

JOSÉ HUMBERTO TEIXEIRA SANTOS

**SISTEMAS DE VENTILAÇÃO POR PRESSÃO NEGATIVA E POSITIVA EM
INSTALAÇÕES SUINÍCOLAS E EFEITOS NO DESEMPENHO PRODUTIVO DOS
ANIMAIS NAS FASES DE RECRIA E TERMINAÇÃO**

**Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Agrícola, para obtenção do
título de *Doctor Scientiae*.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S237s
2008

Santos, José Humberto Teixeira, 1973-
Sistemas de ventilação por pressão negativa e positiva em
instalações suínolas e efeitos no desempenho produtivo
dos animais nas fases de recria e terminação / José
Humberto Teixeira Santos. – Viçosa, MG, 2008.
xviii, 89f. : il (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 77-89.

1. Suíno - Instalações - Resfriamento. 2. Suíno - Criação -
Aspectos ambientais. 3. Suíno - Registros de desempenho.
4. Ventilação. 5. Suíno - Aspectos climáticos. 6. Bioclima-
tologia. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.40831



JOSÉ HUMBERTO TEIXEIRA SANTOS

**SISTEMAS DE VENTILAÇÃO POR PRESSÃO NEGATIVA E POSITIVA EM
INSTALAÇÕES SUINÍCOLAS E EFEITOS NO DESEMPENHO PRODUTIVO DOS
ANIMAIS NAS FASES DE RECRIA E TERMINAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 12 de dezembro de 2008.

Prof. Tadayuki Yanagi Junior

Prof. Jadir Nogueira da Silva

**Prof^a. Cecília de Fátima Souza
(Coorientador)**

Prof. Mariano Pereira Silva

**Prof^a Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Orientadora)**

A Deus,
Aos meus pais Carmilton “in memória” e Lourdes.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior, CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa Perdigão Agroindustrial, pela oportunidade.

À Professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pela orientação, pelo incentivo, pelas sugestões e, principalmente pela extensa paciência.

Aos Professores Cecília de Fátima Souza e Fernando da Costa Baêta, pelas valiosas sugestões.

Aos Professores da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia Antônio Sá Magalhães, Celso Borges e Sílvia Patrícia pelo incentivo e ajuda na realização deste trabalho.

À Andréia, pelo amor, pelo seu apoio que me conforta e me deixa mais forte para enfrentar meus desafios.

Ao “Chefe”, (Carlos André da Costa - Calouro), pelo apoio, incentivo e amizade.

A todos os amigos do Ambiagro.

A todos aqueles que contribuíram para a realização desta tese, agradeço profundamente, e dedico o resultado deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOSÉ HUMBERTO TEIXEIRA SANTOS, filho de Carmilton Alves dos Santos e Maria de Lourdes Teixeira Santos, nasceu em Contendas do Sincorá - BA, em 26 de novembro de 1973.

Em 1995 ingressou no curso de Engenharia Agrícola, concluindo-o em 2001, na Universidade Federal de Viçosa.

Em abril de 2004, concluiu o programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiente, em nível de mestrado, na Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2004, iniciou o programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiente, em nível de doutorado, na Universidade Federal de Viçosa.

Em 2005 inicia a carreira de docente na Universidade Federal da Bahia, onde permanece até 2006, quando a unidade de ciências agrárias da UFBA se torna Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, onde atualmente é professor da disciplina Construções Rurais.

Em 2007 assume o cargo de Gestor de Extensão do Centro de Ciências Exatas e Tecnológica (CETEC) da UFRB, permanecendo até março de 2008.

CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	05
2.1. Suinocultura no Brasil.....	05
2.2. Instalações para recria e terminação.....	06
2.3. Lâmina d'água.....	08
2.4. Conforto térmico ambiental.....	09
2.4.1. Temperatura do ar.....	11
2.4.1.1. Respostas Integradas pelo frio.....	13
2.4.1.2. Respostas Integradas pelo calor.....	16
2.4.2. Umidade do ar.....	22
2.4.3. Radiação.....	23
2.4.4. Ventilação.....	24
2.5. Índices térmicos.....	27
2.6. Desempenho animal.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1. Características das Instalações.....	29
3.1.1. Sistema de ventilação natural.....	31
3.1.2. Sistema de ventilação positiva tipo lateral.....	32
3.1.3. Sistema de ventilação negativa tipo túnel.....	33
3.2. Equipamentos para monitoramento do ambiente térmico.....	35
3.3. Parâmetros avaliados.....	37
3.3.1. Variáveis e índices do ambiente térmico.....	37
3.3.2. Variáveis de desempenho do animal.....	38
3.4. Delineamento experimental.....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1. Período de 61 a 96 dias de vida dos suínos.....	40
4.1.1. Temperatura.....	40

4.1.2. Umidade	42
4.1.3. ITGU	45
4.1.4. CTR	48
4.1.5. Desempenho do animal	50
4.2. Período de 97 a 131 dias de vida dos suínos	51
4.2.1. Temperatura	51
4.2.2. Umidade	54
4.2.3. ITGU	57
4.2.4. CTR	60
4.2.5. Desempenho do animal	62
4.3. Período de 132 dias de vida até o abate.....	63
4.3.1. Temperatura	63
4.3.2. Umidade	66
4.3.3. ITGU	69
4.3.4. CTR	72
4.3.5. Desempenho do animal	73
4.4. Desempenho zootécnico geral	74
5. CONCLUSÕES.....	76
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
1	Rebanho brasileiro de suínos	05
2	Produtividade do rebanho brasileiro de suínos	06
3	Zona de conforto térmico, adaptado de BAETA e SOUZA (1997)	13
4	Agrupamento de animais visando diminuir troca de calor	15
5	Postura dos animais submetidos ao calor	17
6	Contato com a lama e aumento da ofegação com o objetivo de diminuir calor interno	18
7	Movimento mínimo, para evitar produção de calor	19
8	Vista geral dos galpões utilizados no experimento	30
9	Vista geral do galpão com ventilação forçada	30
10	Vista do fechamento lateral do galpão testemunha	31
11	Vista do interior do galpão equipado com o sistema de ventilação tipo lateral	32
12	Vista externa do galpão equipado com o sistema de ventilação tipo túnel	33
13	Vista do interior do galpão equipado com o sistema de ventilação tipo túnel	34
14	Posicionamento dos equipamentos no interior dos galpões	36
15	Vista do abrigo meteorológico e globo negro utilizados para caracterização do ambiente externo.	36
16	Representação gráfica das médias horárias da temperatura do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos.	42

17	Representação gráfica das médias horárias da Umidade Relativa do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos.	45
18	Representação gráfica das médias horárias do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos.	48
19	Representação gráfica das medias horárias da Carga Térmica Radiante, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos.	50
20	Representação gráfica das médias horárias da temperatura do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos.	54
21	Representação gráfica das médias horárias da Umidade Relativa do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos.	57
22	Representação gráfica das médias horárias do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos.	60
23	Representação gráfica das médias horárias da Carga Térmica Radiante do ambiente externo e do interior das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos.	62
24	Representação gráfica das médias horárias da temperatura do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos.	66

25	Representação gráfica das médias horárias da Umidade Relativa do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos.	69
26	Representação gráfica das médias horárias da temperatura do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos.	71
27	Representação gráfica das médias horárias da Carga Térmica Radiante do ambiente externo e do interior das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos.	74

LISTA DE TABELAS

TABELA	TÍTULO	PÁGINA
1	Requisitos de área por animal, de acordo com o tipo e piso e o manejo utilizado	07
2	Instalações para terminação em baias coletivas	08
3	Zona de termoneutralidade dos suínos nas diversas fases de produção	12
4	Desempenho de leitões em relação ao ambiente térmico	25
5	Temperaturas, em °C, de acionamento da ventilação e da nebulização em função da idade dos suínos, para o sistema de ventilação tipo lateral	33
6	Temperaturas, em °C, de acionamento de cada grupo de exaustores e da nebulização, em função da idade dos suínos, para o sistema de ventilação tipo túnel	35
7	Médias de Temperatura do ar, em °C, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos	40
8	Médias de Umidade Relativa do ar, em %, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos	43
9	Médias de ITGU para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos	46
10	Médias de CTR, em $W.m^{-2}$, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos	49
11	Valores médios de Ganho de Peso Diário, Consumo de Ração Diário, Conversão Alimentar, e Peso Final, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT), no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos	51

12	Médias de Temperatura do ar, em °C, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos	52
13	Médias de Umidade Relativa, em %, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos	55
14	Médias de ITGU para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos	58
15	Médias de CTR, em $W.m^{-2}$, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos	61
16	Valores médios de Ganho de Peso Diário, Consumo de Ração Diário, Conversão Alimentar, e Peso Final, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT), no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos	64
17	Médias de temperatura do ar, °C, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos	64
18	Médias de Umidade Relativa do ar, em %, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos	67
19	Médias de ITGU para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos	70
20	Médias de CTR, em $W.m^{-2}$, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos	72

21	Valores médios de Ganho de Peso Diário, Consumo de Ração Diário, Conversão Alimentar, e Peso Final, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT), no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos	74
22	Valores médios de Ganho de Peso Diário, Consumo de Ração Diário, Conversão Alimentar, e Peso Final, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT), em todo o período experimental	75

RESUMO

SANTOS, José Humberto Teixeira Santos, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2008. **Sistemas de ventilação por pressão negativa e positiva em instalações suinícolas e efeitos no desempenho produtivo dos animais nas fases de recria e terminação.** Orientadora: Ilda de Fátima Ferreira Tinoco. Coorientadores: Cecília de Fátima Souza e Fernando da Costa Baêta.

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de suínos, ficando atrás apenas da China, União Européia e Estados Unidos. Apesar dos avanços testemunhados pela suinocultura, em muitas granjas brasileiras os elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar, verificados nos galpões, especialmente no verão, tem afetado negativamente o desempenho dos animais em crescimento e terminação, levando a níveis de produção muito abaixo de seu potencial genético. A ventilação é um dos possíveis processos usados para amenizar estes efeitos. No entanto, para muitas regiões do Brasil, como é o caso do Centro-Oeste, a ventilação natural, muitas vezes, não é suficiente para garantir o conforto térmico em condições de calor, exigindo também o acondicionamento por via artificial. Tem-se verificado que, mesmo recorrendo a todas as técnicas do acondicionamento térmico natural e utilizando adequadamente os recursos de ventilação forçada simples, a temperatura dos galpões de produção animal costuma ser tão elevada que se torna necessário promover o pré-resfriamento do ar. Com base no exposto, este trabalho teve como objetivos avaliar, para as condições do Centro-Oeste brasileiro, com base no conforto térmico ambiente e no desempenho produtivo, nas fases de recria e terminação, três diferentes sistemas de acondicionamento térmico: ventilação por pressão positiva lateral, associada à nebulização interna; ventilação negativa em modo túnel, associada à nebulização interna e ventilação Natural. A presente pesquisa foi desenvolvida em galpões comerciais de recria e terminação, no município de Rio Verde-GO, Centro-Oeste brasileiro. Os animais foram alojados depois do período de creche (61 dias de vida) e permaneceram nas instalações até o abate (166 dias de vida). As instalações utilizadas neste experimento foram compostas por dois galpões de um mesmo núcleo, orientados no sentido leste-oeste, possuindo características estruturais semelhantes. Estes galpões possuíam dimensões similares de 90 m de comprimento, 10 m de largura, pé direito de 3,27 m, beiral de 0,80 m, cobertos com telhas de aço galvanizado comum sem nenhuma pintura, com inclinação de 25%. Eram subdivididos em dezenove baias coletivas de 47,20 m² com capacidade para alojamento de 50 animais, com divisórias de 0,80 m de altura, confeccionadas em concreto pré-fabricado. Possuíam

fechamentos nas faces leste e oeste, em alvenaria de meio tijolo. Nas laterais, fechamento com a associação de mureta pré-fabricada e cerca de arame liso. O piso concreto, com utilização de lâmina d'água na extremidade da baía. Para o tratamento testemunha, foi utilizado um dos galpões, o outro galpão foi dividido ao meio, sendo equipado com o sistema de ventilação por pressão negativa em modo túnel em uma de suas metades e o sistema de ventilação por pressão positiva lateral na outra metade. Foram avaliados, nos dois galpões e no ambiente externo, os índices de conforto térmico dos animais para as fases de recria e terminação. Foram feitas medições continuamente dentro de cada instalação a 1,5 m de altura em relação ao piso, das seguintes variáveis ambientais: temperatura do ar, temperatura de ponto de orvalho, umidade relativa e temperatura de globo negro. As medições foram realizadas com o uso de sistema de aquisição de dados com leitura contínua em intervalos de 30 minutos, totalizando 48 horários de coleta por dia. A partir destes dados foram calculados os índices de temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e Carga Térmica Radiante (CTR). Para avaliar, nas distintas fases do experimento, o desempenho dos animais nas fases de recria e terminação, foram utilizados os seguintes índices zootécnicos, consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar. Para o período de 61 a 96 dias de vida dos suínos, em geral, os valores de temperatura do ar dentro das instalações estiveram dentro ou muito próximos da zona de termoneutralidade para suínos em crescimento, 18 e 22 °C para suínos entre 20 e 50 kg. A instalação equipada com o Sistema de Ventilação negativa tipo Túnel (VT) foi a que esteve em maior parte do tempo dentro da faixa de umidade relativa recomendada, que é de 50 a 70 %. Com base no ITGU, o sistema com Ventilação Lateral (VL) foi o que propiciou o melhor ambiente para os animais, pois foi onde se atingiu o limite deste índice por menor parte do tempo, apenas das 11:30 às 17:30 horas, seguido do Sistema VT, das 10:30 às 18:00 horas. Na avaliação da CTR houve variações de 446 a 649 W.m⁻² para o ambiente externo, de 433 a 586 W.m⁻² para a instalação com o sistema de Ventilação Natural (VN), 423 a 587 W.m⁻² para a instalação com sistema de VL e 428 a 476 W.m⁻² para a instalação com sistema VT. Para os índices zootécnicos não houve diferença significativa para os parâmetros analisados, contudo, houve melhor desempenho para o sistema VT, com Ganho de Peso Diário (GPD) de 0,779 kg, Consumo de Ração Diário (CRD) de 1,660 kg e Conversão Alimentar de 2,13. Para o período de 97 a 131 dias de vida dos suínos, em geral, os valores de temperatura do ar, dentro das instalações estiveram fora zona de termoneutralidade para suínos em terminação, valores entre 16 e 18 °C para suínos entorno de 60 kg. Apenas a instalação

com o sistema de VL alcançou um pequeno intervalo de tempo dentro da faixa de temperatura ótima, das 5:00 às 7:00 horas. Para a umidade relativa a instalação com VN os animais ficaram submetidos a alto estresse no período de 13:30 às 16:00 horas, pois a umidade relativa alcançou valores abaixo do recomendado limite crítico, para a produção de suínos, que é de 40 %. Com base no ITGU, o Sistema de Ventilação Lateral propiciou ambiente confortável para os animais, pois apenas no horário das 17:30 alcançando o valor de 73 para o ITGU, pois, valores acima de 72 é indicativo de estresse para suínos. Para a CTR foram observadas variações de 470 a 785 W.m⁻² para o ambiente externo, de 431 a 564 W.m⁻² para a instalação com o sistema VN 419 a 583 W.m⁻² para a instalação com sistema VL e 398 a 558 W.m⁻² para a instalação com sistema VT. Para o desempenho animal, não houve diferença significativa para os parâmetros analisados. Contudo, verifica-se melhor desempenho para o sistema VL, com GPD de 1,049 kg, CRD de 2,621 kg e CA de 2,50. Para o período de 132 dias de vida até o abate dos suínos, o Sistema VL foi o mais eficiente em manter a temperatura interna da instalação dentro da faixa recomendada, durante o intervalo de tempo das 00:30 às 08:00 horas. Para a umidade relativa a instalação com Ventilação Natural os animais ficaram submetidos a alto estresse no período de 11:30 às 17:00 horas, pois a umidade relativa alcançou valores abaixo do limite crítico para a produção de suínos, que é de 40 %. Com base no ITGU, o sistema VL e o sistema com VT foram eficientes na manutenção do conforto para os animais, com ligeira vantagem para o VT. No sistema VL, no intervalo das 12:00 às 17:00, chegou-se a valores de ITGU no limite de 72. Enquanto o sistema de VN atingiu valores superiores ao limite máximo das 10:30 às 17:30, submetendo os animais ao estresse. Para CTR foram observadas variações de 390 a 592 W.m⁻² para o ambiente externo, de 421 a 505 W.m⁻² para a instalação com o sistema VN, 436 a 516 W.m⁻² para a instalação com sistema VL e 433 a 498 W.m⁻² para a instalação com sistema VT. Para os índices zootécnicos, não houve diferença significativa para os parâmetros analisados. Contudo, houve melhor desempenho para o sistema VT, com GPD de 1,022 kg, CRD de 2,877 kg e CA de 2,81. Existe, ainda, potencial para os sistemas de acondicionamento promover melhorias térmicas ambientais, com redução da temperatura em função do aumento da eficiência dos sistemas.

