ganho de peso (diferença entre o peso vivo final e o peso vivo inicial) e de consumo de ração (quantidade média de ração consumida), foram determinados os índices de conversão alimentar (relação entre a quantidade de ração consumida e o ganho médio de peso) de cada suíno-companhia durante sua exposição aos sistemas de resfriamento.

Após a pesagem, foram tomadas medidas ultrassônicas in vivo (Figura 18), utilizando-se o equipamento portátil de ultrassom PigLog-105® (Versão 3.1,

empresa SFK – Technology, Dinamarca) as variáveis analisadas foram a espessura de toucinho ET_1 e ET_2 (mm), a medida de profundidade de olho de lombo (POL, mm) e o rendimento de carne magra (RCM) (estimada a partir dos valores de espessura de toucinho ET_1 e ET_2 e a POL),.

Para isto, os animais foram contidos para que fossem efetuadas as medidas ultrassônicas do lado esquerdo do animal nos seguintes pontos de leitura: ponto P1: medido a 7,0 cm da linha dorso-lombar e a 7.0 cm da última costela na direção caudal, onde se obteve a espessura de toucinho ETP1; ponto P2: medido a 7,0 cm da linha dorsolombar e a 10.0 cm da última costela na direção cranial, onde se obtiveram a espessura de toucinho ETP2 e a medida de profundidade de lombo. A partir desses valores de leitura, determinou-se, por meio de equação, a porcentagem de carne magra do animal. A taxa de deposição de carne magra diária foi calculada dividindo-se a diferença entre a quantidade de carne magra estimada no último dia e a quantidade de carne magra no primeiro dia pelo número de dias em período experimental (AROUCA *et al.*, 2010 e GONÇALVES, 2011).

Figura 18 –Coleta das medidas ultrassônicas de espessura de toucinho e profundidade de olho de lombo.

4.5.2 AVALIAÇÃO DO TESTE DE PREFERÊNCIA

Câmeras de vídeo localizadas no teto de cada compartimento monitoraram os animais, e os vídeos armazenados foram do período das 8 às 18 h (Figura 19). Os vídeos auxiliaram na determinação da preferência dos suínos-testes na câmara de preferência.

Figura 19 - Imagem da tela do computador ilustrando a observação dos animais em tempo real e download dos vídeos para posterior análise

A análise dos vídeos foi feita pelo programa *Pig Tracker*, desenvolvido pelo grupo *M3-Biores*. Para a análise, primeiramente uma imagem do vídeo é gerada e nela é necessário identificar as áreas do comedouro e do bebedouro (Figura 20), bem com a área da baia a ser avaliada (Figura 21).

Figura 20 – Visualização do programa *Pig Tracker* com as áreas do comedouro e bebedouro marcadas

Figura 21 – Visualização do programa *Pig Tracker* com a área da baía avaliada delimitada

Após a seleção das áreas, o programa inicia sua coleta de dados e estes geram a planilha contendo os dados de localização do animal teste (eixos X e Y) e se este está em atividade (aparecimento de uma quantidade de Pixels) ou animal não detectado (NaN) (Figura 22). Os dados são gerados a cada segundo.

Figura 22 – Visualização dos dados gerados pelo *Pig Tracker*

	Time/frame	X	Y	Activity (pixels)
1	Pig 1: 2:29:58/359957	NaN	NaN	NA
2	Pig 1: 2:29:59/359997	NaN	NaN	NaN
3	Pig 1: 2:30:0/360037	NaN	NaN	NaN
4	Pig 1: 2:30:1/360077	NaN	NaN	NaN
5	Pig 1: 2:30:2/360117	NaN	NaN	NaN
6	Pig 1: 2:30:3/360157	NaN	NaN	NaN
7	Pig 1: 2:30:4/360197	NaN	NaN	NaN
8	Pig 1: 2:30:5/360237	85	390	NaN
9	Pig 1: 2:30:6/360277	96	389	11
10	Pig 1: 2:30:7/360317	118	377	24
11	Pig 1: 2:30:8/360357	166	341	61
12	Pig 1: 2:30:9/360397	186	297	48
13	Pig 1: 2:30:10/360437	183	281	16
14	Pig 1: 2:30:11/360477	190	263	20
15	Pig 1: 2:30:12/360517	189	262	1
16	Pig 1: 2:30:13/360557	189	261	0
17	Pig 1: 2:30:14/360597	189	261	1
18	Pig 1: 2:30:15/360637	188	261	1
19	Pig 1: 2:30:16/360677	188	261	0
20	Pig 1: 2:30:17/360717	188	260	1
21	Pig 1: 2:30:18/360757	191	258	4
22				

Para a análise do teste de preferência foram eleitos quatro dias, considerando como de estresse térmico para suínos, levando em conta os dados obtidos de temperatura ambiente, umidade relativa, entalpia e ITGU, e que caracterizassem um ambiente onde os sistemas de resfriamento estivessem em operação.

4.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os suínos-companhia foram mantidos no interior da CPA por 42 dias, isto se deu devido a problemas técnicos ocorridos no período experimental. Assim o comportamento dos dados do ambiente térmico (temperatura ambiente, temperatura de globo negro, umidade relativa, entalpia e índice de temperatura de globo negro e umidade) ao longo do tempo foi estudando através de um modelo que incluiu um fator de controle local (Dias, com 40), um fator de tratamento (Sistemas, com 6 níveis: A, V, AV, NV, Hall e Externo) e um fator de medidas repetidas (Período, com 12 níveis: 0, 2, 4, ... 11).

A análise foi feita através do “proc mixed” do SAS (LITTELL, 2006), com a escolha da melhor estrutura de covariâncias feita pelo critério de informação de Akaike (AIC). Quando a interação entre Sistemas e Períodos resultou significativa, a

comparação das médias dos Sistemas em cada Período foi feita utilizando-se o teste de Tukey (5%).

O teste de preferência foi aplicado em 32 dias do período experimental assim, o comportamento dos dados das características ambientais no período mais quente do dia (14 h – 15h) (temperatura ambiente, umidade relativa, velocidade do ar, entalpia, frequência respiratória e temperatura de nuca) ao longo do tempo foi estudando através de um modelo que incluiu um fator de controle local (Dias, com 30 níveis), um fator de tratamento (Sistemas, com 5 níveis: A, V, AV, NV e Externo) e um fator de medidas repetidas (Dias, 30 níveis).

A análise foi feita através do “proc mixed” do SAS (LITTELL, 2006), com a escolha da melhor estrutura de covariâncias feita pelo critério de informação de Akaike (AIC). Quando a interação entre Sistemas e características resultou significativa, a comparação das médias dos Sistemas em cada Período foi feita utilizando-se o teste de Tukey (5%).

Em relação às características de desempenho, devido ao número reduzido de amostragem por tratamento, optou-se por comparar as variáveis em relação aos sexos (macho e fêmea) e posteriormente animais na câmara de preferência x animais testes. A análise foi feita através do “proc mixed” do SAS (LITTELL, 2006), com a escolha da melhor estrutura de covariâncias feita pelo critério de informação de Akaike (AIC). Quando a interação entre Sistemas e animais testes resultou significativa, a comparação das médias foi feita utilizando-se o teste de Tukey (5%).