ABSTRACT

SANTOS, José Humberto Teixeira Santos, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa. December of 2008. **Systems of ventilation for negative and positive pressure in swine installations and effect in the productive performance of the animals in the growing and finishing phases.** Adviser: Ilda de Fátima Ferreira Tinoco. Co-advisers: Cecília de Fátima Souza and Fernando da Costa Baêta.

Brazil is the fourth biggest swine producer in the world, standing only behind China, the European Union and the United States. In spite of the advances witnessed by swine culture, in many Brazilian farms the elevated temperature values as well as the relative humidity of the air verified in the sheds, especially in the summer, have affected negatively the animals performance in growth and finishing stages, resulting in production a lot lower than its genetic potential. The ventilation is one of the possible processes used to soften these effects. However, for many regions in Brazil, as it is the case of the Center-West region, the natural ventilation several times is not enough to guarantee the thermal comfort in conditions of heat, requiring also the acclimatized through artificial means. Even though we have used not only all the techniques for natural thermal acclimatized but also the resources of simple forced ventilation, the temperatures of the animal production sheds are used to be so elevated that it is necessary to promote the pre-cooling of the air. Based on what has been mentioned, this work has as objectives to evaluate for the Brazilian Center-West region, based on the environment thermal comfort as well as productive performance, in the growing and finishing phases, three different thermal acclimatized systems: ventilation by lateral positive ventilation, associated with internal fogging; negative ventilation in tunnel model, associated with internal fogging and natural ventilation. The present research was developed in commercial sheds of growth and finishing stages, in the city of Rio Verde, located in the state of Goiás, Brazilian Center-West region. The animals were lodged after the period of weanling (61 days of life) and remained in the installations until the slaughter (166 days of life). The installations used in this experiment were composed of two sheds of the same nucleus, oriented in the east-west directions, having similar structural characteristics. These sheds had similar dimensions of 90m length, 10 m width, right foot of 3.27 m, 0.80 m edge, covered with galvanized steel roofing tiles without any painting, with a 25% of inclination. They were subdivided into nineteen collective stalls of 47.20 m² with capacity to shelter 50 animals, with partitions of 0.80 m of height, made in pre-manufactured concrete. They had closings in the East and West faces, in masonry with half brick. In the lateral parts, there were

closings with association of pre-manufactured wall and wire fence. The floor was made with concrete, with the usage of water sheet in the stall extremity. For the witness treatment, one of the sheds was used; the other one was divided in half, being equipped with the ventilation system by negative pressure in tunnel model in one of its halves and the ventilation system by positive lateral pressure in the other half. The indexes of thermal comfort of the animals during the growth and finishing phases were evaluated in the two sheds as well as in the external environment. The measures were done continuously inside each installation at 1.5m of height, in relation to the floor, using the following environmental variables: air temperature, dew temperature, relative humidity and black globe temperature. The measures were done with the use of data acquisition system with continuing reading in intervals of 30 minutes, totaling 48 collection schedules per day. From these data the indexes of Black Globe and Humidity (ITGU) and the Radiant Thermal Charge (CTR) were calculated. In order to evaluate the animals performances in the phases of growth and finishing in the distinct phases of the experiment, the following animal production indexes were used: ration consumption, weight gain and food conversion. For the period of 61 to 96 days of swine life, in general, the values of air temperature inside the installations were within or very close to the thermal neutrality zone for the swine in growth, 18 and 22°C for the swine between 20 and 50 kg. The installation equipped with the negative ventilation systems tunnel model (VT) was the one that was during most of the time within the recommended relative humidity strip, which is of 50 to 70 %. Based on the ITGU, the lateral ventilation system (VL) was the one that appeased the best environment for the animals, for it was the one that reached the limit for this index for the least part of the time, only from 11:30 a.m. to 5:30 p.m., followed by the VT System, from 10:30 a.m. to 6 p.m.. In the CTR evaluation there were variations of 446 to 649 W.m⁻² for the external environment, of 433 to 586 W.m⁻² for the installation with the Natural Ventilation system (VN), 423 to 587 W.m⁻² for the installation with the VL system and 428 to 476 W.m⁻² for the installation with the VT system. For the animal production indexes there was no significant difference for the analyzed parameters. However, there was a better performance for the VT system, with a Daily Weight Gain (DWG) of 0.779 kg, Daily Ration Consumption (DRC) of 1.660 kg and Food Conversion of 2.13. For the period of 97 to 131 days of life of the swine, in general, the values of air temperature, inside the installations were out of the thermal neutrality strip for the swine in the finishing stage, values between 16 and 18 °C for swine around 60 kg. Only the installation with the VL system reached a small interval of time within the optimum temperature strip, from 5:00

a.m. to 7:00 a.m. For the relative humidity the installation with VN the animals were submitted to high stress in the period of 1:30 pm. to 4 p.m., since the relative humidity reached values below the critical limit recommended for swine production, which is of 40 %. Based on the ITGU, the Lateral Ventilation System appeared comfortable environment for the animals, for only the 5:30 p.m. period reaching the value of 73 for the ITGU, since the values that are over 72 is indication of stress for the swine. For the CTR variations of 470 to 785 W.m⁻² for the external environment were observed, of 431 to 564 W.m⁻² for the installations with VN System 419 to 583 W.m⁻² for the installation with VL System and 398 to 558 W.m⁻² for the installation with the VT system. For the animal performance, there was no significant difference for the analyzed parameters. However, a better performance for the VL system is verified, with GPD of 1.049 kg, CRD of 2.621 kg and CA of 2.50. For the period of 132 days of life until the slaughter of the swine, the VL System was more efficient in keeping the internal temperature of the installation within the recommended strip, during the interval of time from the 12:30 a.m. to 8:00 a.m.. Regarding the relative humidity the installation with Natural Ventilation the animals were submitted to high stress in the period of 11:30 a.m. to 5 p.m., for the relative humidity reached values below the critical limit for the swine production, which is 40 %. Based on the ITGU, the VL System and the system with VT were efficient in the comfort maintenance for the animals, with a slight advantage for the VT. IN the VL System, during the interval of 12:00 p.m. to 5 p.m., the ITGU values reached 72, while the VN System reached values superior to the maximum limit from 10:30 a.m. to 5:30 p.m., submitting the animal to stress. For CTR variations of 390 to 592 W.m⁻² for the external environment, of 421 to 505 W.m⁻² for the installation with the VN system, 436 to 516 W.m⁻² for the installation with VL system and 433 to 498 W.m⁻² for the installation with VT system were observed. For the animal production indexes, there was no significant difference for the analyzed parameters. However, there was a better performance for the VT system, with GPD of 1.022 kg, CRD of 2.877 kg and CA of 2.81. There is still potential for the acclimatized systems to promote thermal environmental improvements with temperature reduction due to the increase of the systems efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura representa importante fator do desenvolvimento econômico nacional, promovendo efeitos multiplicadores de renda e emprego em todos os setores da economia e intensificando a demanda de insumos agropecuários, a expansão e a modernização dos setores da comercialização e da agroindústria (EVANGELISTA, 1998).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de suínos, ficando atrás apenas da China, União Européia e Estados Unidos. Conforme estimativas feitas com base nos dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), o Brasil aumentará sua produção de suínos em 12% até 2010 e em 19% até 2014 (ANUÁRIO BRASILEIRO DE AVES E SUÍNOS, 2005).

A produção industrial de suínos nos últimos três anos cresceu 19,8%, passando de 26,4 milhões de cabeças, ao final de 2004, para 31,8 milhões de cabeças em 2007. A produção das integrações e das cooperativas manteve sua tendência de crescimento, contribuindo para que a produção industrial registrasse um aumento de 4,45% (2,64 milhões de toneladas). No geral, o Brasil alcançou a produção de 2.990 mil toneladas de carne de suíno (ABIPECS, 2008).

Contudo, em virtude da carência de proteína animal em grande parte da população mundial, é cada vez maior o estímulo às especializações e à adoção de determinadas tecnologias, no sentido de se conseguir uma máxima produção, com menor custo, em menor tempo e na menor área possível.

Em contrapartida, apesar dos avanços testemunhados pela suinocultura mundial, em muitas granjas brasileiras os elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar, verificados nos galpões, especialmente no verão, tem afetado negativamente o desempenho dos animais nas fases de crescimento e terminação, levando a níveis de produção muito abaixo do potencial genético dos animais.

Assim, o ambiente deve ser cuidadosamente controlado e a qualidade do ar deve ser mantida por meio de boa ventilação e fluxo adequado de trocas de ar (McGOVERN e BRUCE, 2000; FARMER e PRUNIER, 2002; JEPSSON, 2002; MASSÉ et al., 2003; MALMKVIST et al., 2006). Dessa forma, as instalações devem possuir temperatura agradável para cada uma das diferentes fases da vida do suíno, sem extremos de frio ou calor. No caso de suínos jovens, deve haver boa renovação de ar, porém sem correntes de ar excessivas. Instalações mal ventiladas possibilitam o acúmulo excessivo de gases

nocivos aos animais e trabalhadores, tais como, amônia, monóxido e dióxido de carbono, dentre outros. Neste sentido, a má qualidade do ar predispõe os animais a uma série de infecções e doenças respiratórias e metabólicas, que reduzem o apetite, levam a maior mortalidade e compromete todo o sistema produtivo.

A ventilação de um galpão de criação de suínos pode ser natural ou artificial. Para a climatização por via natural, deve-se dar atenção especial às concepções arquitetônicas dos prédios, assim como localização e orientação, em associação à escolha dos materiais de construção e ao paisagismo circundante. No entanto, para muitas regiões do Brasil, como é o caso do centro-oeste, a ventilação natural, muitas vezes, não é suficiente para garantir o conforto térmico em condições de calor, exigindo também o acondicionamento por via artificial.

A climatização por meios artificiais é, sem dúvida, uma medida eficiente no arrefecimento térmico de granjas de suínos adultos, desde que bem planejada. Assim, o sucesso na escolha de um determinado sistema de climatização vai depender não somente de um projeto bem elaborado, mas também, do nível tecnológico e econômico da exploração, do potencial genético dos animais e, sobretudo, do nível de mão-de-obra (SILVA, 1999). A definição do melhor sistema de ventilação para a suinocultura brasileira, contudo, ainda carece de investigação.

Um dos sistemas de climatização que pode ser usado é denominado sistema de ventilação em modo túnel. Este sistema consiste, basicamente, na utilização de ventilação forçada por pressão negativa ou positiva, com fechamento lateral do alojamento com auxílio de cortinas bem vedadas permitindo, contudo, aberturas nas suas duas extremidades para possibilitar a entrada e saída de ar externo ao galpão. Em uma de suas formas de concepção, os ventiladores podem ser distribuídos ao longo do comprimento do galpão, empurrando o ar externo para dentro do galpão, gerando assim, o sistema de ventilação positiva ou posicionados em uma das extremidades, succionando o ar de dentro em direção ao exterior do alojamento, gerando assim, o sistema de ventilação negativa. Em ambos os sistemas, a massa de ar ventilado percorre longitudinalmente o galpão, saindo pela extremidade oposta.

Outra forma de ventilação tecnicamente recomendável é denominada ventilação lateral, que consiste em posicionar os ventiladores na linha do comprimento do galpão e em uma de suas laterais, fazendo com que o fluxo de ar advindo do exterior e atravesse o galpão no sentido da largura. Nesse sistema, as cortinas permanecem abertas durante

todo o tempo, o que facilita o manejo em relação ao sistema de ventilação negativa (ZANOLLA et al., 1999).

Entretanto, no caso da ventilação lateral, não existe um volume de ar de controle, o que pode dificultar a manutenção da temperatura dentro dos valores desejados, especialmente quando existem correntes de ar opostas. Contudo a distância a ser percorrida pelo ar resfriado pela ação dos nebulizadores é bem menor no sistema de ventilação lateral que no sistema de ventilação em modo túnel, o que pode compensar favoravelmente a adoção do primeiro (TINÔCO e GATES, 2005).

O manejo do sistema de ventilação positiva lateral é bem mais simples que do sistema de ventilação positiva ou negativa em modo túnel, uma vez que não há a movimentação de cortinas e não há exigência de boa vedação dos galpões, etc. Por outro lado, o gerenciamento do ponto de vista industrial ou de uma grande cadeia produtiva fica muito mais difícil num sistema que pode sofrer mais efeitos do ambiente externo, já que a qualidade da mão-de-obra pode ser variável. Assim, apesar da maior dificuldade de manejo, o sistema de ventilação em modo túnel pode ser a melhor opção para alguns casos.

Tem-se verificado que, para as regiões muito quentes, mesmo recorrendo a todas as técnicas do acondicionamento térmico natural e utilizando adequadamente os recursos de ventilação forçada simples, a temperatura dos galpões de produção animal costuma ser tão elevada que se torna necessário promover o pré-resfriamento do ar de ventilação.

Dessa forma, associando-se um sistema de nebulização de água ao sistema de ventilação, tem-se um arrefecimento do ar por via evaporativa. Este sistema é uma das formas mais efetivas de resfriamento do ar adotadas em instalações agrícolas, o qual possibilita uma redução substancial da temperatura do ar em até 12°C (TINÔCO, 1996). O sistema de resfriamento adiabático evaporativo consiste em mudar o estado psicrométrico do ar para maior umidade e menor temperatura, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida, ou com a água pulverizada ou aspergida. Os sistemas de resfriamento adiabático evaporativo devem entrar em funcionamento sempre que a temperatura do ar ultrapasse a do limite de conforto dos animais e permanecer em funcionamento enquanto a umidade relativa for inferior à máxima tolerada (TINÔCO e GATES, 2005).

Neste sistema parte dos efeitos negativos das altas temperaturas no interior das instalações podem ser minimizados, pois cada grama de água necessita de cerca de 585

calorias de energia para sua evaporação. A energia, sob forma de calor, é retirada do ambiente interno, favorecendo a obtenção do conforto térmico, principalmente nos dias com temperaturas do ar mais elevadas e umidades relativas do ar mais baixas.

No que diz respeito à avicultura industrial do Brasil, vários trabalhos de pesquisas já foram realizados no sentido de se avaliar o efeito dos diferentes sistemas de ventilação por pressão positiva e negativa, no ambiente térmico e no desempenho produtivo das aves (TINÔCO, 2001). Entretanto, na suinocultura industrial brasileira, o número de investigações comparativas entre os sistemas de ventilação natural e positiva ainda é bastante reduzido. O sistema de ventilação negativa inexistente na suinocultura industrial do Brasil.

Sendo assim, considerando-se a migração de grandes complexos suinícolas para a região centro-oeste do Brasil e o clima daquela região tem se tornado importante a decisão quanto aos melhores sistemas de acondicionamento térmico que viabilizem, simultaneamente, a obtenção do conforto térmico e de melhores índices produtivos.

Verifica-se, para o caso de grandes complexos do Centro-Oeste, a necessidade de se avaliar um sistema de acondicionamento térmico já adotado pela indústria de avicultura daquela região. Assim, entende-se ser importante o estudo do sistema de ventilação por pressão negativa em modo túnel, comparativamente a ventilação por pressão positiva lateral, a qual constitui um sistema de manejo simples cuja adoção seria facilmente adaptável ao tipo de alojamento dos complexos suinícolas existentes.

Vale ressaltar que, nenhum dos dois sistemas de acondicionamento do ambiente acima mencionados ainda foi investigado para o caso do Centro-Oeste, sendo que o sistema de ventilação negativa em modo túnel nunca foi investigado cientificamente para uso de qualquer suinocultura em nenhuma parte do território brasileiro.

Com base no exposto, este trabalho teve como objetivos:

Avaliar, para as condições do Centro-Oeste brasileiro, município de Rio Verde, com base no conforto térmico ambiente e no desempenho produtivo, nas fases de recria e terminação, três diferentes sistemas de acondicionamento térmico:

- Ventilação por pressão positiva lateral, associada à nebulização interna;
- Ventilação negativa em modo túnel, associada à nebulização interna;
- Ventilação natural.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Suinocultura no Brasil

Em países em desenvolvimento, a produção animal está sendo submetida a uma grande pressão para satisfazer a demanda de proteína animal necessária à população e também para ter um superávit de produção destinado à comercialização especificamente com os países desenvolvidos (BELLAVÉR, 2000).

Visando suprir quantitativamente a demanda do mercado consumidor, a produção animal elevou-se à produção industrial da carne. Objetivando aumentar a produtividade e otimizar espaço, optou-se pelo aumento da densidade de alojamento, o que gera alterações no ambiente interno do galpão, tanto do ponto de vista termodinâmico, quanto da qualidade do ar (NÄÄS, 2002).

No Brasil, a produção industrial de suínos nos últimos três anos cresceu 19,8%, passando de 26,4 milhões de cabeças ao final de 2004, para 31,8 milhões de cabeças em 2007. Também no período, os pesos médios de abate aumentaram ao redor de 5,0%. Ao contrário, a produção de subsistência (destinada ao consumo na propriedade rural, vendendo ocasionalmente os excedentes) manteve sua trajetória de redução (ABICEPS, 2008).

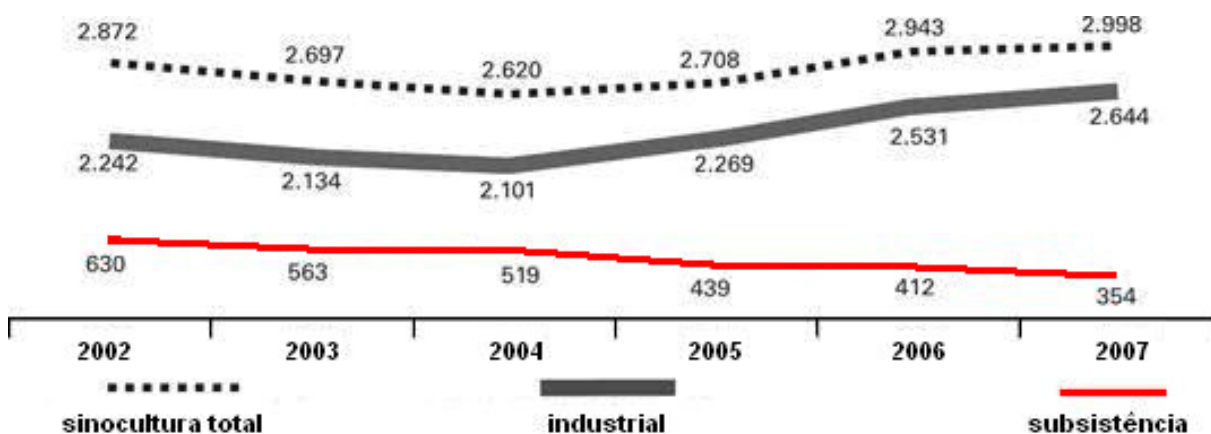


Figura 1. Rebanho brasileiro de suínos.

Fonte: ABICEPS, 2008

Quanto à produção, o aumento se deu mais pelo incremento da produtividade do que pelo aumento dos alojamentos de matrizes, pois novas granjas foram construídas em substituição as menos produtivas e a reposição por animais de maior potencial genético foi intensificada. Entretanto, novos projetos continuaram a ser implantados na região de fronteira agrícola. Com isso, o número de animais abatidos por matriz alojada aumentou nos últimos três anos 12,5%, com o número de suínos terminados passando de 19,2 para 21,6 por matriz por ano. O plantel de matrizes industriais avaliado em 1,48 milhões de cabeças praticamente não cresceu em 2007, representando 63% do total, gerando 90% da produção. Enquanto que, o efetivo de subsistência (887 mil), 27% das fêmeas em produção, gerou apenas 10% da produção. Isto indica a forte modernização que está em curso no setor (produção em sítios, gestão de biossegurança, manejo, nutrição e sanidade, etc.), cujo resultado tem sido os constantes aumentos de produtividade (ABICEPS, 2008).

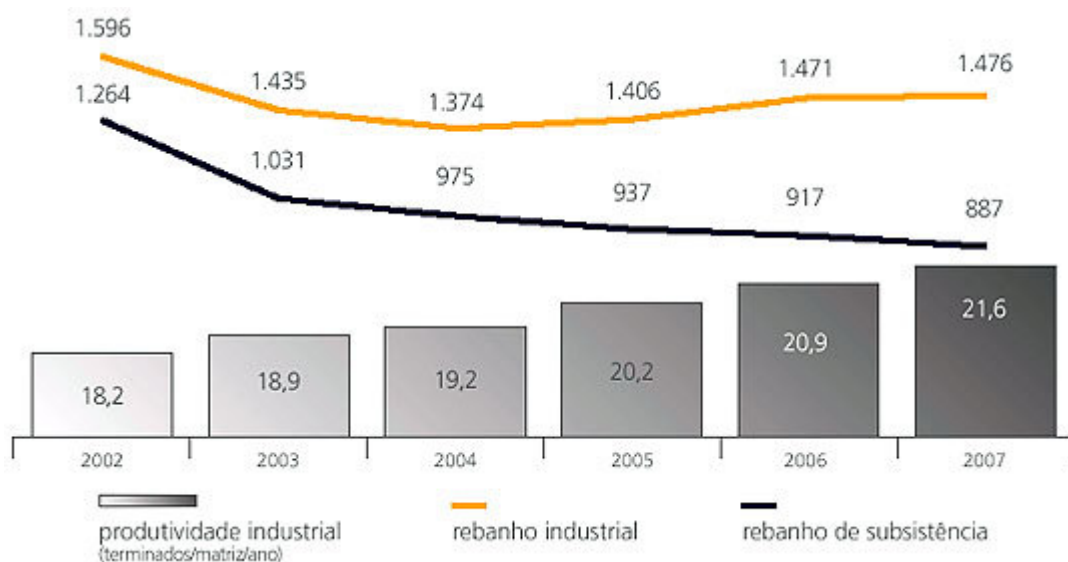


Figura 2. Produtividade do rebanho brasileiro de suínos.

Fonte: ABICEPS, 2008

2.2 Instalações para recria e terminação

As Instalações para recria e terminação são edificações destinadas ao alojamento dos animais desde a fase que vai da saída da creche até a comercialização. Para a confecção do piso das baias há três opções: totalmente compacto; parcialmente ripado; e

totalmente ripado. Os requisitos de área para cada tipo de piso, de acordo com o tipo de manejo, são listados na Tabela 1.

Tabela 1. Requisitos de área por animal, de acordo com o tipo de piso e o manejo utilizado

Fases e manejo	Tipos de piso		
	Totalmente compacto	Parcialmente ripado	Totalmente ripado
Recria com mudança de baia (35 a 60 kg)	0,50 m ²	0,65 m ²	0,75 m ²
Recria/terminação sem mudança de baia (35 a 115 kg)	0,70 m ²	0,80 m ²	1,00 m ²
Terminação com mudança de baia (60 a 115 kg)	0,70 m ²	0,80 m ²	1,00 m ²

Fonte: TEIXEIRA (1997)

O piso totalmente ripado é o mais indicado para regiões quentes, porém, é o de custo mais elevado. O piso parcialmente ripado, isto é, constituído de 30% da área do piso da baia em ripado sobre fosso, é construído em vigotas de concreto e o restante da área do piso (70%) compacto em concreto.

O manejo dos dejetos dos suínos deve ser feito do lado de fora da edificação e por sala para possibilitar maior higiene e limpeza. A declividade do piso da baia deve situar-se entre 3% e 5%.

As paredes laterais podem ser ripadas, em placas pré-fabricadas em cimento ou outro material, para facilitar a ventilação natural.

Na fase final de produção as instalações requerem pouca proteção contra o frio (exceto correntes prejudiciais que podem ser controladas por meio de cortinas) e grande proteção contra o calor excessivo, razão pela qual devem ser bem ventiladas, levando em consideração a densidade e o tamanho dos animais (EMBRAPA, 2003). Assim, essas instalações podem ser totalmente abertas, inclusive confeccionando-se as divisórias entre baias com ferro, com 80 cm a 1,0 m de altura. O pé-direito deve ser alto, no mínimo 3,0 m, para que a ventilação seja privilegiada. É também desejável a existência de lanternim, sendo o telhado preferencialmente de telhas cerâmicas, em estrutura de madeira ou metálica.

Os lotes das baias de recria e terminação comportam de 15 a 20 animais, a exemplo da creche, uma vez que são os mesmos lotes transferidos de uma instalação para outra. Embora CAVALCANTI (1998) recomende que os lotes não exceda 30 animais,

como mostra a Tabela 2, atualmente tem-se usado lotes maiores, para otimizar os equipamentos automáticos de alimentação.

Tabela 2. Instalações para terminação em baias coletivas

SISTEMA	ESPAÇO (m ² por animal)	NÚMERO IDEAL DE ANIMAIS POR BAIA
Piso compacto	0,90 a 1,00	Lotes de 30 animais em terminação com critério prévio de seleção, visando à homogeneidade do lote.
Cama sobreposta	1,20	

Fonte: Manual do assistente técnico (PNMA II suínos Paraná)

O sistema tradicional de criação intensiva de suínos, empregado pela maioria dos produtores nas fases de crescimento e terminação, inclui instalações abertas, com piso total ou parcialmente concretado. Como alternativa, pode-se destacar o sistema de produção de suínos em cama sobreposta (*deep bedding*), que tem sido caracterizado pela utilização de substratos (maravalha, serragem, palhas) como cama, com os animais manejados em lotes únicos dentro da instalação (OLIVEIRA, 2000).

Nesse sentido, o aperfeiçoamento das instalações com adoção de técnicas e equipamentos de condicionamento térmico ambiental tem minimizado os efeitos prejudiciais de alguns elementos climáticos, possibilitando alcançar bom desempenho produtivo dos animais (EMPRABA, 2003).

2.3 Lâmina d'água

A lâmina d'água nos pavilhões de terminação tem a finalidade de melhorar as condições de conforto e bem-estar dos suínos, facilitando a dissipação do calor corporal e melhorando as condições gerais de higiene das instalações.

Os suínos são animais de “sangue quente” – pode-se dizer que um suíno de 100 kg equivale a uma lâmpada de 100 watts permanentemente acesa. Com uma temperatura acima de 25 °C, os animais começam a sofrer estresse por calor e, caso não haja mudanças no ambiente, e nem se proporcionar ao animal condições de buscar o próprio conforto, ele canalizará toda a sua energia para a sobrevivência, comprometendo consideravelmente a produção (UPNMOOR, 2000).

Assim como o homem tem seus sensores de temperatura (molhar a nuca, os pulsos e os pés dá uma sensação de frescor), o suíno, para diminuir a sensação de calor, tem também os seus, que estão localizados na cabeça e na barriga. Porém, esses

sensores não são muito eficientes, e temperaturas altas fazem o animal entrar em estresse por calor, gerando um desequilíbrio ácido-básico (alcalose respiratória) e reduzindo o seu apetite, ou seja, resultando em menores níveis de nutrientes disponíveis no organismo do animal.

Além de melhorar o conforto térmico, reduzir o estresse e mão-de-obra, a lâmina d'água diminui a emissão de gases dentro das instalações e também o odor, controla a infestação de moscas, proporciona uma aparência mais limpa aos animais e favorece maiores ganhos de peso e melhor conversão alimentar (UPNMOOR, 2000).

Segundo REIS (1995) e LAGANÁ et al. (1998), a água nas baias facilita a termorregulação por meio da termólise de calor, pelos processos de condução e convecção, o que viria a beneficiar o consumo de ração e o ganho de peso, visto que a redução no consumo de ração é um dos principais indicativos de estresse calórico nos suínos (THUY, 2005).

Além da termorregulação, acredita-se que a utilização de lâminas d'água pode favorecer o desempenho por disponibilizar nutrientes adicionais nos dejetos das lâminas. Entretanto, MOREIRA et al. (2003) e PAIANO et al. (2003) não relataram benefícios no desempenho de suínos criados em baias com lâmina d'água. Isto, provavelmente, em função do maior desafio sanitário a que os animais em baias com lâmina d'água são submetidos e pela baixa qualidade nutricional dos dejetos, já que segundo OLIVEIRA et al. (2003), os dejetos de lâmina d'água possuem cerca de 30% de fibra em detergente ácido.

2.4 Conforto térmico ambiental

O ambiente térmico é composto por um número de fatores climáticos. Entre estas variáveis estão temperatura do ar, velocidade do ar, umidade e calor radiante, etc. O conforto térmico depende de respostas individuais para estes fatores climáticos e seus efeitos (LV e LIU, 2007).

A primeira condição de conforto térmico dentro de uma instalação é que o balanço térmico seja nulo, ou seja, o calor produzido pelo organismo animal somado ao calor ganho do ambiente seja igual ao calor perdido pelos animais através da radiação, da convecção, da condução, da evaporação e do calor contido nas substâncias corporais eliminadas (ESMAY, 1982).

Como as condições ambientais nas quais os animais são criados afeta significativamente a eficiência alimentar. As instalações devem possuir uma temperatura agradável, sem extremos de frio ou calor. Além disso, deve haver boa ventilação, porém sem correntes de ar. Instalações mal ventiladas favorecem flutuações extremas de temperatura e afetam a qualidade do ar (CLOSE, 2003).

O animal interage com o ambiente a ele moldado, sendo os elementos físicos, químicos e biológicos que o cercam, importantes fatores limitante da sua produção. Os vários componentes do ambiente podem tanto promover quanto impedir o desempenho do animal, facilitando ou inibindo os processos produtivos e reprodutivos (CURTIS, 1983).

Todos os fatores são extremamente relevantes na determinação do ambiente que podem promover o melhor desempenho animal. Certamente, dentre todos, os fatores térmicos são os mais decisivos, uma vez que afetam diretamente a função basal mais importante dos animais homeotermos: a manutenção da temperatura interna do corpo em níveis relativamente constantes.

Neste sentido, quanto mais distante for o ambiente térmico de criação daquele considerado confortável para os animais, tanto mais energia será desperdiçada na manutenção da homeotermia em detrimento da que seria utilizada para produção. Segundo TINÔCO (1996), o desempenho animal está condicionado as influências do ambiente, podendo submeter os animais, a condições estressantes que, dependendo dos limites de tolerância dos mesmos, podem ocasionar reflexos negativos em seu desempenho.