Para a análise do teste de preferência, primeiro foi rodado um teste Quiquadrado que concluiu a distribuição de frequências (presença de animal em tempo de permanência) nos 4 sistemas e no Hall. Depois foi feita uma ANOVA, admitindo-se que os dados têm distribuição binomial (contagens) e usando os dias como blocos. A comparação foi feita usando o teste de Tukey (5%).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 AMBIENTE TÉRMICO

As medidas coletadas no interior e no exterior da câmara de preferência foram utilizadas para determinar o comportamento ambiental durante todo o período experimental (42 dias). Esses dados estão apresentados e discutidos a seguir.

A comparação entre as variáveis ambientais e os índices de conforto dos sistemas (NV: nebulizador+ventilador, V: ventilador, A: aspersor, AV: aspersor+ventilador), área neutra (Hall) e o ambiente externo (EXT) estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores médios das variáveis ambientais para os sistemas e ambiente externo no período experimental. (H: entalpia, ITGU: índice de temperatura de globo e umidade, TA: temperatura ambiente, UR: umidade relativa)

Sistema	H (kJ.kg ⁻¹)	ITGU	TG (°C)	TA (°C)	UR (%)
NV	72,87 ^a	70,08 ^a	21,04 ^a	24,29 ^a	83,22 ^b
V	72,28 ^a	69,51 ^b	20,64 ^b	24,17 ^a	81,56 ^c
A	72,82 ^a	70,04 ^a	21,01 ^a	24,24 ^a	83,31 ^b
AV	72,99 ^a	70,21 ^a	21,14 ^a	24,32 ^a	83,56 ^b
Hall	71,03 ^b	69,15 ^b	20,38 ^b	23,35 ^b	84,12 ^a
EXT	70,55 ^c	68,47 ^c	19,85 ^c	23,43 ^b	81,76 ^c

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, P<0,05.

Em relação à entalpia (H) e à temperatura ambiente, não houve diferença significativa na interação dos sistemas e dos períodos do dia, a 5% de probabilidade. Os dados para entalpia (Tabela 5) encontram-se acima da faixa recomendada para os suínos em crescimento e terminação.

Na Figura 23 estão apresentados valores médios da H na interação sistema e período juntamente com o ambiente externo.

Figura 23 – Entalpia, interação dos sistemas em relação aos períodos do dia

Os comportamentos das curvas no interior da CPA são semelhantes, não havendo diferença significativa entre os sistemas. O valor de entalpia considerado conforto na fase de crescimento é de 60,4 a 68,6 kJ/kg de ar seco segundo Moura (1999) e considerando os dados apresentados na Tabela 1 para temperatura e a umidade relativa de 50 – 70%, os valores de H para suínos nesta pesquisa estariam entre 54 e 67 kJ/kg.

Na faixa dos períodos de 12 a 18, ou seja, das 12 às 18 h (Figura 23) são observados os maiores valores para a entalpia devido ao aumento da temperatura e também alteração na umidade relativa, uma vez que a CPA era lavada todos os dias pela manhã. A área neutra (Hall) apresenta os melhores resultados nos períodos do dia, isto pode ter ocorrido pelo fato do Hall estar “isolado” entre os outros quatro compartimentos da CPA. Pode-se observar também que as curvas dos dados da CPA possuem menor amplitude quando relacionado aos dados do ambiente externo, isto se deve ao efeito do controle dos sistemas no interior da CPA.

Em relação ao índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), houve diferença significativa na interação sistemas e períodos apenas para o sistema V (ventilador) quando comparado aos demais sistemas ao longo dos períodos, não havendo diferença entre V e o Hall a 5% de probabilidade, tendo estes os menores

valores para o ITGU. Isto pode ser justificado devido aos menores valores para a temperatura de globo obtida pelo V e Hall, diretamente relacionada ao índice.

Na Figura 24 estão apresentados valores médios de ITGU na interação sistema e período juntamente com o ambiente externo.

Figura 24 – Índice de temperatura de globo, interação dos sistemas em relação aos períodos do dia

Os valores de ITGU estão dentro da faixa recomendada de 72 por Sampaio *et al.* (2004) e Campos *et al.* (2008). Orlando *et al.* (2006) consideraram $69,6 \pm 4$ como conforto para suínos em terminação. O comportamento crescente do índice no decorrer do dia é resultado do aumento da temperatura, sendo que o mesmo foi observado por Amancio *et al.* (2013) e Sousa (2014). Embora os resultados obtidos foram acima da faixa recomendada para a entalpia (H), o mesmo não foi obtido pelo ITGU, considerado dentro da faixa recomendada para suínos em crescimento e terminação.

Em relação à temperatura do globo negro, houve diferença significativa na interação sistemas e períodos (Figura 25) a 5% de probabilidade.

Figura 25 – Temperatura de globo negro na interação dos sistemas em relação aos períodos do dia.

Nota-se que a temperatura de globo nos sistemas foi superior à do ambiente externo (EXT) e a área neutra, devido à inércia das instalações, observa-se também que ocorreu uma menor amplitude dos dados no interior da câmara de preferência ambiental.

Os valores obtidos ao longo do período do dia e os apresentados na Tabela 5 encontram-se na faixa recomendada para os suínos em crescimento e terminação. Valores semelhantes foram encontrados por Kiefer *et al.* (2010) $21,7 \pm 3^{\circ}\text{C}$, caracterizando ambiente de conforto térmico em câmara climática, para suínos (machos castrados) em crescimento e terminação.

Em relação à temperatura ambiente (TA), houve diferença significativa na interação sistemas e períodos (Figura 26) a 5% de probabilidade.

A TA sofreu menor variação se comparada à TG, e isso decorre da ação da UR e da velocidade do ar sobre a TG. Os valores médios apresentados também estão na faixa de conforto recomendada (Tabela 1).

Figura 26 – Interação sistemas e períodos para a temperatura ambiente.

Nota-se que a TA dentro da CPA foi inferior à do ambiente externo (EXT) no período diurno e o contrário observado no período noturno. Segundo Ferreira (2011), a temperatura ideal para suínos de 15 a 60 kg está na faixa de 21,3 e 23,1°C, Santos (2001) obteve no verão TA de 22,08°C em instalação com lanternim e 22,25°C sem lanternim. Kiefer (2010) considerou a TA de conforto na faixa de $20,9 \pm 2,9^{\circ}\text{C}$ em câmara climática.

Na Figura 27, estão apresentados valores médios da UR na interação sistemas e períodos juntamente com o ambiente externo. A faixa de valor para a umidade relativa considerada de conforto para análise dos resultados é a apresentada anteriormente de 50 a 70%.

Os comportamentos das curvas são semelhantes, sendo que os valores da UR para os sistemas, no período 0 a 10 encontram-se acima da faixa recomendada por Bortolozzo *et al.* (2011) e Silva (1999) de 60 a 80%.

Figura 27 – Interação sistemas e períodos para a umidade relativa

Observa-se que a UR externa foi inferior no período diurno e superior no noturno, e que a UR interna à CPA obteve menor amplitude. Pode-se inferir que o fato da CPA ser lavada todos os dias no período 8, acarreta no aumento da UR no seu interior.

5.2 AVALIAÇÃO NO PERÍODO MAIS QUENTE DO DIA

5.2.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

As medidas coletadas dos controladores referentes aos dados no interior da câmara de preferência foram utilizadas para determinar as variáveis ambientais no horário das 14 h nos dias de aplicação do teste de preferência (32 dias). Estes dados estão apresentados e discutidos a seguir.