Isto se dá devido ao animal se portar como um sistema termodinâmico, que continuamente troca energia com o ambiente. Neste processo, os fatores externos do ambiente tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos, havendo, então, necessidade de ajustes fisiológicos para a ocorrência do balanço de calor (BAÊTA e SOUZA, 1997).

O conforto térmico ambiental até pouco tempo era considerado um problema secundário, tanto do ponto de vista etológico quanto do produtivo. Porém, segundo SILVA (1999), na última década a preocupação com o conforto térmico animal tem crescido notoriamente, principalmente, quando associada às respostas fisiológicas e aos respectivos índices produtivos.

Como todos os homeotermos, os suínos têm sua temperatura corpórea interna aproximadamente constante. Analisando termodinamicamente, isto significa que precisam trocar calor continuamente com o ambiente. Entretanto, este processo só se mostra

eficiente quando a temperatura ambiente está dentro dos limites da termoneutralidade (HANNAS, 1999).

O ambiente térmico de um animal consiste de cinco componentes principais: temperatura do ar, velocidade do ar, pressão de vapor do ar, temperatura radiante ambiental e temperatura média de contato. Assim, a caracterização do ambiente térmico do animal envolve os efeitos citados, e pode ser feita por meio de uma única variável, chamada de temperatura efetiva (BAÊTA e SOUZA, 1997).

2.4.1 Temperatura do Ar

Os suínos por serem animais homeotermos, são capazes de regular a temperatura corporal possuindo um centro termorregulador no sistema nervoso central. O hipotálamo é o órgão responsável pelo controle da produção e dissipação de calor através de diversos mecanismos, como por exemplo, o fluxo de sangue na pele (mecanismo vasomotor), ereção de pelos, modificações na frequência respiratória e no metabolismo (SYNDESTRICKER, 1993).

A termorregulação, apesar de ser um meio natural de controle de perda de calor pelo organismo, representa um esforço extra, culminando numa queda da produtividade (NÄÄS, 1989).

Assim, existe a importância do conceito de "temperatura crítica", que marca o limite da "zona de termoneutralidade" e determina os pontos da temperatura ambiental, abaixo ou cima da qual, os animais precisam ganhar ou perder calor para manter sua temperatura corporal constante. Cada fase de criação dos suínos possui uma faixa de temperatura de conforto, onde não há nenhuma atividade metabólica para aquecer ou esfriar o animal. A Tabela 3 mostra as condições ótimas de temperatura no interior das instalações para suínos.

Tabela 3 - Zona de termoneutralidade dos suínos nas diversas fases de produção

CATEGORIA	Temperatura Ideal, °C		Temperatura Crítica, °C		Umidade Relativa (%)
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Ótima
Matrizes	18	12	30	0	50-70
Leitões/ nascimento	32	30	35	15	70
1 semana	28	27	35	15	70
2 semana	26	25	35	13	70
3 semana	24	22	35	13	70
4 semana	22	21	31	10	70
5 a 8 semanas	22	20	30	08	50-70
20 a 30 kg	20	18	27	05	50-70
30 a 60 kg	18	16	27	05	50-70
60 a 100 kg	18	12	27	05	50-70

Fonte: SILVA, (1999).

A resposta animal varia de acordo com a faixa térmica em que ele está situado. À medida que a temperatura vai diminuindo, essas faixas são ditas de conforto térmico, zona fresca, zona fria e zona de frio intolerável. E no caso de a temperatura aumentar acima da temperatura ideal para o animal, as zonas são chamadas de zona morna, zona quente e zona de calor insuportável. Há resposta específica do animal para cada uma dessas zonas térmicas, podendo ser através de mecanismos físicos, químicos ou comportamentais de termorregulação (BAÊTA e SOUZA, 1997).

Segundo EIGENBERG et al. (1995), a avaliação da termorregulação ou da produção, dissipação e armazenamento de calor serve como indicador de bem estar animal com relação a ambientes térmicos.

Na zona de conforto térmico ou termoneutralidade, determinada por uma faixa de temperatura efetiva ambiental, não ocorre sensação de frio ou calor, e o desempenho do animal em qualquer atividade é otimizado. Nesta faixa a produção de calor é transferida ao ambiente sem requerer ajustes dos mecanismos homeotérmicos do próprio animal (ASHRAE, 1985).

Na Figura 3, observa-se que a zona de conforto térmico é limitada pelas temperaturas efetivas ambientais dos pontos A e A'; a zona de moderado conforto ou de variação nula na produção de calor corporal, pelas temperaturas efetivas ambientais dos pontos B e B'; a zona de homeotermia, pelas temperaturas efetivas ambientais dos pontos

C e C'; e a zona de sobrevivência, pelas temperaturas efetivas ambientais dos pontos D e D'. Nas temperaturas efetivas ambientais, situadas nas faixas limitadas pelos pontos A e D, o animal está estressado pelo frio, e nas A' e D', por calor.

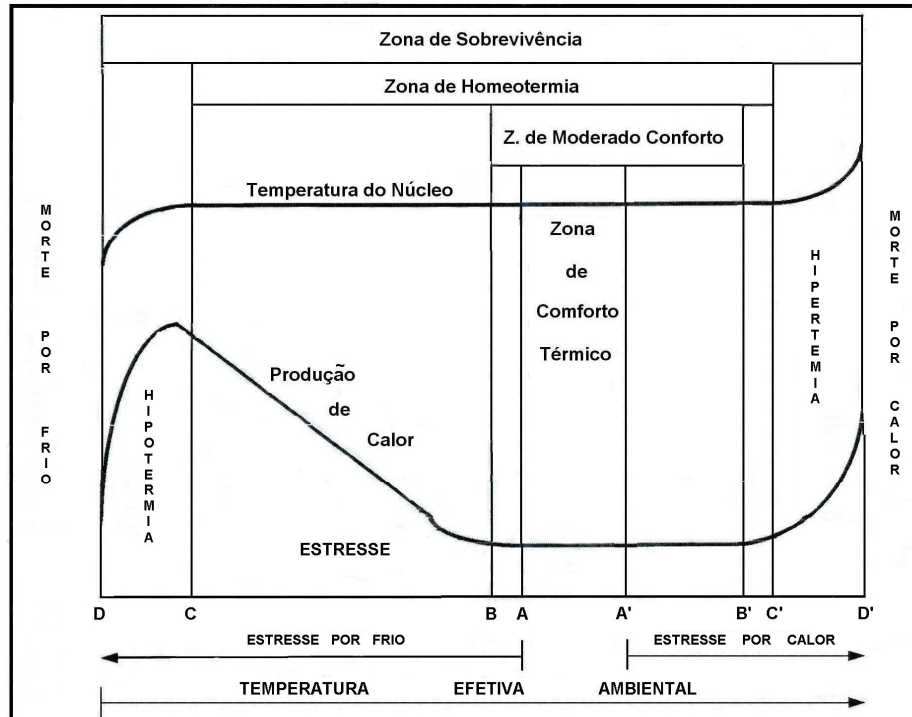


Figura 3. Zona de conforto térmico, adaptado de BAETA e SOUZA (1997).

2.4.1.1 Respostas integradas pelo frio

Para determinada faixa de temperatura efetiva ambiental, o animal mantém constante a temperatura corporal, com mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios. É a chamada zona de conforto térmico ou termoneutralidade, em que não há sensação de frio ou calor, e o desempenho do animal em qualquer atividade é otimizado.

Com a diminuição da temperatura ambiental o animal passa para a faixa de zona fresca, onde o animal ativa processos físicos termorregulatórios para conservar o calor metabólico. A magnitude das respostas de isolamento e comportamentais ao estresse pelo frio é proporcional à diminuição da temperatura ambiente.

O animal conserva o calor metabólico de duas maneiras principais: fisiologicamente e anatomicamente aumentando o isolamento térmico (isolamento de

tecido e isolamento de cobertura, isto é, ocorre a vasoconstrição, e também a espessura do tecido subcutâneo é aumentado), e através do comportamento, reduzindo a área de superfície efetiva e procurando abrigo. E ainda pode reduzir gradativamente a sua temperatura fixa, fazendo com que a temperatura do seu corpo também diminua e, conseqüentemente, o gradiente térmico corpo-ambiente também vai diminuir. Como por exemplo, visando conservar calor e energia metabólico acontece o agrupamento da leitegada com a matriz (MONT, 1959; TURCO, 1997; TEIXEIRA, 1998).

Os mecanismos atingem sua eficiência máxima na conservação de calor no limite inferior dessa zona, que é a temperatura crítica mínima. E continuam com a eficiência máxima mesmo que a temperatura ambiental diminua mais, fazendo com que o animal se situe na zona de frio.

Intensificando, ainda mais, a diminuição da temperatura ambiental o animal entra na zona de frio, essa zona começa logo abaixo da temperatura crítica mínima. Essa temperatura é um parâmetro muito importante para a produção animal, tanto na produtividade do animal como na eficiência da conversão alimentar.

Alguns fatores influenciam a temperatura crítica mínima de um animal, como o nível de ingestão de alimentos, isolamento térmico máximo, hora do dia e a termorregulação social, através do agrupamento de animais.

Nas condições de frio o suíno trata de reduzir a superfície exposta às trocas de calor, alterando primeiramente sua postura, reduzindo a área de contato com o piso (GEERS et al., 1994). A tendência para o agrupamento ocorre, como pode ser observado na Figura 4.



Figura 4. Agrupamento de animais visando diminuir troca de calor.

A piloereção também é um mecanismo de ajustamento comportamental utilizado pelo animal em ambientes frios (le DIVIDICH et al., 1991). Os pelos formam camada de ar isolante, dificultando as trocas convectivas de calor (COSSINS e BOWLER, 1987).

O suíno sujeito a um estresse prolongado, também, desenvolve adaptações morfológicas e anatômicas. Os animais oriundos de regiões frias têm a forma arredondada, são mais curtos e compactos e têm reduzidos os tamanhos das extremidades (cauda, olheiras, etc.) (GUIENNET, 1986).

O leitão recém-nascido possui os sistemas de termorregulação e imunitário pouco desenvolvidos, tornando-o sensível a baixas temperaturas ambientais. Nessas condições, o leitão reduz sua atividade motora e, conseqüentemente, a ingestão de colostro, acarretando maior incidência de doenças, maior número de leitões esmagados e alta taxa de refugos na desmama (SILVA et al., 2005).

Abaixo da temperatura crítica inferior quando os mecanismos físicos da termorregulação atingem a eficiência máxima, os mecanismos que regulam as perdas de calor são ultrapassados e a homeotermia é mantida através do aumento da produção de

calor (VESTERGEM et al., 1978). Isto é realizado primeiramente às custas do aumento da ingestão alimentar, quando a capacidade de ingestão é esgotada, o suíno, para aumentar a produção de calor, mobiliza suas reservas corporais, especificamente os triglicérides, dos tecidos, levando ao catabolismo dos lipídios, especialmente no tecido adiposo branco (le DIVIDICH, 1981)

À medida que a temperatura ambiental efetiva for diminuindo, a taxa metabólica aumenta proporcionalmente à demanda de calor pelo ambiente, para que o animal possa manter a temperatura corporal.

A resposta termogênica induzida pelo frio que acontece nessa fase segue uma seqüência. Primeiramente, ocorre contração espástica da musculatura esquelética, que compreendem os tremores. Depois acontece a contração tônica da musculatura esquelética (contração sem tremor). E por último, quando a temperatura ambiental abaixa mais, e o animal não consegue mais compensar a demanda calórica do ambiente através dos mecanismos anteriormente citados, ele ativa o último mecanismo produtor de calor que ele é capaz: o aumento da taxa metabólica geral.

Por fim, o animal entra na Zona de Frio Intolerável, onde o animal pode aumentar a sua taxa de produção de calor até o limite máximo em resposta a uma demanda cada vez maior de calor pelo ambiente, mas essa taxa só pode ser mantida por um curto período de tempo. Assim, a taxa de produção de calor não pode mais compensar a alta taxa de perda de calor. Então, a temperatura corporal abaixa e mais cedo ou mais tarde o animal morre.

2.4.1.2 Respostas integradas pelo calor

Inicialmente o animal permanece na zona termoneutra e, posteriormente, chega à zona morna, quando a temperatura ambiental efetiva vai além do limite superior da zona de conforto térmico. Diminuir o isolamento de tecido por vasodilatação, reduzir a espessura do tecido adiposo subcutâneo e aumentar a área de superfície efetiva, mudando o comportamento, são os principais mecanismos utilizados nessa zona. A magnitude dessas reações aumenta à medida que a temperatura ambiental efetiva também aumenta.

O animal para adaptar-se a esta situação, aumenta a sua superfície de exposição às trocas de calor, adotando uma postura mais distendida, afastando-se dos outros

animais, conseguindo desta forma que o ar circule a sua volta (MOUNT, 1960), como pode ser observado na Figura 5.



Figura 5. Postura dos animais submetidos ao calor.

O suíno sujeito a um estresse prolongado, desenvolve adaptações morfológicas e anatômicas, os animais oriundos de regiões com condições de calor apresentam um alongamento da carcaça e tamanho das extremidades, para desta forma aumentar a superfície de troca térmica (GUIENNET, 1986).

O isolamento de tecido é máximo no limite superior da zona morna. Neste nível a espessura e a cor da pele (esta última que é mal vascularizada conjuntamente com a espessura da camada de ar limite periférico) são os itens que participam do isolamento.

As perdas de calor sensível dependem fundamentalmente do gradiente de temperatura entre a superfície do animal e o ambiente, à medida que estas se aproximam por aumento da temperatura ambiente, o fluxo de calor sensível vai diminuindo. NÄÄS (1989) cita que a transferência de calor por condução é diretamente relacionada com a temperatura da superfície do piso.

Na medida em que a temperatura aumenta acima da zona morna, o animal é obrigado a ativar mecanismos ativos para dissipação de calor, características relacionadas à zona quente. Os suínos em geral possuem a habilidade de dissipar o calor interno por condução através da pele, permitindo-se alcançar temperaturas destas abaixo da temperatura do corpo. Como o suíno não possui glândulas sudoríparas funcionais, recorre a dois processos básicos para a liberação de calor latente: a respiração ou a passagem de água através da pele e a evaporação de água proveniente dos dejetos líquidos ou molhados no entorno de bebedouros, onde há desperdício de água, como pode ser observado na Figura 6.



Figura 6. Contato com a lama e aumento da ofegação com o objetivo de diminuir calor interno.

Segundo HANNAS et al. (1999) animais mantidos em ambiente de alta temperatura apresentaram taxa respiratória 66,7% superior àqueles mantidos em conforto, concordando com FIALHO (1994) e OLIVEIRA et al. (1997b). Ao ser expirado, o ar sai com maior quantidade de vapor de água e maior temperatura do que o ar inspirado.

Existe ainda, uma faixa estreita de temperatura ambiental efetiva, onde o animal se movimenta o mínimo possível, para evitar produção de calor metabólico, como pode ser observado na Figura 7. A partir dessa faixa, o animal usa todos os mecanismos de perda de calor com máxima eficiência. E se a temperatura ambiental efetiva aumentar mais ainda, o animal entra na próxima zona.



Figura 7. Movimento mínimo, para evitar produção de calor.

Acima da temperatura crítica superior, quando a temperatura ambiental aumenta, a temperatura corporal do animal aumenta com um concomitante acréscimo na produção de calor (CLOSE, 1981). Isto é, quando o animal não pode mais controlar a temperatura do corpo, ele se encontra na zona de calor intolerável.

De acordo com PERDOMO (1994) a reação do suíno ao estresse por calor, pode ser constatada do ponto de vista fisiológico, pelas alterações na temperatura corporal, movimentos respiratórios e cardíacos. Mudanças no metabolismo animal também podem ser observadas quando os animais são expostos a temperaturas adversas, vários autores, segundo o NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC (1981) sugerem que o ambiente quente diminui a atividade da tireóide e que as temperaturas frias aumentam sua atividade em várias espécies, resultando em modificação da taxa metabólica dos animais e, conseqüentemente, da produção de calor interna.