A comparação entre sistemas (NV: nebulizador+ventilador, V: ventilador, A: aspersor, AV: aspersor+ventilador) e o ambiente externo (EXT) (dados dos loggers externos à CPA) estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores médios das variáveis ambientais para os sistemas e ambiente externo no período experimental às 14 h (H: entalpia, TA: temperatura ambiente, UR: umidade relativa, VArV: velocidade do ar)

Sistema	H (kJ.kg ⁻¹)	TA (°C)	UR (%)	VAr (m/s)
NV	73,68 ^c	27,72 ^b	69,63 ^b	0,86 ^a
V	74,06 ^b	27,83 ^b	70,53 ^a	0,93 ^a
A	73,22 ^c	27,70 ^b	68,13 ^c	0,00 ^c
AV	73,78 ^c	27,92 ^b	68,50 ^c	0,86 ^a
EXT	75,38 ^a	29,50 ^a	62,50 ^d	0,43 ^b

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, $P < 0,05$.

Os valores de entalpia e temperatura ambiente (crítica superior 27°C , Tabela 1), apresentados na Tabela 6 encontram-se acima da faixa recomendada para os suínos em crescimento e terminação.

A entalpia (H) no horário das 14 h esteve acima da faixa recomendada para suínos em crescimento e terminação (60,4 a 68,6 kJ/kg). Tendo diferença significativa à interação sistemas e ambiente externo, nota-se que o ambiente externo foi superior às médias obtidas no interior da CPA e que o sistema V (ventilador) foi superior aos demais sistemas (Figura 28), isto pode ser devido ao maior valor obtido no horário para a umidade relativa.

Em relação à TA não houve diferença significativa entre os sistemas (Tabela 6), os dados obtidos para as médias no interior da CPA são $\pm 2^{\circ}\text{C}$ menores em relação à média do ambiente externo à CPA havendo diferença significativa na interação sistemas e ambiente externo a 5% de probabilidade (Figura 29).

Figura 29 – Interação sistemas e ambiente externo para a temperatura ambiente

Considerando os valores de UR (Figura 30), pode-se observar que no interior da câmara os sistemas conseguiram atender à faixa pré-estabelecida de conforto (60 – 70%) em relação ao ambiente externo (mais baixa). Houve diferença estatística entre os sistemas, sendo que os sistemas A e AV não diferiram entre si (Tabela 6).

Figura 30 – Interação sistemas e ambiente externo para a umidade relativa

Para a velocidade do ar pode-se observar que não houve diferença significativa entre os sistemas (NV, V e AV) com a presença do ventilador e que no tratamento A (aspersor) a média foi zero uma vez que não havia a presença do ventilador (Tabela 6). Em razão da alta temperatura ambiente interna, superior a 21 °C (temperatura de acionamento dos ventiladores), os sistemas que utilizaram os ventiladores no horário mais quente do dia mantiveram os ventiladores acionados mantendo a velocidade do ar no interior da CPA sempre alta em relação ao ambiente externo (Figura 31).

Figura 31 – Interação sistemas e ambiente externo para a velocidade do ar

De maneira geral, os sistemas atenderam às exigências de conforto térmico para os suínos. Os resultados sugerem que a utilização dos equipamentos de resfriamento associados ao ventilador obtiveram melhores respostas em relação à manutenção do microclima no interior da câmara de preferência ambiental no horário das 14 h.

5.2.2 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

Os resultados das médias das variáveis fisiológicas (frequência respiratória – FR e temperatura da nuca – TN) em relação aos sistemas encontram-se na Tabela 7, e é importante observar que as medidas foram realizadas nos animais companhia no intervalo das 14 às 15 h todos os dias em que o teste de preferência foi aplicado.

Tabela 7 - Valores médios das variáveis fisiológicas

Sistema	FR (mov/min)	TN (°C)
NV	41,03 ^c	35,37 ^b
V	42,50 ^c	34,91 ^b
A	55,30 ^a	35,91 ^a
AV	46,32 ^b	34,56 ^b

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, $P < 0,05$.

Houve efeito significativo dos sistemas sobre as respostas fisiológicas dos suínos para a frequência respiratória e a temperatura da nuca. Os animais no sistema com o aspersor (A) apresentaram FR e TN maiores em relação aos dos demais sistemas. Este resultado pode ser explicado pela ausência do ventilador no sistema e pelo posicionamento geográfico do sistema, recebendo a incidência solar na parede do compartimento no período das 14h.

Em relação à FR é possível observar que os sistemas A e AV obtiveram médias estatisticamente superiores em relação aos sistemas V e NV (Figura 32).

Os valores de FR obtidos nos sistemas NV, V e AV são considerados dentro da faixa de conforto aos suínos por Ferreira (2011) $44 \pm 7,9$ movimentos por min (Tabela 2). Kiefer *et al.* (2010) encontraram a FR de 41,07 (mov/min) para suínos em terminação mantidos em ambiente com 21°C e 93,46 (mov/min) para os animais mantidos a 32°C.. Manno *et al.* (2006) obtiveram a média 48 ± 8 (mov/min) da FR de suínos (30 – 60kg) mantidos em conforto térmico ($22,8 \pm 1,30^\circ\text{C}$ e $79,2 \pm 5,60\%$ UR) e 97 ± 16 (mov/min) para os mantido em desconforto térmico ($31,7 \pm 0,81^\circ\text{C}$ e $65,9 \pm 6,30\%$).

Os animais mantidos no sistema de aspersão obtiveram média estatisticamente superior em relação aos demais sistemas (Figura 33) para a temperatura de nuca.

Os valores de TN obtidos nos sistemas estão abaixo de 36,24°C, valor obtido por Kiefer *et al.* (2010) para suínos em terminação mantidos em ambiente de conforto (21°C), os valores encontram-se dentro da faixa de 37,8 e 38,5°C para temperatura do corpo segundo Radostits *et al.* (2002).

Carvalho *et al.* (2004) coletaram temperatura da nuca de suínos em terminação expostos à sistema de resfriamento com nebulização associada a ventilação forçada e obteve a média de $31,04 \pm 1,49^{\circ}\text{C}$ no período da tarde, este valor é semelhante ao encontrado nesta pesquisa.

Manno *et al.* (2006) obtiveram a média $36,2 \pm 0,59^{\circ}\text{C}$ para a temperatura de nuca em suínos (30 – 60kg) mantidos em conforto térmico ($22,8 \pm 1,30^{\circ}\text{C}$ e $79,2 \pm 5,60\%$ UR) .

Com os dados de FR e TN expostos pode-se inferir que embora os resultados apresentados para a entalpia (H) estivessem acima do recomendado, e a TA na crítica superior, os suínos não apresentaram indicativos fisiológicos de estarem sofrendo estresse por calor.

Houve efeito significativo do sexo sobre as respostas fisiológicas dos suínos companhia para a frequência respiratória e a temperatura da nuca. Os machos apresentaram FR estatisticamente superior às fêmeas e o contrário ocorreu para a temperatura de nuca (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores médios das variáveis fisiológicas entre os sexos

Animais	FR (mov/min)	TN (°C)
Macho	50,40 ^a	34,98 ^b
Fêmea	42,27 ^b	35,40 ^a

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, $P < 0,05$.

Os gráficos das Figuras 34 e 35 apresentam as médias obtidas pelos machos (coluna) em relação às fêmeas (linha) para frequência respiratória e temperatura de nuca.

Figura 35 – Interação macho e fêmea para temperatura de nuca

É possível observar que a FR para o macho no sistema de aspersor (A) foi superior aos machos dos demais sistemas e que os valores obtidos pelas fêmeas foram inferiores. Em relação à TN os valores médios obtidos pelas fêmeas foi superior nos sistemas NV, V e A.

Ao se fazer a correlação de Pearson entre os dados ambientais (temperatura ambiente, umidade relativa, velocidade do ar e entalpia) em relação às variáveis fisiológicas (temperatura de nuca e frequência respiratória), obteve-se correlação positiva significativa e (não nula) entre a TN do macho com a velocidade do ar e a entalpia de 0,08 e 0,06 respectivamente.

5.3 VARIÁVEIS DE DESEMPENHO

Os resultados para ganho de peso diário (GPD), consumo médio diário de ração (CMD) e conversão alimentar (CA) encontram-se na Tabela 9, que também apresenta os dados de peso inicial (PI) e peso final (PF).

Tabela 9 - Valores médios das variáveis de desempenho PI, GPD, CMD, CA e PF para os animais nos sistemas e os animais-testes.

Sistema	PI (kg)	GPD (kg)	CMD (kg)	CA (kg/kg)	PF (kg)
NV	43,50	1,060	2,91	2.78	88,00
V	46,00	1,095	3,10	2.83	92,00
A	50,00	1,155	3,11	2.71	98,50
AV	52,00	1,083	3,08	2.86	97,50
Testes	47,50	0,991	-	-	89,13

Os animais no interior da CPA obtiveram médias superiores para o GPD. Na interação sistema e animais testes houve diferença ($P < 0,05$) para o GPD (Tabela 10). Essa diferença pode ser explicada pelo manejo e pelas condições ambientais a que os dois grupos estavam expostos.

Os animais no interior da CPA permaneceram em condições ambientais controladas e em conforto térmico o que pode ter influenciado no GPD, uma vez que os animais testes foram mantidos em baia externa, sujeitos a maior amplitude térmica e de umidade relativa como exposto anteriormente (item 5.2.1).

Tabela 10 - Valores médios do ganho de peso diário (GPD) na interação animais dos sistemas e animais testes

Interação	GPD (kg)
Sistemas	1,098 ^a
Testes	0,991 ^b

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, $P < 0,05$.

Os resultados de ganho de peso diário e conversão alimentar obtidos neste trabalho corroboram com os valores obtidos por Arouca *et al.* (2010), uma vez que a genética utilizada possui grande potencial para deposição de tecido magro. Os valores de GPD estão acima de 0,81 kg, valor obtido por Tinoco *et al.* (2007) que trabalharam com suínos na fase de crescimento e terminação em ambiente com a faixa 29 - 31°C e a CA de 2,046.

Os dados para GPD (0,818 kg) e CA (3,21 kg/kg) apresentados por Carvalho *et al.* (2004), que trabalharam com suínos em terminação em sistema com uso de nebulização associada a ventilação forçada, são inferiores aos obtidos por esta pesquisa. Pode-se observar que os valores obtidos como resposta a essas variáveis não prejudicaram o desenvolvimento dos animais.

A Tabela 11 apresenta os dados de espessura de toucinho nos pontos P_1 , P_2 e ET P_1 e ET P_2 , inicial e final, e rendimento de carne magra (RCM) e profundidade de lombo inicial e final (POL_i e POL_f).

Tabela 11 - Valores médios de espessura de toucinho nos pontos P_2 e ET P_2 inicial e final e RCM e POL inicial e final

Sistema	P_1 (mm)	P_2 (mm)	ET P_1 (mm)	ET P_2 (mm)	RCM (%)	POL_i (mm)	POL_f (mm)
NV	8,5	5,5	12,5	15,0	57,4	44,5	53,0
V	7,0	10,0	12,5	13,5	58,5	55,5	56,0
A	7,0	10,5	12,5	13,5	59,2	42,5	61,5
AV	9,0	8,0	12,0	14,0	58,1	52,0	52,5
Testes	7,4	7,9	12,0	13,6	58,5	46,38	54,1

Os dados obtidos para ET e RCM corroboram com os encontrados por Arouca *et al.* (2007) e (2010), que estudaram suínos com peso aproximado de 95 e 65 kg respectivamente. Os resultados apresentados na Tabela 11 permitem se observar que os suínos estudados apresentaram bons resultados de características de carcaça. Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) para a interação animais nos sistemas e animais testes para as características apresentadas na Tabela 11.

Como a amostragem de animais para cada um dos sistemas foi pequena não é possível inferir se estes podem influenciar as variáveis de desempenho estudadas, contudo os resultados eram esperados neste estudo uma vez que os sistemas foram ajustados para manter uma condição ambiental de conforto.

5.4 TESTE DE PREFERÊNCIA

As Figuras 36, 37, 38 e 39 ilustram como o Pig Tracker mostra a dispersão do suíno-teste no compartimento da câmara de preferência. As marcações em vermelho indicam onde o animal esteve no período de análise de cada um dos quadros. Essas análises foram divididas em períodos de 30 min cada uma.

Figura 36 – Imagem gerada pelo Pig Tracker sobre a dispersão do suíno-teste

A Figura 36 mostra que o suíno-teste permaneceu no período analisado deitado próximo ao bebedouro e não acessou o comedouro, nem chegou próximo dos animais companhia. Na Figura 37, que ilustra um período posterior ao da análise da imagem 36, o suíno permaneceu deitado, sem se movimentar no interior do compartimento. A Figura 38 mostra que, no período referido da análise, o suíno não entrou no compartimento.

Figura 37 – Imagem gerada pelo Pig Tracker sobre a dispersão do suíno-teste

Figura 38 – Imagem gerada pelo Pig Tracker sobre a dispersão do suíno-teste

A Figura 39 mostra a movimentação do suíno-teste, em outro período. Nela pode-se inferir que o suíno permaneceu parte do tempo deitado, no local onde os pontos são intensificados, e também se alimentou no compartimento.

Figura 39 – Imagem gerada pelo Pig Tracker sobre a dispersão do suíno-teste

A Tabela 12 apresenta os resultados para o ambiente térmico nos quatro dias em que foram realizadas as análises do teste de preferência. Pode-se observar que apenas os valores de entalpia estão acima do recomendado para os suínos em todos os tratamentos.

Tabela 12 - Valores médios das variáveis ambientais para os sistemas e ambiente externo nos dias do teste de preferência. (H: entalpia, ITGU: índice de temperatura de globo e umidade, TA: temperatura ambiente, UR: umidade relativa)

Sistema	H (kJ.kg ⁻¹)	ITGU	TA (°C)	UR (%)
NV	76,6 ^a	71,5 ^a	26,7 ^b	76,1 ^a
V	75,8 ^b	71,0 ^a	26,4 ^b	76,0 ^a
A	76,1 ^a	71,1 ^a	26,5 ^b	75,7 ^b
AV	76,4 ^a	71,5 ^a	26,2 ^b	76,8 ^a
Hall	74,2 ^c	70,2 ^b	25,5 ^c	76,8 ^a
EXT	76,6 ^a	70,3 ^b	27,8 ^a	67,5 ^c

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, P<0,05.