Um dos ajustes fisiológicos observados em suínos expostos ao calor consiste na redução do peso de órgãos internos (DAUNCEY et al., 1983; OLIVEIRA et al., 1997a), associada à redução no consumo de alimentos.

Diversos autores evidenciaram diminuição do consumo de ração dos animais submetidos a estresse por altas temperaturas (NIENABER et al., 1987; QUINIOU et al.,

2000; Le BELLEGO et al., 2002) e relataram que a redução do consumo provavelmente é um mecanismo de defesa para redução da quantidade de calor resultante dos processos digestivos e metabólicos, relacionados principalmente à ingestão de alimentos.

Diferentes autores (STAHLY et al., 1979; FIALHO, 1994; FORBES, 1995) relataram que os suínos, quando submetidos a estresse térmico por calor, reduzem o consumo voluntário de alimentos e, por conseguinte, a taxa de crescimento, como forma de reduzir a quantidade de calor proveniente de processos digestivos e metabólicos.

Os efeitos deletérios de altas temperaturas sobre a fertilidade das fêmeas podem ser devido a vários fatores, dentre os quais temos a redução da ingestão de alimentos que levando a uma redução na produção e secreção de gonadotrofinas, ocasionando estados fisiológicos de anestro eaios inférteis, ação direta do calor sobre o trato reprodutivo (ovários e útero) e redução da manifestação de estro ou atividade sexual. Existe uma relação inversa entre a taxa de concepção e o índice de temperatura e umidade máximo e temperatura ambiental máxima no dia após a inseminação (CURTIS, 1983).

Em locais onde as temperaturas do ar no verão são superiores a 24°C, verificou-se diminuição da fertilidade das fêmeas suínas, altas porcentagens de repetição de cio (BORTOLOZZO et al., 1997) e maior mobilização de gordura corporal durante a lactação (BARB et al. 1991). Ao contrário em regiões onde os dias com maior temperatura do ar não ultrapassaram 24°C, não foram observados efeitos significativos da mesma, sob a fertilidade e taxa de concepção das fêmeas (ESMAY, 1982).

MANNO et al. (2005) avaliando suínos de 15 a 30 kg constataram que os animais submetidos à alta temperatura ambiente apresentaram redução de 22% no ganho de peso em relação aos animais mantidos em conforto, alimentados à vontade. Avaliando suínos em crescimento (respectivamente, dos 20 aos 30 kg, e dos 23 aos 35 kg) mantidos em ambiente de estresse por calor (acima de 29°C) em comparação àqueles mantidos em ambiente termoneutro, COLLIN et al. (2001) e KERR et al. (2003) também observaram redução no ganho de peso diário e na eficiência alimentar com o aumento da temperatura ambiente.

TAVARES et al. (2000) avaliaram a influência da temperatura ambiental no desempenho de suínos em fase de recria e constataram que, em estresse térmico por calor (temperaturas do ar acima de 27°C), os animais tiveram menor ganho de peso, sem afetar entretanto as características de carcaça, sendo que a frequência respiratória foi mantida elevada.

Pesquisa realizada por QUINIOUN et al. (2000), com suínos entre 25 kg e 110 kg, constataram que o aumento ou a diminuição da ingestão de alimentos está relacionada com a oscilação da temperatura do ar. Quando essa variação foi de $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ para as temperaturas do ar de 24 ou 28°C avaliadas, a ingestão extra de alimento nos períodos frios compensou a menor ingestão dos períodos quentes e não afetou o desempenho dos animais. O que não aconteceu quando esta amplitude foi de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ou $\pm 4,5^{\circ}\text{C}$ para 24 ou 28°C de temperatura do ar, onde ocorreu menor ingestão alimentar e um pior desempenho dos animais.

Segundo MANNO et al. (2005) os suínos alojados em ambiente de alta temperatura consomem cerca de 12,3% menos alimento que aqueles alimentados à vontade, em ambiente de conforto térmico. Resultado semelhante aos encontrados por Le BELLEGO et al. (2002), que observaram que suínos submetidos a estresse térmico reduziram em torno de 15% a ingestão diária de alimentos em relação aos animais mantidos em ambiente de conforto (22°C). COLLIN et al. (2001), por sua vez, observaram redução mais acentuada no consumo dos animais (30%) quando a temperatura ambiente foi ajustada para 33°C em relação à de 23°C .

TAVARES et al. (2000) avaliando suínos de 30 a 60 kg verificou que a conversão alimentar piorou nos animais mantidos no calor em relação ao ambiente termoneutro, evidenciando que ocorreu menor eficiência de utilização do alimento com o aumento de temperatura, o que proporcionou, associado ao menor consumo de ração, redução no ganho de peso diário (GPD) destes animais. STAHLY e CROMWELL (1979) e CHRISTON (1988) também constataram piora na eficiência de utilização do alimento em suínos em crescimento, mantidos em ambiente de alta temperatura.

Em suínos mantidos sob condições de temperatura de 23°C com 45 a 60% de umidade relativa (Controle) e ambiente de $34,5^{\circ}\text{C}$ por 8 horas ou 31°C por 16 horas com 30 a 45% de umidade relativa em ambos os ambientes, WETTEMANN et al. (1976) encontraram queda da motilidade progressiva retilínea dos animais mantidos no calor em relação ao grupo controle na segunda semana após o início do tratamento e esta se tornou mais perceptível da terceira até a sexta semana de tratamento (85,3 vs 46,4%, respectivamente).

De acordo com LEE & PHILLIPS (1948), os suínos morrem de hipertermia, quando sua temperatura retal atinge $44,5^{\circ}\text{C}$, uma vez que não suam.

2.4.2. Umidade do ar

A umidade relativa (UR) em conjunto com a temperatura do ar possuem papel importante na dissipação de calor pelos animais. Altos valores de temperatura do ar e umidade relativa são extremamente danosos para a produção zootécnica, sendo que, no interior de instalações zootécnicas, a UR é função da temperatura do ambiente de criação, do fluxo de vapor d'água oriundo dos animais, das fezes e/ou da cama e do sistema de ventilação (BAIÃO, 1995; ZANOLLA, 1998).

À medida que se aumenta a temperatura do ambiente, as formas de perda de calor sensível diminuem e o animal tem que lançar mão das formas de perda de calor latente, que ao contrário das sensíveis são dependentes do gradiente de pressão de vapor. A evaporação da água pode ocorrer a partir da pele e do trato respiratório. Diante de um ambiente quente, o animal aumenta progressivamente a frequência respiratória e diminui a profundidade da respiração, como resultado o volume de ar/minuto aumenta. Esta respiração é chamada de polipnéia termal (CURTIS, 1983).

A umidade relativa do ar tem um efeito importante sobre a temperatura crítica superior, pois em condições de altas temperaturas e umidade relativa baixa, as perdas de calor por evaporação, que são as mais importantes nestas condições, traz como consequência um incremento das perdas totais e da temperatura crítica superior (CLOSE, 1981).

A umidade contribui para a perda de calor por processos evaporativos, um dos principais recursos de regulação homeotérmica dos suínos em altas temperaturas (SAMPAIO et al., 2004). Contudo, os efeitos da alta temperatura são mais pronunciados com a alta umidade (HUYNH et al., 2005).

A perda de calor latente ocorre principalmente pelas vias respiratórias e pele. Para os suínos a elevação da taxa de evaporação respiratória corresponde a principal via para perda de calor latente.

A evaporação através da pele pode ocorrer por três formas diferentes: difusão passiva (água difunde-se passivamente através da pele), transpiração térmica (secretando suor sobre a superfície da pele) ou espojando sobre a lama.

O limite de tolerância dos suínos à umidade está intimamente ligado à temperatura ambiental já que taxas elevadas de umidade diminuem a capacidade de dissipação de calor corporal por meios evaporativos de suínos submetidos a altas temperaturas. Pesquisadores sugerem valores ótimos de umidade relativa entre 50 e 75 % (ESMAY,

1982; NÄÄS et al., 1995; TEIXEIRA, 1997; NÄÄS et al., 1998; MOURA, 1999; SILVA, 1999; LEAL e NÄÄS, 1992; SOUZA, 2005).

O suíno tem dificuldade para dissipar calor em ambientes de alta temperatura e umidade, pois o excesso de umidade restringe o efeito refrigerador da evaporação pela respiração e contribui para diminuir o apetite. Estudos revelam que a elevação da umidade relativa de 45 para 90% a uma temperatura de 21°C é responsável pela redução em até 8% das perdas de calor, sendo que o ideal para suínos em condições satisfatórias de temperatura é de umidade relativa entre 60 a 80% (ROLLER et al., 1967; FONDA, 1978).

2.4.3. Radiação

O requerimento de aquecimento ou resfriamento das instalações para produção animal são fortemente associados com as condições micro-climáticas desenvolvidas com suas vizinhanças, com particular influências da radiação solar (PAPADOPOULOS e MOUSSIOPOULOS, 2004).

O animal troca energia radiante com o ambiente via radiação termal, quando está dentro de um recinto durante a noite. Já durante o dia e ao ar livre ele ganha energia via radiação solar. A troca de radiação térmica com o ambiente é muito importante para o equilíbrio térmico do animal e irá diferir em relação ao tipo de instalação que o animal se encontrar.

Em ambientes parados há perda de calor por convecção natural e a taxa de transferência de calor depende muito do gradiente de temperatura da superfície animal-ambiente. Por outro lado, o fluxo convectivo forçado, presentes em ambientes onde o ar está em movimento, tem na velocidade do ar, o principal determinante para o fluxo de calor.

A perda de calor sensível via radiação não é muito afetada pela temperatura em um ambiente isotérmico. O componente radiante de perda de calor sensível é maior quando a temperatura do ambiente radiante é mais baixa do que a temperatura do ar, uma vez que há um aumento do gradiente de temperatura da superfície radiante.

2.4.4. Ventilação

A importância da ventilação resulta da intensidade com que afeta as perdas de calor por condução, dissipando o calor de radiação e convecção (MORRISON e MOUNT, 1971; Le DIVIDICH e RINALDO, 1989).

O incremento da velocidade do ar, até determinado limite, pode influenciar positivamente na condição de conforto dos animais, auxiliando-os na manutenção de sua produtividade, pois o aumento da velocidade do ar provoca incremento das perdas de calor por convecção (YANAGI JUNIOR, 2006).

Assim, a partir do conhecimento das necessidades ambientais, do tipo de manejo, clima local e das características da tipologia construtiva, pode-se projetar o sistema de ventilação natural ou artificial de maneira satisfatória aos animais.

O fluxo de ventilação nas instalações para a produção animal está relacionado com dois aspectos importantes da produção animal, que são o acondicionamento do ambiente e a qualidade do ar dentro da instalação, afetando diretamente o conforto e o bem-estar dos animais (BLANES e PEDERSEN, 2005).

A renovação do ar no interior da instalação permite a redução da transferência de calor da cobertura, facilitando as trocas de calor corporal por convecção e evaporação (BAÊTA e SOUZA, 1997), diminui o excesso de umidade ambiente e de outros gases como NH_3 , CO_2 e H_2S , advindos da cama, da respiração e dos excrementos, evitando as doenças pulmonares.

Nos animais, o efeito da ventilação se traduz pela intensidade com que afeta as perdas de calor por convecção, dissipando o calor de radiação e de condução. Registra-se um aumento da temperatura crítica inferior e também da temperatura crítica superior, entre 1,0 e 10,0 °C, desde que a temperatura ambiente seja inferior a temperatura do animal (CLOSE, 1981). Em situações de alta temperatura ambiente, a diferença entre a temperatura da pele e a temperatura ambiente é mínima, e, para serem mantidos os mesmos níveis de perdas de calor, a velocidade do ar deve ser aumentada.

No plano metabológico, o efeito das perdas de calor é prejudicial aos animais jovens, especialmente em ambientes frios, reduzindo assim, a necessidade de ventilação no inverno comparado ao verão.

Ótimas velocidades de ar para o conforto térmico definido em literatura está entre 0,3 e 0,7 m.s⁻¹ para atividade moderada (PRIANTO e DEPECKER, 2003). Contudo, o limite máximo é mais alto para atividades físicas mais intensivas (BASTIDE et al., 2006).

Para os suínos, de acordo com BENEDI (1986), a velocidade do ar recomendada para leitões é de 0,1 a 0,2 m.s⁻¹ e para animais adultos, de 0,1 a 0,3 m.s⁻¹, estando associada à prevenção de doenças, como a pneumonia.

Na Tabela 4 está apresentado o efeito da ventilação sobre o desempenho zootécnico de leitões.

Tabela 4 - Desempenho de leitões em relação ao ambiente térmico

Desempenho	Tratamento	
	Com ventilação	Sem ventilação
Ganho de peso Kg/dia	0,15	0,14
Consumo Kg/dia	0,25	0,28
Taxa de ganho/consumo	0,60	0,50

Source: MUEHLING e JENSEN, 1961.CURTIS, 1983.

Leitões jovens mostram-se confortáveis a taxas de ventilação de 0,15 m.s⁻¹, quando mantidos a temperaturas ambientais de 21 °C e desconfortáveis a temperaturas inferiores a 18 °C (SAINSBURY, 1972). Situações em que a temperatura ambiental é mais elevada que a ótima, um aumento na taxa de ventilação é benéfico para o suíno.

O aumento da taxa de velocidade de 0,1 para 0,56 m.s⁻¹ equivale a um decréscimo de 4 °C na sensação térmica de leitões com 2 kg de peso vivo (Le DIVIDICH, 1982). Segundo MASSABIE et al. (2001), qualquer acréscimo de 0,21 m.s⁻¹ na velocidade do ar acima de 0,15 m.s⁻¹ é equivalente a um resfriamento de 1 °C.

Quando a velocidade do ar sobre suínos de peso corporal entre 100 e 130 Kg é de 1,5 m.s⁻¹ a perda de calor cresce em 30 %, enquanto a perda de calor latente aumenta 100% (MOURA, 1999).

A climatização por meios artificiais é, sem dúvida, uma medida eficiente no arrefecimento térmico de granjas de suínos adultos, desde que bem planejada. Assim, o sucesso na escolha de um determinado sistema de climatização vai depender não somente do projeto bem elaborado, mas também do nível tecnológico e econômico da exploração, do potencial genético dos animais e, sobretudo, do nível de mão-de-obra

(SILVA, 1999). A definição do melhor sistema de ventilação para a suinocultura brasileira, contudo, ainda carece de investigação.

Um dos sistemas de climatização que pode ser usado é denominado Sistema de Ventilação em Modo Túnel. Este sistema consiste, basicamente, na utilização de ventilação forçada por pressão negativa ou positiva, com fechamento lateral do alojamento com auxílio de cortinas bem vedadas permitindo, contudo, aberturas nas suas duas extremidades para possibilitar a admissão de ar externo ao galpão. Os ventiladores podem ser distribuídos ao longo do comprimento do galpão, empurrando o ar interno para fora do galpão (gerando, assim, o sistema de ventilação positiva) ou posicionados em uma das extremidades, succionando o ar de dentro em direção ao exterior do alojamento (gerando, assim, o sistema de ventilação negativa). Em ambos os sistemas, a massa de ar ventilado percorre, do modo mais uniforme possível, todos os pontos do galpão, saindo pela extremidade oposta (TINÔCO e RESENDE, 1997; ZANOLLA et al., 1999).

Outra forma de ventilação tecnicamente recomendável é denominada Ventilação Lateral, que consiste em posicionar os ventiladores na linha do comprimento do galpão e em uma de suas laterais deste, fazendo com que o fluxo de ar venha do exterior e atravesse o galpão no sentido da largura. Nesse sistema, as cortinas permanecem abertas durante todo o tempo, o que facilita o manejo em relação ao sistema de ventilação negativa (ZANOLLA et al., 1999).