Os resultados obtidos para os quatro dias escolhidos para a análise do teste de preferência encontram-se na Tabela 13. Os valores estão expressos em minutos, ou seja, no período da análise o total de minutos por dia que os suínos testes permaneceram em cada um dos sistemas em cada um dos dias.

Tabela 13 - Valores médios da presença em minutos dos suínos testes nos sistemas em relação aos dias

Dia	1	2	3	4
NV	50 ^e	120 ^b	34 ^b	43 ^d
V	94 ^b	28 ^e	35 ^b	2 ^e
A	307 ^a	56 ^d	528 ^a	51 ^c
AV	72 ^c	328 ^a	0 ^c	432 ^a
Hall	67 ^d	67 ^c	3 ^c	72 ^b

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, P<0,05.

A Figura 40 apresenta a porcentagem de presença dos suínos testes em cada período, ou seja, em cada hora analisada (8, 9, 10... 16 e 17h), qual foi a porcentagem de presença dos animais em cada hora, sendo a média de todos os dias.

Figura 40 – Gráfico de presença dos suínos-testes em relação aos períodos do dia

Pode-se observar que os suínos testes permaneceram a maior parte do tempo nos sistemas A e AV, seguidos do NV. É importante notar que no horário das 14 horas eles permaneceram a maior parte do tempo no Hall e circulando nos sistemas, isto é devido à presença humana no interior da CPA para a coleta de dados apresentados nos itens 4.5.21 e 4.5.2.2. Os animais mostraram-se curiosos em relação à presença humana, assim movimentavam-se entre os sistemas e o Hall.

A conclusão do teste Quiquadrado foi de que a distribuição da presença dos animais nos diferentes sistemas e períodos do dia não foi homogênea nos quatro dias, na ANOVA os fatores dias, sistemas e períodos foram considerados significativos e as proporções de presença não foram iguais nos diferentes sistemas.

A Tabela 14 apresenta os resultados para o ambiente térmico nos quatro dias em que foram realizadas as análises do teste de preferência divididos em dois períodos, manhã (8 – 12h) e tarde (13 – 17h).

Tabela 14 - Valores médios das variáveis ambientais nos períodos da manhã e da tarde (H: entalpia, ITGU: índice de temperatura de globo e umidade, TA: temperatura ambiente, UR: umidade relativa)

Sistema	H (kJ.kg ⁻¹)		ITGU		TA (°C)		UR (%)	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
NV	74,1 ^{aB}	79,1 ^{aA}	71,0 ^{aB}	72,0 ^{aA}	24,7 ^{bB}	28,7 ^{bA}	83,8 ^{aA}	68,4 ^{aB}
V	73,3 ^{bB}	78,3 ^{bA}	70,6 ^{aB}	71,4 ^{aA}	24,3 ^{bB}	28,5 ^{bA}	84,6 ^{aA}	67,3 ^{bB}
A	73,5 ^{bB}	78,7 ^{bA}	70,7 ^{aB}	71,6 ^{aA}	24,5 ^{bB}	28,6 ^{bA}	84,3 ^{aA}	67,2 ^{bB}
AV	73,8 ^{bB}	79,1 ^{aA}	70,9 ^{aB}	72,0 ^{aA}	24,5 ^{bB}	28,7 ^{bA}	85,2 ^{aA}	68,4 ^{aB}
Hall	71,6 ^{cB}	76,8 ^{cA}	69,7 ^{bB}	70,7 ^{bA}	23,5 ^{cB}	27,6 ^{cA}	85,2 ^{aA}	68,4 ^{aB}
EXT	73,8 ^{bB}	79,5 ^{aA}	70,8 ^{aA}	70,8 ^{bA}	25,4 ^{aB}	30,2 ^{aA}	76,2 ^{cA}	58,7 ^{cB}

Valores médios com letras minúsculas diferentes na mesma coluna ou letras maiúsculas na mesma linha diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, P<0,05.

Os valores obtidos para H, ITGU, TA e UR apresentam grande diferença entre os períodos da manhã e da tarde, contudo os suínos testes mantiveram os sistemas A e AV como preferência nos dois períodos. É possível observar que o comportamento dos índices no interior do CPA foi mantido em níveis mais próximos ao conforto dos suínos, um indicativo de que os sistemas melhoraram as condições ambientais em relação ao ambiente externo.

Pode-se observar como o apresentado anteriormente no item 5.2 que a entalpia esteve sempre acima do recomendado para os suínos nos dois períodos (manhã e tarde). A elevada umidade relativa do ar no período da manhã decorreu do manejo adotado para a lavagem da CPA.

A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos para a análise de preferência em relação aos sistemas em minutos e porcentagem, para o tempo total de coleta do dia, 600 minutos.

Tabela 15 - Valores médios da presença em minutos dos suínos testes nos sistemas

Sistemas	Minutos	Porcentagem
NV	61 ^c	10,2
V	40 ^e	6,7
A	240 ^a	40,0
AV	208 ^b	34,7
Hall	51 ^d	8,4

Valores médios com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, P<0,05.

Como se pode observar, os suínos-testes permaneceram a maior parte do tempo no sistema A seguido de AV, NV, depois o Hall e o V. Com isto pode-se primeiramente afirmar que os suínos preferiram os sistemas onde a água estava

presente e mais, que sua preferência esta na troca de calor pelo sistema de aspersão onde as gotas de água são maiores e estas por sua vez permanecem maior tempo no piso da instalação antes de sua evaporação. Conclui-se também que o sistema mais visitado foi o que não havia a presença do ventilador, apenas o aspersor.

Apesar de o sistema com o ventilador (V) ter apresentado melhores resultados ao longo do dia para as variáveis ambientais, este obteve as maiores médias para as variáveis estudadas no horário das 14 horas, período mais quente do dia. Os sistemas A e AV obtiveram melhores médias para a umidade relativa quando comparado ao sistema NV às 14 horas.

Estes resultados levam a considerar a preferência dos suínos pelo sistema com uso do aspersor, esta preferência pode decorrer devido ao funcionamento do sistema termorregulador dos suínos, pela melhor eficiência em realizar a troca de calor com o ambiente por meio do contato direto da pele com a água, porém estudos adicionais são necessários para a confirmação dos dados obtidos.

6. CONSIDERAÇÕES

Com base no experimento realizado e pelos resultados obtidos pode-se concluir que:

- O ambiente térmico na câmara de preferência ambiental esteve ao longo do período experimental em condições de prover conforto para os animais, com exceção da entalpia que apresentou valores pouco acima do recomendado na literatura.

- As variáveis ambientais TA, UR, H e velocidade do ar estudadas no horário mais crítico do dia às 14 h apresentaram valores próximos ao limite para o conforto dos suínos, e ao contrário do observado na avaliação do ambiente ao longo do dia, o sistema com ventilador (V) obteve os maiores valores para as variáveis estudadas.

- Para as variáveis fisiológicas aferidas no horário das 14 h, pode-se concluir que o sistema de aspersão (A) obteve os piores índices para a frequência respiratória e temperatura da nuca, este resultado pode estar relacionado a ausência do ventilador no sistema, é sabido que a velocidade do ar nos animais pode auxiliar na troca de calor.

- Os valores de FR obtidos para os machos foram estatisticamente superiores em relação às fêmeas, e que o contrário ocorreu para a temperatura da nuca, o tamanho dos animais (peso) pode levar ao aumento da FR, porém mais estudos são necessários para justificar esta diferença apresentada entre os suínos machos e as fêmeas.

- Para as variáveis de desempenho conclui-se que os valores obtidos estão dentro dos encontrados na literatura e que houve um maior ganho de peso diário para os suínos-companhia em relação aos testes.

- O teste de preferência realizado levou a conclusão de que o suíno preferiu estar no ambiente com aspersor (A e AV) seguido do de nebulizador (NV), preferindo a troca de calor através do sistema com aspersão, aliado ou não ao ventilador.

7. CONCLUSÃO

Fatores como o efeito do ambiente térmico, a genética, a nutrição, a sanidade do rebanho, o manejo de limpeza devem ser considerados para melhorar a produção dos suínos.

Estes fatores por si só correlacionados permitem uma gama enorme de estudos, eles somados ao bem-estar e também à análise do comportamento nos resultam em uma importante descoberta a cerca do conhecimento sobre os suínos.

O presente trabalho buscou relacionar a preferência de suínos em relação ao ambiente térmico provido por diferentes sistemas de resfriamento através da aplicação do teste de preferência em uma câmara de preferência, todos os sistemas conseguiram atender as necessidades recomendadas em relação às variáveis ambientais, fisiológicas e de desempenho. Como resultado do teste os sistemas com aspersão e aspersão associada a ventilação forçada foram os que os animais permaneceram maior parte do tempo, indicando a preferência dos suínos pela troca de calor através deste sistema.

A presente pesquisa trouxe respostas a respeito de alguns fatores e com ela pode-se seguir em frente, com novas perguntas e consequentemente novos desafios com o objetivo de levar aos produtores formas de melhorar sua produtividade e principalmente atender as necessidades de preferência dos suínos levando-os por consequência ao bem-estar.

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliação do comportamento dos suínos-teste e companhia através de etogramas específicos, a fim de mensurar, por exemplo, as interações entre os indivíduos, ócio, hábito alimentar entre outros.

- Mensurar as atividades desenvolvidas pelos suínos-teste e companhia ao longo do dia e também em horários onde são realizados os manejos.

- Tentar relacionar as respostas fisiológicas de frequência respiratória e temperatura de nuca entre os sexos.

- Trabalhar a resposta dos sistemas e dos suínos em diferentes fases da vida, frente a situações de conforto e desconforto térmico uma vez que a câmara e seus controladores permitem uma gama enorme de possibilidades de combinações e variações em relação a: temperatura, umidade, taxa de ventilação (ventilador), taxa de troca de ar (exaustor).

- Estudar a entalpia em condições mais específicas e extremas, uma vez que no trabalho apresentado o índice se mostrou acima do recomendado e os suínos não apresentaram medidas fisiológicas indicativas de estresse por calor.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRIGHT L.D. Environment control for animals and plants. Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1990. 453p. (ASAE, 4).

AROUCA *et al.* Níveis de fósforo disponível para suínos machos castrados dos 60 aos 95 kg. R. Bras. Zootec., v.39, n.12, p.2646-2655, 2010.

ASAE. 2008. Design of Ventilation Systems for Poultry and Livestock Shelters. ASAE EP270.5 Dec1986 (R2008). ASABE Engineering Practice. St. Joseph, MI, USA: ASABE.

BAÊTA, F.C.; MEADOR, N.F.; SHANKLIN, M.D. Equivalent temperature index at temperatures above thermoneutral for lacting dairy cows. ASAE, Joseph, 21 p., 1987.

BARBARI, M.; BIANCHI, M.; GUERRI, F.S. Preliminary analysis of different cooling systems of sows in farrowing room. Rivista di Ingegneria Agraria, Bologna, v.1, p.9-15, 2007.

BAXTER, E. M.; LAWRENCE, A. B.; EDWARDS, S. A. Alternative farrowing systems: design criteria for farrowing systems based on the biological needs of sows and piglets. The International Journal of Animal Biosciences. V. 5, Feb, 2011, p. 580-600.

BOISSY A, *et al.* Assessment of positive emotion in animals to improve their welfare. *Physiol Behav*, 2007, 92:375–397.

BORTOLOZZO, F.P.; GAGGINI, T.S.; WENTZ, I. Infertilidade sazonal no suíno: caracterização e consequências durante a fase gestacional. In: Simpósio Internacional de Suinocultura. Produção, Reprodução e Sanidade Suína. 6, 2011. Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, p.117-131, 2011.

BRAMBELL, F. W. R. 1965. Report of the technical committee to inquire into the welfare of animals kept under intensive husbandry systems. Cmd 28. London: HMSO.

BROOM, D.M.; MOLENTO, C.F.M. Bem-estar animal: Conceito e questões relacionadas. *Archives of Veterinary Science*, v.9, n.2, p.1-11, 2004.

BROWN-BRANDL, T.M., NIENABER, J.A., TURNER, L.W. Acute heat stress effects on heat production and respiration rate in swine. ASAE Paper No. 974009. St. Joseph, MI: ASAE, 1997.

BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; XIN, H.; GATES, R.S. A literature review of swine heat production. *Transaction of the ASABE*, St. Joseph, v.47, n.1, p.259-270, 2003.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; PURSWELL, J.L. Determining Heat Tolerance in Finishing Pigs Using Thermal Imaging. In: International Livestock Environment Symposium, 9, 2012, Valencia, Proceedings... Valencia: ASABE, 2012.

BUFFINGTON, D.E. *et al.* Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-14, 1981.

BULL R.P. *et al.* Preferences among cooling systems by gilts under heat stress, J. Animal Science (1997) 75, 2078-2083.

CAGIENARD, A. *et al.* The impact of different housing systems on health and welfare of grower and finisher pigs in Switzerland. Prev. Vet Med. 68, p. 49-61.

CANGAR, Ö. *et al.* Automatic real-time monitoring of locomotion and posture behavior of pregnant cows prior to calving using on line image analysis. Comput. Electron. Agric.64,53–60.

CARVALHO, C. M. C. *et al.* Bem estar na suinocultura. Nutritime, v.11, n.02, p.2272-2286, 2013.

CARVALHO, L. E; OLIVEIRA, S. M. P.; TURCO, S. H. N. A utilização da nebulização e ventilação forçada sobre o desempenho e a temperatura de pele de suínos na fase de terminação. R. Bras. Zootec., v.33, n.6, p. 1486-1491, 2004.

COLLIN A, *et al.* Effect of high temperature on feeding behaviour and heat production in group-housed young pigs. Br J Nutr, v.86, p.63-70, 2001.

CORNOU, C., LUNDBYE-CHRISTENSEN, S., 2008. Classifying sows' activity types from acceleration patterns: an application of the multi-process Kalman filter. Appl. Anim. Behav.111,262–273.

COUTINHO, G. S. Conforto térmico e manejo de suínos na maternidade levando em consideração o bem-estar animal. Ver Eletrônica Nutritime. Artigo 232 - Volume 11 - Número 01 – p. 3109 – 3119 – Janeiro/Fevereiro 2014.

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

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

DAWKINS, M.S. The role of behaviour in the assessment of poultry welfare. World's Poultry Science Journal, vol. 55, p. 295-303, 1999.