Entretanto, no caso da ventilação lateral, não existe um volume de ar de controle, o que pode dificultar a manutenção da temperatura dentro dos valores desejados, especialmente quando existem correntes de ar opostas. Contudo a distância a ser percorrida pelo ar resfriado pela ação dos nebulizadores é bem menor no sistema de ventilação lateral que no sistema de ventilação em modo túnel, o que pode compensar favoravelmente a adoção do primeiro (CURTIS, 1983). Ademais, o manejo do sistema de ventilação positiva lateral é bem mais simples que do sistema de ventilação positiva ou negativa em modo túnel, uma vez que não há a movimentação de cortinas, não há exigência de boa vedação, etc.

Com a associação do sistema de nebulização de água ao sistema de ventilação, tem-se o arrefecimento do ar por via evaporativa. Este sistema é uma das formas mais efetivas de resfriamento do ar adotadas em instalações agrícolas, o qual possibilita uma redução substancial da temperatura do ar em até 12°C e para as condições brasileiras em até 6°C (TINÔCO, 1996). O sistema de resfriamento adiabático evaporativo consiste em mudar o estado psicrométrico do ar para maior umidade e menor temperatura, mediante o

contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida, ou com a água pulverizada ou aspergida. Os sistemas de resfriamento adiabático evaporativo devem entrar em funcionamento sempre que a temperatura do ar ultrapasse a do limite de conforto dos animais e permanecer em funcionamento enquanto a umidade relativa for inferior à máxima tolerada (TINÔCO e GATES, 2005).

Neste sistema um pouco dos efeitos negativos das altas temperaturas no interior das instalações podem ser minimizados, pois cada grama de água necessita de 585 cal de energia para sua evaporação; essa energia, sob forma de calor, é retirada do ambiente interno, favorecendo a obtenção do conforto térmico, principalmente nos dias com temperaturas do ar mais elevadas e umidades relativas do ar mais baixas (CURTIS, 1983; ZANOLLA et al., 1999, SILVA et al., 2006).

2.5 Índices térmicos

Pode-se fazer a caracterização do ambiente térmico por um ou mais fatores térmicos ambientais ou, ainda, pela associação de vários fatores térmicos ambientais em apenas uma única variável, o chamado índice do ambiente térmico. Assim, diversos índices térmicos ambientais foram criados para prever o conforto ou desconforto do animal em uma dada condição.

O primeiro índice do ambiente térmico foi desenvolvido por HOUGHTEN e YAGLOU (1923), para determinar a sensação de conforto ou de desconforto para homens. Eles desenvolveram um índice denominado como Índice de Temperatura Efetiva, descrito como uma função da temperatura, da umidade, e do movimento do ar, para se compararem as sensações térmicas sentidas pelo homem quando exposto a diferentes ambientes.

Os índices de conforto térmico foram classificados por NÄÄS (1989), conforme a base para seu desenvolvimento. São chamados índices biofísicos aqueles que são baseados nas trocas entre o corpo e o ambiente, e correlacionam elementos de conforto com as trocas de calor que os originam.

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) tem sido muito utilizado para avaliar o nível de conforto térmico em instalações para a produção animal. Foi proposto por BUFFINGTON et al. (1981), a partir do índice de temperatura e umidade (ITU) desenvolvido por THOM (1958). O ITGU integra em um único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa, da radiação e da velocidade do ar.

As trocas radiantes em construções, normalmente são quantificadas pela Carga Térmica Radiante (CTR) que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida pelo animal de todos os espaços ou partes da vizinhança, pode ser determinada, segundo ESMAY (1969), pela equação de STEFAN-BOLTZMANN.

2.6 Desempenho animal

Um dos objetivos de toda suinocultura é alcançar o potencial máximo de produtividade. A existência de alvos de produtividade para o rebanho é um elemento essencial para o monitoramento do desempenho dos suínos e para o diagnóstico de problemas de produção. Assim, é de grande importância refletir sobre a produtividade, buscando sempre o nível ótimo que o rebanho é capaz de apresentar (SOBESTIANSKY, 1998).

Em países como a Dinamarca, onde a suinocultura possui altos índices tecnológicos, a mortalidade até a desmama chega a alcançar cifras de 13,9%. Entretanto, taxas de mortalidade baixas como 6% podem ser obtidas, o que demonstra que existem formas de minimizar esse tipo de perda (CASTRO e MURGAS, 2006).

Uma forma de se avaliar o desempenho de um rebanho é através do ganho de peso e idade. Segundo SÁ (2006), na fase de crescimento e terminação, houve grande interação entre nutrição e melhora no ganho de peso, que propiciou as granjas com altos índices genéticos e sanitários, melhoras significativas no desenvolvimento dos animais, que ao nascer tem peso médio de 1,5 kg e aos 150 dias chegam aos 105 kg.

Um fator muito importante a se considerar é que um suíno com peso baixo ao nascer não é considerado portador de anomalia, contudo este fato pode ter grande influência no seu desempenho. Quanto menor o peso ao nascer, maior será o tempo que ele demorará para atingir o peso ao abate. O peso ao desmame também é um forte indicativo do seu peso final. Quanto maior o peso ao desmame melhor será a adaptação do leitão ao ambiente após o nascimento e mais cedo o animal atinge o peso de abate (ROPPA, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida em galpões comerciais de recria e terminação da Granja Escola da FESURV (Universidade de Rio Verde), município de Rio Verde-GO, com financiamento do Complexo Perdigão Agroindustrial, empresa integradora da produção de suínos na região. O experimento foi realizado entre as estações de outono e de inverno. Os animais foram híbridos fornecidos pela empresa financiadora da pesquisa, garantindo genética idônea. Foram alojados depois do período de creche (61 dias de vida) e permaneceram nas instalações até o abate (166 dias de vida).

O município de Rio Verde está localizado à latitude (S) - 17° 47' 53" e longitude (W) - 51° 55' 53", tem clima do tipo Aw (tropical de savana), segundo a classificação de Köppen, com duas estações bem definidas: entre setembro e abril, a estação das chuvas, e entre maio e agosto, a estação da seca. A temperatura média anual varia entre 20°C e 35°C. O relevo da região varia de plano a suavemente ondulado, declividade em torno de 3% e altitude média de 715 m.

A ração foi balanceada de acordo com as exigências do estágio de desenvolvimento do animal. A nutrição foi também direcionada aos requerimentos nutricionais da genética utilizada na granja, para permitir que os plantéis expressem todo seu potencial genético. A composição nutricional e física, além das condições de manejo da ração não variou, isto é, todos os tratamentos receberam a mesma ração. Por estas razões, a nutrição foi considerada uma variável sob controle. A água foi fornecida aos animais à vontade.

3.1 Características das instalações

As instalações utilizadas neste experimento são compostas por dois galpões de um mesmo núcleo, orientados no sentido leste-oeste, possuindo características estruturais semelhantes. Estes galpões possuem dimensões similares de 90 m de comprimento, 11,6 m de largura, pé direito de 3,27 m, beiral de 0,80 m, cobertos com telhas de aço galvanizado comum sem nenhuma pintura, com inclinação de 25%. São subdivididos em baias coletivas de 47,20 m² com capacidade para alojamento de 50 animais, com divisórias de 0,80 m de altura, confeccionadas em concreto pré-fabricado. Possuem fechamento nas faces leste e oeste, em alvenaria de meio tijolo, pintada de branco, possuindo, ao centro, um portão de acesso ao interior do galpão. Nas laterais

tem fechamento com a associação de mureta pré-fabricada e cerca de arame liso com 4 fios como pode ser observado na Figura 10. O piso é de concreto, com utilização de lâmina d'água na extremidade da baía.

Para o tratamento testemunha, foi utilizado um dos galpões, enquanto que para os outros tratamentos, o outro galpão foi dividido ao meio, sendo equipado com o sistema de ventilação por pressão negativa em modo túnel em uma de suas metades e o sistema de ventilação por pressão positiva lateral na outra metade, como apresentado na Figuras 8 e 9.



Figura 8. Vista geral dos galpões utilizados no experimento.



Figura 9. Vista geral do galpão com ventilação forçada.

3.1.1 Sistema de ventilação natural

O galpão sem qualquer intervenção é o adotado como padrão pelas empresas de produção de suínos na região, por isto utilizado como testemunha neste experimento e, cujo fechamento, pode ser visto na Figura 10.



Figura 10. Vista do fechamento lateral do galpão testemunha.

3.1.2 Sistema de ventilação positiva tipo lateral

Para a avaliação do sistema de ventilação tipo Lateral, foi utilizada a metade do segundo galpão, onde foram instalados o sistema de ventilação positiva lateral e nebulização, mantendo-se as demais características estruturais e arquitetônicas do sistema padrão de ventilação natural, como pode ser observado na Figura 11.

Na metade do galpão, aberto nas laterais para entrada e saída de ar, foram instalados cinco ventiladores axiais, distribuídos de forma eqüidistante, com vazão de $300 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, e com o fluxo de ar direcionado no sentido dos ventos dominantes. O sistema de nebulização interna foi composto por duas linhas de nebulização, posicionados paralelamente ao comprimento do galpão, contendo 19 bicos cada, sendo a primeira a 2 e a segunda a 6 m da lateral do mesmo.



Figura 11. Vista do interior do galpão equipado com o sistema de ventilação tipo lateral.

O acionamento do sistema de ventilação e nebulização foi de acordo com a temperatura interna dos galpões, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Temperaturas, em °C, de acionamento da ventilação e da nebulização em função da idade dos suínos, para o sistema de ventilação tipo lateral

Idade dos suínos, dias	Ventilação	Nebulização
61	29,0	32,0
71	28,0	31,0
81	27,0	30,0
91	26,0	29,0
101	25,0	28,0
111	24,0	27,0
121	23,0	26,0
132 até abate	22,0	25,0

3.1.2 Sistema de ventilação negativa tipo túnel

Para a avaliação do sistema de ventilação negativa tipo túnel, a segunda metade do segundo galpão foi modificada com fechamentos laterais, como pode ser observado na Figura 12, e colocação de forro de polietileno e defletores, como pode ser observado na Figura 13, além da instalação do sistema de ventilação e nebulização.



Figura 12. Vista externa do galpão equipado com o sistema de ventilação tipo túnel.



Figura 13. Vista do interior do galpão equipado com o sistema de ventilação tipo túnel.

O sistema de ventilação foi constituído de aberturas nas laterais de uma das extremidades para entrada de ar e seis exaustores com vazão de $560 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, posicionados na extremidade oposta, constituindo três estágios com dois ventiladores cada. O sistema de nebulização interna era composto de nove linhas de nebulização, posicionadas perpendicularmente ao comprimento do galpão, espaçadas a cada 3,5 m, contendo 10 bicos cada. Os acionamentos do sistema de ventilação e nebulização foram de acordo com a temperatura interna dos galpões, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Temperaturas, em °C, de acionamento de cada grupo de exaustores e da nebulização, em função da idade dos suínos, para o sistema de ventilação tipo túnel

Idade dos suínos, dias	Primeiro grupo de exaustores	Segundo grupo de exaustores	Terceiro grupo de exaustores	Nebulização
61	28,0	29,0	30,0	32,0
71	27,0	28,0	29,0	31,0
81	26,0	27,0	28,0	30,0
91	25,0	26,0	27,0	29,0
101	24,0	25,0	26,0	28,0
111	23,0	24,0	25,0	27,0
121	22,0	23,0	24,0	26,0
132 até abate	21,0	22,0	23,0	25,0

3.2 Equipamentos para monitoramento do ambiente térmico

Dados relativos ao ambiente térmico foram registrados automaticamente, com o uso de dataloggers da marca HOBO®, modelo H08, com resolução de 0,1 °C para temperatura e 1% para a umidade relativa, tendo acurácia de 0,5 °C e $\pm 1\%$. As variáveis registradas, de 30 em 30 minutos, foram: temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho, umidade relativa do ar e temperatura de globo negro. Para a obtenção das temperaturas de globo negro, foram colocados sensores dentro de globos negros com diâmetro 15 cm, conforme amplamente apresentado em literatura. Os sensores de caracterização do ambiente térmico foram posicionados dentro das instalações a 1,50 m de altura em relação ao piso, como apresentado na Figura 14.



Figura 14. Posicionamento dos equipamentos no interior dos galpões.

Para determinação dos parâmetros externos, um abrigo meteorológico foi instalado próximo aos galpões a altura de 1,5 m do chão, em local não sombreado. Dentro do abrigo foram colocados instrumentos iguais aos que estavam instalados dentro dos galpões, exceto o globo negro que foi instalado do lado de fora do abrigo, como mostrado na Figura 15.



Figura 15. Vista do abrigo meteorológico e globo negro utilizados para caracterização do ambiente externo.

3.3 Parâmetros avaliados

3.3.1 Variáveis e índices do ambiente térmico

As variáveis térmicas ambientais registradas, nos dois galpões e no ambiente externo, foram: temperatura do ar, temperatura de ponto de orvalho, umidade relativa e temperatura de globo negro. As medições foram realizadas com o uso de sistema de aquisição de dados com leitura contínua em intervalos de 30 minutos, totalizando 48 horários de coleta por dia, durante todo o período experimental. A partir destes dados foram calculados os índices de temperatura de Globo Negro e Umidade e Carga Térmica Radiante.

Para a caracterização e comparação do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), nos sistemas avaliados, considerou-se a média dos trinta e cinco dias de cada fase do experimento, isto é, de 61 a 96, de 97 a 131 e de 132 a 166 dias de vida dos animais. Também foi feita a comparação entre sistemas, no dia mais extremo e mais ameno dentro de cada fase.

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), proposto por BUFFINGTON et al. (1981), considera em um único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa, da radiação e da velocidade do ar. Foi calculado usando a seguinte equação.

$$\text{ITGU} = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08$$

em que,

ITGU = índice de temperatura de globo negro e umidade;

T_{gn} = temperatura de globo negro, K; e

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho, K.

Para a caracterização da Carga Térmica Radiante (CTR), foram usadas médias de quatro dias para cada fase do experimento, isto é, quatro dias entre 61 à 96, ente 97 à131 e entre 132 à166 dias de vida dos animais. Foram realizadas leituras com intervalo de hora em hora, das 8:00 às 18:00 horas. A Carga Térmica Radiante (CTR) que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida pelo animal de todos os espaços ou partes da vizinhança, foi determinada, segundo ESMAY (1969), pela equação de STEFAN-BOLTZMANN :

$$CTR = \sigma \cdot (TRM)^4$$

em que,

CTR = carga térmica radiante, $W \cdot m^{-2}$;

σ = constante de Stefan-Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8} W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$ e

TRM = temperatura radiante média, K.

A temperatura radiante média (TRM) que é a temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com a qual um corpo (globo negro) troca tanta energia quanto à do ambiente considerado (BOND e KELLY, 1954). A TRM pode ser determinada pela Equação 02:

$$TRM = 100 \sqrt[4]{2,51 \cdot \sqrt{v} \cdot (T_{gn} - T_{bs}) + (T_{gn}/100)^4}$$

em que,

v = velocidade do ar ($m \cdot s^{-1}$);

T_{gn} = temperatura de globo negro, em K e

T_{bs} = temperatura de bulbo seco, em K.

A temperatura de globo negro é obtida a partir de uma esfera oca de cobre, com diâmetro de 15 cm e 5 mm de espessura, pintada externamente com tinta preta fosca, contendo um elemento sensor de temperatura em seu centro. Para o experimento foi adaptada uma esfera de polietileno, em substituição à de cobre.