DAWKINS,M.S.,2004.Behaviour to assess animal welfare.ANIM.WELF.13,3–7.

DUNCAN IJ, PETHERICK JC (1991) The implications of cognitive processes for animal welfare. J Anim Sci 69:5017–5022.

ESCOBAR, J., *et al.*, 2007. Behaviour of pigs with viral and bacterial pneumonia. *Appl. Anim. Behav.* 105, 42–50.

ETTER-KJELSAAS, H. 1986: Schweinemast im Offenfront-Tiefstreustall. Eine Beurteilung aus ethologischer, veterinärmedizinischer, ökonomischer und verfahrenstechnischer Sicht. In: *Tierhaltung*, Band 16. Birkhäuser Verlag, Germany.

FAWC. Farm Animal Welfare Council. Five freedoms. 2009. Disponível em: <<http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

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

FROST, A. R. *et al.* A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. *Computers and electronics in Agriculture*, New York, v. 17, p. 139-159, 1997.

GONÇALVES, J. C. A. Glicerol de origem vegetal como fonte energética na alimentação de porcas em lactação: avaliação do desempenho zootécnico, características de carcaça e do leite e viabilidade econômica. 51f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia, 2011.

GIELING, E. T.; NORDQUIST, E.; STAAY, F. J. Assessing learning and memory in pigs. *Anim Cogn* (2011) 14:151–173.

GRACINIANO, D. E. Aplicações da termografia infravermelha na produção animal. 2013. 52f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Grande Dourados, Dourados, MS. 2013.

GREEN, A. R., XIN, H. Development of a novel environmental preference test system for laying hens and its initial application to assess hen aversion to atmospheric ammonia. In: *Proceedings of the ASABE Annual International Meeting*, Providence – Rhode Island, 2008.

HEARD L.R. *et al.* Snout cooling effects on sows and litters. *Trans. ASAE* (1986) 29 (4), 1097-1101.

HELD S, MENDEL M, LAUGHLIN K, BYRNE RW (2002) Cognition studies with pigs: livestock cognition and its implication for production. *J Anim Sci* 80:E10–E17.

HEUVEL, C. J. *et al.* Comparation of digital infrared thermal imaging (DITI) with contact thermometry: pilot data from a sleep research laboratory. *Physiological measurement*, Bristol. V. 24, p.717-725, 2003.

HÖTZEL, M. J.; MACHADO FILHO, L. C. P. Bem-estar animal na agricultura do século XXI. *Revista de Etologia*. Vol (6), no. 1, p. 3-15, 2004.

HURNICK, J. F. Behaviour. IN: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Ed) *Farm animals and environment*. CAB International: Wallingford. 1992. Chap. 13, p. 235-244.

HUYNH, T. T. T. *et al.* Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *Journal of Animal Science*, Champaign, V.83, P.1385-1396, 2005.

KIEFER, C.; *et al.* Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. *Archivos de Zootecnia*, V.58, N.221, Córdoba, 2009.

KIEFER, C. *et al.* Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, V.11, N.2, P.496-504, 2010.

KNIZKOVA I, *et al.* Applications of infrared thermography in animal production. *J Fac Agric OMU*. 2007; v. 22, p.329–36.

KRISTENSEN, H. H. *et al.* 2001. The use of olfactory and other cues for social recognition by juvenile pigs. *Applied Animal Behaviour Science*. Vol (72), p. 321-333.

JONES, J. B., BURGESS, L. R., WEBSTER, A. J. F. Behavioural responses of pigs to atmospheric ammonia in a chronic choice test. *Animal Science*. Vol (63), p. 437-445, 1996.

JONES, E. K. M., WATHES, C. M., WEBSTER, A. J. F. 2005. Avoidance of atmospheric ammonia by domestic fowl and the effect of early experience. *Applied Animal Behaviour Science*. Vol 90(3-4), p. 293-308.

LIND, N. M. *et al.* Validation of a digital video tracking system for recording pig locomotor behaviour. *J. Neurosci. Methods* 143, 123–132, 2005..

LITTELL, R. C. *et al.* 2006. *SAS® for Mixed Models, Second Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc.

LOPEZ, J. *et al.* Effects of temperature on the performance of finishing swine: I. Effects of a hot diurnal temperature on average daily gain, feed intake and feed efficiency. *Journal of Animal Science*. Vol(69), p.1843-1849, 1991.

LUDTKE, C. Especial suinocultura. Documentos técnicos da Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABIEPCS). Disponível em <www.abiepcs.com.br>. Acesso em maio de 2012, Ano: 2010.

MANGOLD, D.W.; HAZEN, T.E.; HAYS, V.W. Effect air temperature on performance of growing - finishing swine. *Transaction of the ASAE*. St. Joseph, MI, v.10, n.3, p.370-375, 1967.

MANNO, M.C. *et al.* Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.2, p.471-477, 2006.

MASHALY, M. M. *et al.* Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens.. *Poultry Science*. vol (83), P.889-894, 2004.

McGOVERN, R. R.; BRUCE, J. M. A model of the thermal balance for cattle in hot conditions, *Journal Agricultural Engineer Research*. v.77, p.81-92, 2000.

MERKEL, J. A. 1965. Zone cooling for lactating sows. Unpub. M. S. Thesis, Iowa State University, Ames.

MONTEITH, J.L. & UNSWORTH, M.H. Principles of environmental physics. New York: American Elsevier Publ. 3rd Edition, 2007.

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.

NÄÄS, I. A. Novas perspectivas da ambiência em relação ao bem-estar dos suínos e do trabalhador. Disponível em: <www.porkworld.com.br/index.php?documento=111#>. Acesso em 09 de jul. de 2012.

NÄÄS, I. A. 2005. Bem-estar na avicultura: fatos e mitos. *Revista AveWorld*, V.10, AGO./SET., P.4-8.

NIEKAMP, S. R. *et al.* 2007. Immune responses of piglets to weaning stress: impacts of photoperiod. *Journal of Animal Sci.* Vol (85), p.93-100.

NIENABER, J. A. *et al.* Genetic and heat stress interaction effects on finishing swine. In *Proceedings of the International Livestock Environment Symposium*, 1017-1023. ST. JOSEPH, MICH. ASAE, 1997.

OCZAK, M. *et al.* Analysis of aggressive behaviours of pigs by automatic video recordings. *Computers and electronics in Agriculture*. 99 (2013) p 209-217.

ORLANDO, U. A. D. *et al.* Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitoas mantidas em ambiente termoneutro dos 60 aos 100kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.2, p.478-484, 2006.

OTT, S. *et al.* Automated video analysis of pig activity at pen level highly correlates to human observations of behavioural activities. *Livestock Science* 160 (2014) 132–137.

PERDOMO, C. C. *et al.* Considerações sobre edificações para suínos. In: *CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE A PRODUÇÃO DE SUÍNOS*, 4., 1985, Concórdia, SC. [Anais]. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 1985. Não paginado.

PHILLIPS, P. A., FRASER, D., PAWLUCZUK, B. Floor temperature preference of sows at farrowing. *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 67 (1-2), p. 59-65, 2000.

PIRASSUNUNGA – Portal do Município, Mapa e Localização. Disponível em : <<http://pirassununga.municipios.sp.gov.br/portal/site/municipios/menuitem.5e018b33880e19e3b46a1c76e2308ca0/?vgnnextoid=5e6c645ed0f24210VgnVCM1000004c03c80aRCRD>>. Acesso em 10 fev. 2010.

PRESCOTT, N.B., WATHES, C.M. 2002. Preference and motivation of laying hens to eat under different illuminances and the effect of illuminance on eating behaviour. *British Poultry Science*. Vol (43), p. 190-195.

QUINOUN, N.; MASSABIE, P.; GRANIER, R. Diurnally variation of ambiente temperature around 24 or 28 °C: influence on performance and feeding behavior of growing pigs. In *Proceedings of the 1st International Conference, Iowa, Swine Housing*, p.332-339, 2000.

RADOSTITS, O. M., MAYHEW, I. G. J., HOUSTON, D. M. Exame clínico e diagnóstico em veterinária. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

REINER, G., HÜBNER, K., HEPP, S., 2009. Suffering in diseased pigs as expressed by behavioural, clinical and clinical chemical traits, in a well defined parasite model. *Appl. Anim. Behav.* 118, 222–231.

RICHTER, T., 2002. Skid proofing of concrete stable floors. Concrete for a Sustainable Agriculture. Agro- Aqua- and Community Applications. *Proceedings of the IVth International Symposium*. Ghent. Belgium: 61-68.

RODRIGUES, V.C. *et al.* A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*, Suisse, v. 55, n. 3, p. 455-459, 2010.

ROSA, Y. B. C. J. Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico em condições de verão, para Viçosa. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

ROSSI, Luiz A. *et al.* . Análise do desempenho reprodutivo e do uso de energia elétrica em instalações climatizadas de cachaços. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 16, n. 10, p. 1121-1127, Oct. 2012 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415436620120010-00013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10 Maio, 2015.

ROSTAGNO, H.S. *et al.* Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2ª ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 141p.

SALES, G. T. *et al.* 2008. Thermal environment influence on swine reproductive performance. In *International Commission of Agricultural Engineering (CIGR)*, Institut fur Landtechnik

SALES, G. T. *et al.* Commissioning results for an environmental preference chamber for animals. ASABE Paper No. 11-00005. ASABE International Meeting. Aug 8-10. Louisville, KY. ASABE: St. Joseph, MI, 2011.

SANTOS, M. A. A. Efeitos da ventilação natural em instalações de suínos em crescimento e terminação. 2004. 101f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP. 2001.

SARTOR, V. *et al.* Efeito do resfriamento evaporativo no desempenho de suínos em fase de terminação. *Engenharia na Agricultura*, v.11, n.4, p.58-64, 2003.

SAMPAIO, C. A. P. Caracterização dos ambientes térmico, aéreo e acústico em sistemas de produção de suínos, nas fases de creche e terminação. 2004. 151f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP. 2004.

SAVASTANO *et al.* Desempenho de alguns sistemas de cobertura para aviários. *Eng. Rural*, Piracicaba, v. 8, n.1, p. 1-11, 1997., V.8, N. 1, P. 1 – 11, 1997.

SCHORMANN, R., HOY, S. 2006. Effects of room and nest temperature on the preferred lying place of piglets--A brief note. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101 (3-4): 369-374.

SEVEGNANI, K. B. Avaliação de tinta cerâmica em telhados de modelos em escala reduzida, simulando galpões para frangos de corte. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Eng Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 1997.

SHIELDS, S. J., GARNER, J. P., MENCH, J. A. 2004. Dustbathing by broiler chickens: A comparison of preference for four different substrates. *Applied Animal Behaviour Science*. Vol 87(1-2), p. 69-82.

SILVA, I.J. O. Sistemas Naturais e Artificiais do controle do ambiente – Climatização. In: SILVA, I.J.O. (ED) *Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos*. Piracicaba: Fundação de estudos agrários “Luiz de Queiroz”, 1999. P 81-112.

SILVA, I. J. O. Automação dos sistemas para aumento do conforto animal. Disponível em <<http://www.nupea.esalq.usp.br/noticias/producao>>. Acesso em maio de 2012. Ano: 2008.

SOERENSEN, D. D.; PEDERSEN, L. J. Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 57:5, 2015.

SPINK, A.J. *et al.*, 2001. The Etho Vision vídeo tracking system —a tool for behavioral phenotyping of transgenic mice. *Physiol. Behav.* 73, 731–744.

SOUSA, F. A. Análise de fatores ambientais na criação de suínos em camas sobrepostas e produção de biogás. 2014. 125 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2014.

STATHAM, P. *et al.* , 2009. Predicting tail-biting from behaviour of pigs prior to outbreaks. *Appl Anim. Behav.* 121, 157–164.

TANIDA H, NAGANO Y (1998) The ability of miniature pigs to discriminate between a stranger and their familiar handler. *Appl Anim Behav Sci* 56:149–159.

TAVARES; S.L.S. *et al.* Influência da temperatura ambiente sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de suínos machos castrados dos 30 aos 60kg. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.1, p.199-205, 2000.

TAYLOR, N. *et al.* Preference of growing pigs for illuminance. Applied Animal Behaviour Science, vol. 96 (1-2), p. 19-31, 2006.

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

TINÔCO, I.F.F. & R.S. GATES. 2005. Ambiência e construções para matrizes pesadas. Chapter 2 in: Manejo de Matrizes de Corte. Fundação Apnco de Ciência e Tecnologia Avícolas, (FACTA) Publishers : Campinas, SP, Brazil. Pp. 11-34 of 421.

TOLON, Y. *et al.* Ambiência térmica, aérea e acústica para reprodutores suínos. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.1, p.1-13, 2010.

TURNER, L. W. *et al.* Fan, sprinkler, and sprinkler plus fan systems for cooling growing-finishing swine. Proceedings of the ASAE Annual International Meeting, Minneapolis – Minnesota. Vol (3), 14p, 1997.

VERCELLINO, R. A. *et al.* Uso da termografia infravermelha para análise de trocas de calor de eqüinos em condições de treinamento. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Salvador, 2010. CR-Rom, Salvador, 2010.

VOERMANS, J. A. M., MONTENY G., editors. Procs. of the Intl. Symp. On Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities, Vinkeloord, The Netherlands. Rosmalen. The Netherlands: NVTL 1. p 23-34, 1997.

XIN, H.; SHAO, J. Real time assessment of swine thermal comfort by computer vision. In: WORLD CONGRESS OF COMPUTERS IN AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES, 2., 2002, Foz do Iguaçu. Proceedings... Foz do Iguaçu: ASAE, 2002. p.362-369.

WARRISS P. D. *et al.* Estimating the body temperature of groups of pigs by thermal imaging. Vet Rec. 2006; p.158-331v.4.

WEBSTER, A. B., FLETCHER, D. L. Assessment of the aversion of hens to different gas atmospheres using an approach-avoidance test. Applied Animal Behaviour Sci., vol. 88, p. 275-287, 2004.

WECHSLER B, LEA SEG (2007) Adaptation by learning: Its significance for farm animal husbandry. APPL ANIM BEHAV SCI 108:197–214.

WHITE, B. J., BLASI, D., VOGEL, L. C., Epp, M. 2009. Associations of beef calf wellness and body weight gain with internal location in a truck during transportation. Journal of Animal Science. Vol (87), p. 4143-4150.