3.3.2 Variáveis de desempenho do animal

Para avaliar, nas distintas fases do experimento, o desempenho dos animais nas fases de recria e terminação, foram utilizados os seguintes índices zootécnicos:

Consumo de ração (CR), correspondente à quantidade de alimento ingerido pelo animal, em gramas;

Ganho de peso (GP), baseado na diferença entre o peso vivo final e inicial dos animais, para cada fase considerada, em gramas;

Conversão alimentar (CA), obtida pela relação entre quantidade de alimento ingerido pelo animal e o correspondente ganho de peso, para cada fase considerada.

Para o fim proposto, no início do alojamento, aos 61 dias e a cada intervalo subsequente de 35 dias, ou seja, nas idades de 96, 131 e 166 dias de vida, quatro animais de cada baía foram pesados em cada um dos sistemas avaliados. Correspondentes aos mesmos dias de pesagem dos animais, também foram registrados o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar.

3.4 Delineamento experimental

Para os índices de conforto térmico, o experimento foi montado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tipos de sistemas de ventilação e nas subparcelas os horários em um delineamento em blocos casualizados com as repetições em dias. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão.

Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando-se o teste F adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Os dados quantitativos de desempenho do animal foram avaliados também em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tipos de sistemas de ventilação, em delineamento em blocos casualizados, tendo como repetições os animais.

Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas utilizando-se o teste F e/ou Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Período de 61 a 96 dias de vida dos suínos

4.1.1 Temperatura

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios observados para a temperatura do ar, em °C, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

Em geral, os valores de temperatura do ar dentro das instalações estiveram dentro da zona de termoneutralidade para suínos em crescimento no período noturno, tomando como base as sugestões de WITTEMORE (1980) que indica valores entre 18 e 22 °C para suínos entre 20 e 50 kg. Durante o dia, de 9:00 às 19:00 horas, em todos os sistemas, as condições de temperatura estiveram desconfortáveis, com piores condições próximo às 15:00 horas. As instalações quando comparadas com o ambiente externo, propiciaram uma melhora no ambiente, sendo aquela com o Sistema de Ventilação Negativa tipo Túnel (VT) a instalação que, no período noturno, permaneceu maior tempo dentro da faixa de conforto. Já para o intervalo diurno das 9:00 às 21:00 horas, o Sistema de Ventilação Lateral foi o mais adequado ao conforto térmico. Assim, a instalação com ventilação tipo túnel propiciou maior tempo de temperatura acima da crítica superior, que segundo LEAL e NÃÃS (1992) e SILVA (1999) é de 27 °C para suínos de 20 a 60 kg. O período de temperatura acima da crítica superior foi das 11:30 às 17:00 horas no sistema de ventilação tipo túnel e das 12:00 às 16:30 horas no sistema de ventilação lateral.

Tabela 7 – Médias de Temperatura do ar, em °C, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
00:00	17,6	c	19,5	ab	19,4	ab	20,7	a
00:30	17,3	b	19,4	a	19,3	ab	20,4	a
01:00	17,1	c	19,0	ab	18,9	ab	20,2	a
01:30	16,9	b	18,8	a	18,8	a	19,9	a
02:00	16,7	b	18,5	ab	18,4	ab	19,7	a
02:30	16,4	b	18,3	ab	18,3	ab	19,5	a
03:00	16,3	b	18,2	ab	18,2	ab	19,3	a
03:30	16,0	b	18,0	a	18,0	a	19,1	a
04:00	15,8	b	17,7	ab	17,7	ab	18,9	a
04:30	15,6	b	17,6	ab	17,6	ab	18,7	a
05:00	15,4	b	17,2	ab	17,2	ab	18,6	a

05:30	15,3	b	17,3	a	17,3	a	18,4	a
06:00	15,1	b	17,2	a	17,2	a	18,3	a
06:30	14,9	b	17,1	a	17,1	a	18,3	a
07:00	15,1	b	17,4	a	17,4	a	18,5	a
07:30	20,3	a	18,4	ab	18,4	ab	19,2	ab
08:00	22,7	a	21,1	ab	19,4	b	20,4	b
08:30	24,5	a	22,3	b	21,1	b	21,9	b
09:00	26,5	a	23,5	b	22,5	b	23,4	b
09:30	28,2	a	24,8	b	23,7	b	24,6	b
10:00	29,6	a	25,6	b	24,4	b	25,4	b
10:30	30,5	a	26,2	b	25,1	b	26,0	b
11:00	31,2	a	26,9	b	26,0	b	26,6	b
11:30	32,0	a	27,6	b	26,8	b	27,1	b
12:00	32,6	a	28,2	b	27,6	b	27,3	b
12:30	33,2	a	28,8	b	28,2	b	27,5	b
13:00	33,9	a	29,0	b	28,3	b	27,6	b
13:30	34,3	a	29,2	b	28,4	b	28,0	b
14:00	34,3	a	29,3	b	28,5	b	28,0	c
14:30	34,4	a	29,4	b	28,6	b	28,1	c
15:00	34,5	a	29,2	b	28,2	bc	27,8	c
15:30	34,5	a	29,2	b	28,3	bc	27,9	c
16:00	33,3	a	29,0	b	27,9	bc	27,7	c
16:30	31,8	a	28,5	b	27,1	c	27,3	bc
17:00	28,2	a	28,0	ab	26,4	c	27,0	bc
17:30	26,4	a	25,5	ab	25,2	b	26,4	a
18:00	24,4	ab	24,2	ab	24,1	ab	25,3	a
18:30	22,6	b	23,4	ab	23,3	ab	24,4	a
19:00	21,8	b	22,8	ab	22,7	ab	23,9	a
19:30	21,0	c	22,3	ab	22,7	ab	23,4	a
20:00	20,2	c	21,8	ab	21,8	ab	22,8	a
20:30	19,5	c	21,5	ab	21,4	ab	22,4	a
21:00	19,1	c	21,3	ab	21,3	ab	22,1	a
21:30	18,7	c	20,8	ab	20,8	ab	21,8	a
22:00	18,5	c	20,6	ab	20,5	ab	21,6	a
22:30	18,1	c	20,2	ab	20,2	ab	21,3	a
23:00	17,8	c	20,0	ab	20,0	ab	21,0	a
23:30	17,6	c	19,6	ab	19,5	ab	20,8	a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 16, pode-se observar o comportamento das curvas correspondentes aos valores médios da temperatura do ar, em ° C, para o ambiente externo e interior das instalações avaliadas. As instalações, no geral, suavizaram as amplitudes térmicas imposta pelo ambiente, sendo o galpão equipado com Sistema de Ventilação negativa tipo Túnel, aquele com maior capacidade de amortecimento térmico, possivelmente

devido à maior qualidade de seus fechamentos. Assim a variação máxima de temperatura durante o dia, foi de 9,8 °C, enquanto no ambiente externo de 19,6 °C.

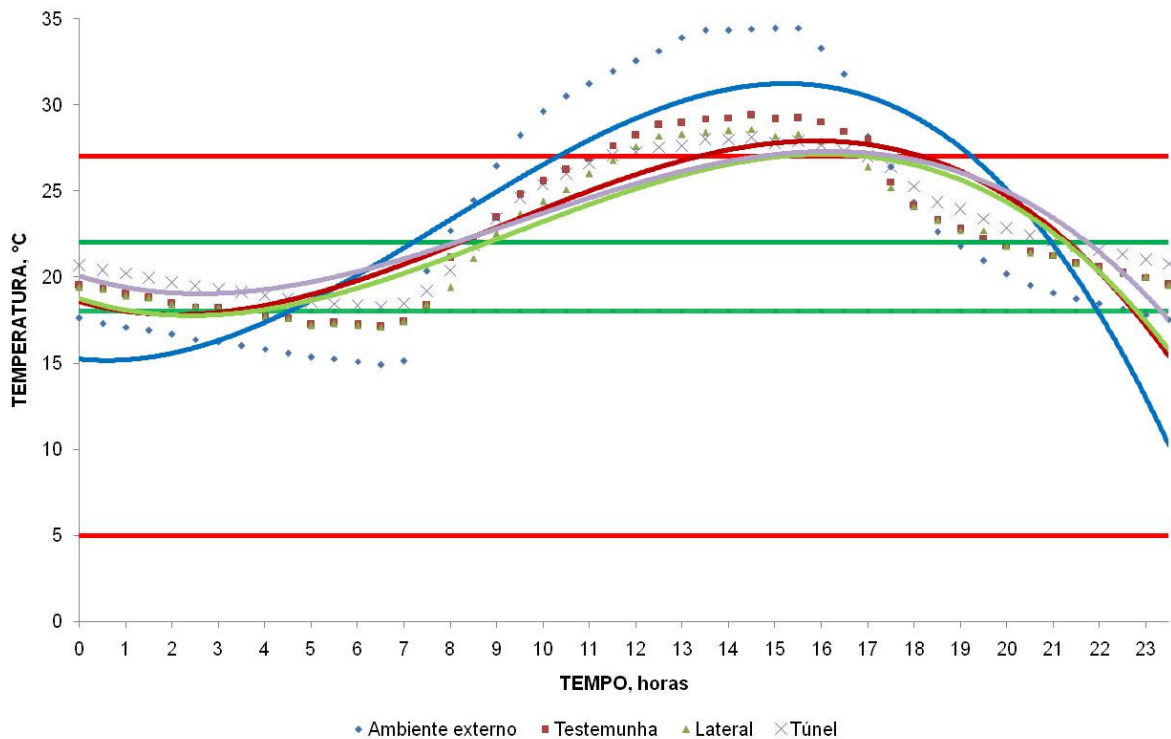


Figura 16. Representação gráfica das médias horárias da temperatura do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos.

4.1.2 Umidade

Na Tabela 8 estão apresentados os valores médios observados para a umidade relativa do ar, em %, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

De forma geral, todas as instalações e sistemas de ventilação possibilitaram a mesma configuração de umidade relativa ao longo do dia, com valores altos no período noturno e valores baixos no período diurno.

A princípio os valores diurnos correspondem àqueles recomendados por ESMEY (1982), NÄÄS et al. (1995), SILVA (1999) e MOREIRA et al. (2003), que é de 50 a 70 %. Contudo, um exame mais aprofundado da questão leva à indicação de baixa eficiência dos sistemas de climatização, tanto com ventilação lateral como tipo túnel. Como pode ser observado no item anterior, a temperatura esteve relativamente alta no período diurno

e caso os sistemas de nebulização tivessem sido eficientes, a umidade relativa estaria próximo a 80% e a temperatura do ar muito mais baixa.

Tabela 8 – Médias de Umidade Relativa do ar, em %, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
00:00	91	a	78	b	77	b	76	b
00:30	91	a	78	b	77	b	77	b
01:00	92	a	78	b	78	b	78	b
01:30	92	a	79	b	78	b	78	b
02:00	92	a	80	b	79	b	79	b
02:30	93	a	80	b	79	b	79	b
03:00	93	a	80	b	80	b	80	b
03:30	93	a	80	b	80	b	80	b
04:00	93	a	81	b	80	b	80	b
04:30	94	a	81	b	80	b	80	b
05:00	94	a	81	b	80	b	80	b
05:30	94	a	81	b	81	b	81	b
06:00	94	a	81	b	80	b	81	b
06:30	94	a	81	b	81	b	82	b
07:00	94	a	80	b	80	b	81	b
07:30	94	a	79	b	79	b	80	b
08:00	89	a	76	b	77	b	78	b
08:30	84	a	72	b	73	b	74	b
09:00	76	a	67	b	68	b	68	b
09:30	63	a	61	a	61		61	a
10:00	56	a	56	a	57	a	57	a
10:30	52	a	54	a	55	a	54	a
11:00	47	a	52	a	52	a	52	a
11:30	43	a	48	a	49	a	50	a
12:00	41	a	47	a	48	a	49	a
12:30	40	a	45	a	46	a	48	a
13:00	39	a	44	a	45	a	47	a
13:30	38	b	44	ab	44	ab	46	a
14:00	37	b	44	ab	44	ab	46	a
14:30	36	b	43	ab	44	ab	46	a
15:00	36	b	43	ab	45	a	47	a
15:30	36	b	44	a	45	a	47	a
16:00	36	b	44	ab	45	a	48	a
16:30	40	b	46	ab	48	ab	50	a
17:00	43	b	49	ab	50	ab	52	a
17:30	50	a	54	a	54	a	55	a
18:00	64	a	59	a	60	a	61	a
18:30	73	a	61	b	62	b	63	b

19:00	75	a	64	b	64	b	63	b
19:30	79	a	67	b	67	b	66	b
20:00	82	a	69	b	69	b	68	b
20:30	85	a	71	b	71	b	71	b
21:00	87	a	73	b	72	b	72	b
21:30	88	a	74	b	73	b	73	b
22:00	88	a	74	b	74	b	74	b
22:30	90	a	75	b	75	b	74	b
23:00	90	a	76	b	76	b	75	b
23:30	91	a	77	b	77	b	76	b

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 17, pode-se observar o comportamento dos valores médios da umidade relativa do ar, em %, para o ambiente externo e interior das instalações avaliadas, e as respectivas curvas ajustadas. As instalações, no geral, suavizaram as variações da umidade relativa do ar imposta pelo ambiente aos animais.

Fica evidente que, nos horários mais quentes do dia, a umidade relativa se encontrando com valores baixos pode contribuir positivamente para a dissipação de calor do animal para o ambiente por processos evaporativos. Contudo, como o suíno não possui um sistema de glândulas sudoríparas desenvolvido, uma queda da temperatura do ar pelo processo de umidificação promovido pela nebulização, favorece a dissipação de calor na forma sensível e é muito mais eficaz para a homeotermia do animal.

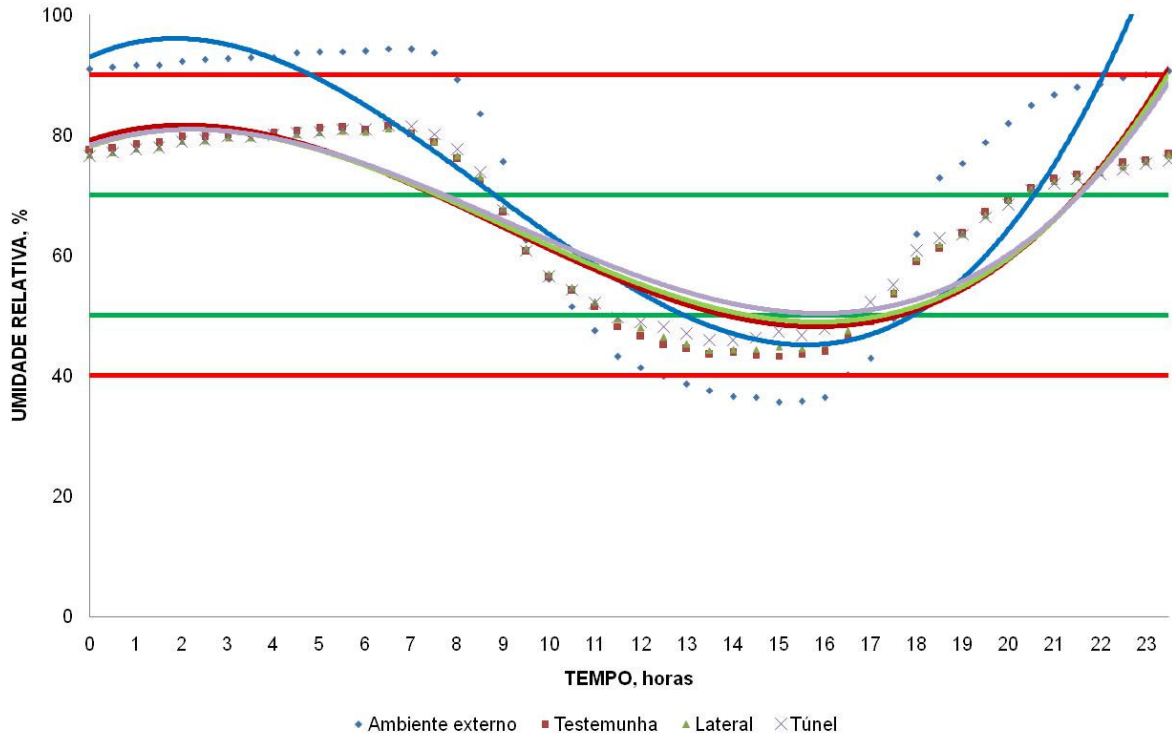


Figura 17. Representação gráfica das médias horárias da Umidade Relativa do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos.

4.1.3 ITGU

Na Tabela 9 estão apresentados os valores médios observados para o Índice de Temperatura de Globo negro e Umidade, ITGU, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

De acordo com TURCO (1997) valores acima 72 do índice é indicativo de estresse para suínos em crescimento e terminação. Este valor limite também foi observado por VIEIRA VAZ et al. (2005) e MANNO et al. (2005), em experimentos com suínos de 15 aos 30 kg.

Assim, com base no ITGU, o tratamento com ventilação lateral foi o que propiciou o melhor ambiente para os animais, considerando que foi neste tratamento que o ITGU esteve acima de 72 por menor tempo. Em seguida esteve o tratamento com ventilação tipo túnel e por fim a testemunha. Ainda reforçando esta tendência pode-se observar que os maiores valores de ITGU ocorreram no tratamento testemunha (em geral 77), depois

tratamento com ventilação tipo túnel (em geral 75) e por fim tratamento com ventilação lateral (em geral 74).

Tabela 9 – Médias de ITGU para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
00:00	62	b	67	a	67	a	68	a
00:30	62	b	67	a	67	a	68	a
01:00	62	b	67	a	67	a	67	a
01:30	62	b	66	a	66	a	67	a
02:00	61	b	66	a	66	a	67	a
02:30	61	b	66	a	66	a	67	a
03:00	61	b	66	a	66	a	66	a
03:30	60	b	65	a	65	a	66	a
04:00	60	b	65	a	65	a	66	a
04:30	60	b	65	a	65	a	66	a
05:00	60	b	65	a	65	a	65	a
05:30	60	b	65	a	65	a	65	a
06:00	59	b	64	a	64	a	65	a
06:30	59	b	64	a	64	a	65	a
07:00	60	b	65	a	65	a	65	a
07:30	65	a	66	a	67	a	66	a
08:00	71	a	69	b	68	b	68	b
08:30	76	a	70	b	69	b	69	b
09:00	79	a	71	b	70	b	70	b
09:30	80	a	73	b	71	b	72	b
10:00	81	a	73	b	71	b	72	b
10:30	82	a	74	b	72	b	73	b
11:00	83	a	75	b	72	b	74	b
11:30	83	a	75	b	73	b	74	b
12:00	83	a	76	b	74	c	74	bc
12:30	84	a	76	b	74	c	75	bc
13:00	86	a	77	b	74	b	75	b
13:30	87	a	77	b	75	c	75	bc
14:00	87	a	77	b	74	c	75	c
14:30	87	a	77	b	74	c	75	bc
15:00	86	a	77	b	74	c	75	bc
15:30	86	a	77	b	74	c	75	c
16:00	86	a	77	b	74	c	75	c
16:30	84	a	76	b	74	c	74	c
17:00	82	a	76	b	73	c	74	bc
17:30	79	a	75	b	73	c	74	bc
18:00	73	a	72	a	72	a	73	a
18:30	68	b	71	a	70	a	71	a

19:00	67	b	71	a	70	a	72	a
19:30	66	b	70	a	70	a	71	a
20:00	65	b	70	a	69	a	71	a
20:30	64	b	70	a	69	a	70	a
21:00	64	b	69	a	69	a	70	a
21:30	64	b	69	a	68	a	69	a
22:00	63	b	68	a	68	a	69	a
22:30	63	b	68	a	68	a	69	a
23:00	63	b	68	a	68	a	68	a
23:30	62	b	67	a	67	a	68	a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 18 pode-se observar os valores médios do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade para o ambiente externo e interior das instalações avaliadas, bem como as respectivas curvas ajustadas a partir dos dados. Os valores de ITGU foram máximos às 15:30 horas para o tratamento com ventilação lateral, às 16:00 horas para o com ventilação tipo túnel e às 16:00 horas para o ventilação natural. Estes dados concordam com TURCO (1993), TEIXEIRA (1995), SARTOR (1997) e SARTOR et al. (2003), que afirmaram que os valores de ITGU crescem até valores máximos entre 12:00 e 16:00 horas.

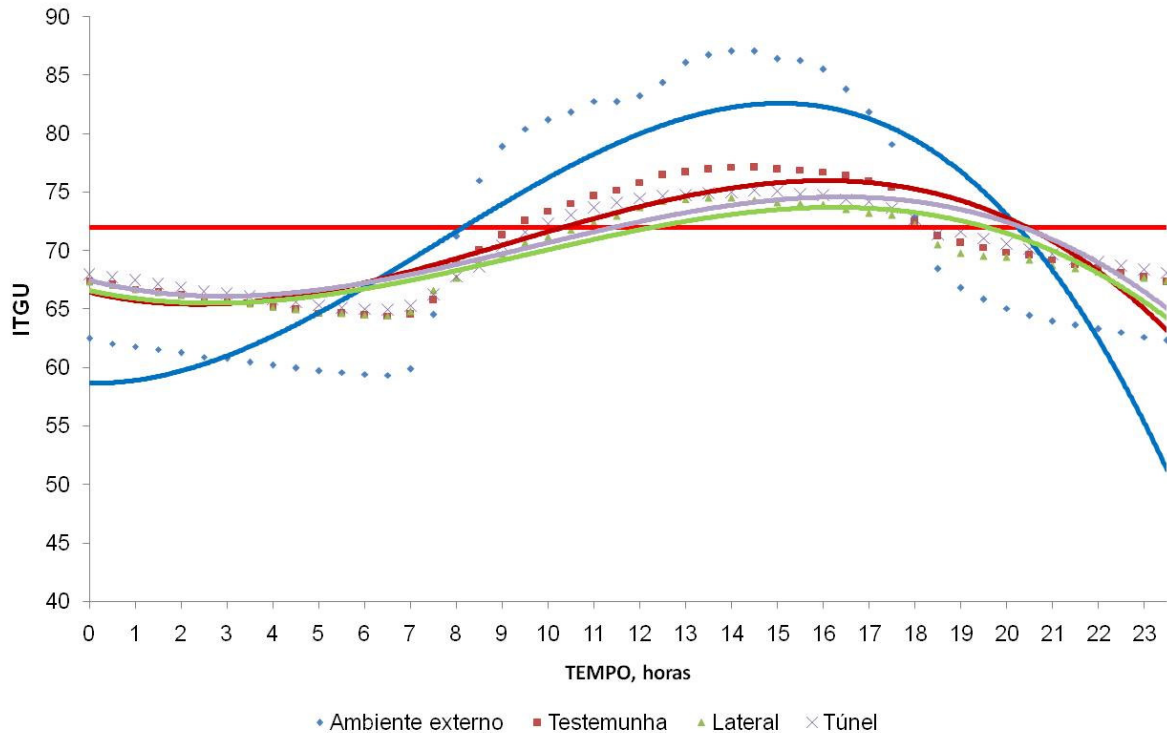


Figura 18. Representação gráfica das médias horárias do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos.

4.1.4 CTR

Na Tabela 10 estão apresentados os valores médios observados de CTR, em $W.m^{-2}$, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

De forma geral, não houve diferenças significativas entre os resultados de CTR entre os três tratamentos estudados. Estes resultados indicam que as variações do ITGU entre os tratamentos, observado no item anterior, deveu-se tão somente a diferenças de temperatura, umidade e velocidade do ar ambientes, uma vez que a carga térmica radiante envolvida foi praticamente a mesma para todos os tratamentos.

Comparando-se os dados relativos ao ambiente externo com os do interior dos galpões, pode-se verificar que os envoltórios foram capazes de reduzir a carga térmica sobre os animais em cerca de 24%, com ligeira vantagem para o tratamento com ventilação tipo túnel.

Tabela 10 – Médias de CTR, em $W.m^{-2}$, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
08:00	454	a	433	a	423	a	428	a
09:00	579	a	449	b	436	b	427	b
10:00	561	a	443	b	446	b	429	b
11:00	594	a	461	b	467	b	462	b
12:00	561	a	473	b	472	b	476	b
13:00	612	a	476	b	476	b	471	b
14:00	644	a	486	b	480	b	463	b
15:00	624	a	482	b	487	b	457	b
16:00	649	a	482	b	480	b	463	b
17:00	541	a	460	a	454	a	448	a
18:00	446	a	452	a	457	a	438	a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 19, pode-se observar o comportamento dos valores médios da Carga Térmica Radiante, CTR, em $W.m^{-2}$, para o ambiente externo e interior das instalações avaliadas, e as respectivas curvas ajustadas de acordo com os dados.

Pode-se verificar, na referida figura, segundo o modelo ajustado, que o maior valor de CTR do ambiente externo ocorreu às 14:00 horas, enquanto que do tratamento com ventilação natural às 15:00 horas, do tratamento com ventilação lateral às 15:00 horas e do tratamento com ventilação tipo túnel às 14:30 horas.

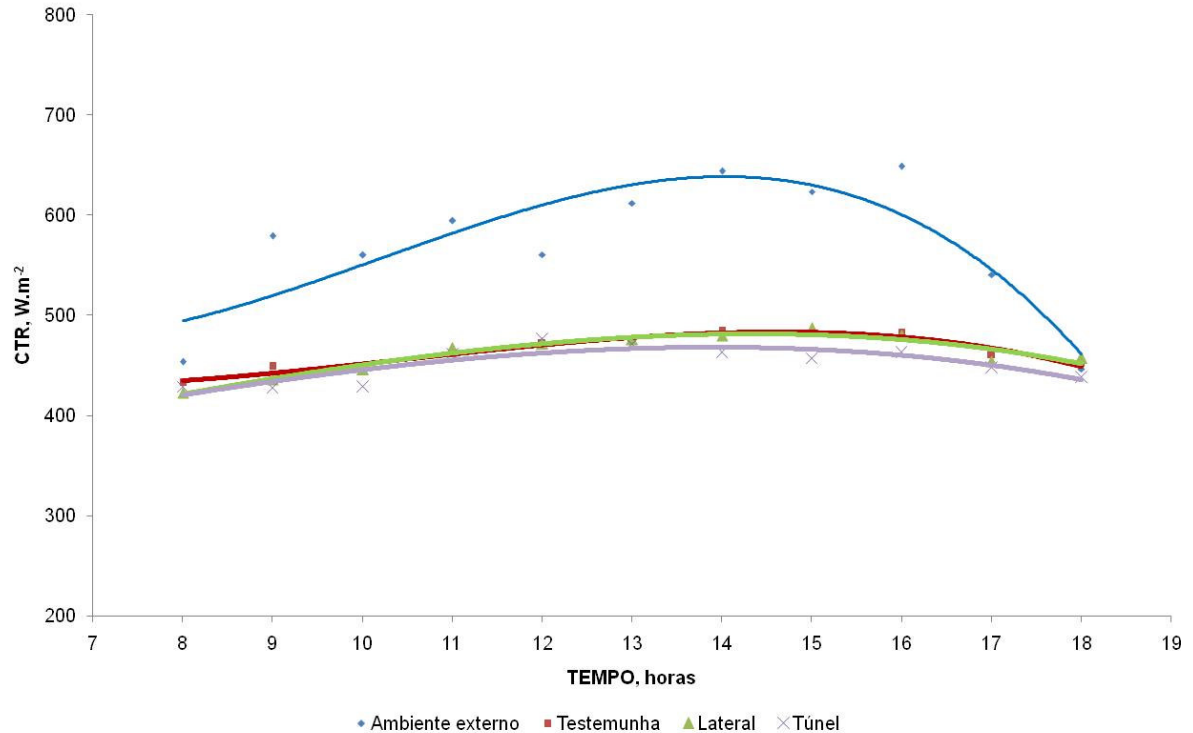


Figura 19. Representação gráfica das medias horárias da Carga Térmica Radiante, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos.

4.1.5 Desempenho do animal

Na Tabela 11 estão apresentados os valores médios de Ganho de Peso Diário, em kg, Consumo de Ração Diário, em kg, Conversão Alimentar, em kg.kg^{-1} e Peso Final, em kg, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT).

Como se pode observar no referido quadro, não houve diferença significativa para os parâmetros analisados entre os diferentes tratamentos. Contudo, verifica-se ligeiro melhor desempenho para o galpão composto com sistema VT, com Ganho de Peso Diário (GPD) de 0,779 kg, Consumo de Ração Diário (CRD) de 1,660 kg e Conversão Alimentar de 2,13. Embora os resultados de avaliação do ambiente térmico, com base no ITGU, tenham sido melhores para o tratamento VL. Possivelmente, isto ocorreu devido ao melhor controle da temperatura no galpão composto com sistema VT nos momentos mais frios do dia, durante o período noturno e principalmente nas primeiras semanas.

Tabela 11 – Valores médios de Ganho de Peso Diário, Consumo de Ração Diário, Conversão Alimentar, e Peso Final, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT), no período de 61 a 96 dias de vida dos suínos

Índices	Tratamentos		
	VN	VL	VT
Ganho de Peso Diário, kg	0,733 a	0,760 a	0,779 a
Consumo de Ração Diário, kg	1,597 a	1,653 a	1,660 a
Conversão Alimentar, kg.kg ⁻¹	2,18 a	2,17 a	2,13 a
Peso Final, kg	47,4 a	48,7 a	48,8 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os resultados deste experimento diferem daqueles encontrados por MANNO et al. (2005), quando avaliando suínos de 15 a 30 kg em ambiente térmico de conforto e ração à vontade, encontraram consumo de ração diário de 1,132 kg, ganho de peso diário de 0,664 kg e conversão alimentar de 1,70. Os resultados de MANNO et al. são melhores do que os deste experimento, provavelmente devido ao estresse por calor a que foram submetidos os animais no período diurno, conforme discutido quando da consideração da temperatura do ar e do ITGU.

4.2 Período de 97 a 131 dias de vida dos suínos

4.2.1 Temperatura

Na Tabela 12 estão apresentados os valores médios observados para a temperatura do ar, em °C, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

Em modo geral, os valores de temperatura do ar, dentro das instalações estiveram fora zona de termoneutralidade para suínos em terminação, tomando como base sugestões de SILVA (1999) que indica valores entre 16 e 18 °C para suínos entorno de 60 kg. Apenas a instalação com o Sistema de Ventilação Lateral (VL) alcançou um pequeno intervalo de tempo dentro da faixa de temperatura ótima, das 5:00 às 7:00 horas.

Os dois sistemas de condicionamento térmico avaliados, VT e VL, foram capazes de manter a temperatura interna das instalações, abaixo da temperatura crítica, segundo LEAL & NÄÄS (1992) e SILVA (1999) a temperatura crítica para suínos de 20 a 100 kg é de 27 °C. No sistema VN o limite de temperaturas críticas foi superado no intervalo entre 11:30 e 16:30 horas.

Nos períodos mais quentes do dia os valores de temperatura do ar foram de 26,2, 26,8 e 28,6 °C, para os sistemas VL, VT e VN, respectivamente. Os valores encontrados no sistema de ventilação natural, está de acordo com o encontrado por PAIANO et al. (2007), os quais avaliando o ambiente de instalações com lâmina d'água para suínos de 40 a 80 kg, onde encontraram as maiores temperaturas do ar na faixa de $24,8 \pm 3,2$ °C.

Tabela 12 – Médias de Temperatura do ar, em °C, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
00:00	14,4	c	20,4	a	19,5	b	20,9	a
00:30	14,3	c	20,3	a	19,4	b	20,7	a
01:00	14,2	c	20,0	ab	19,1	b	20,5	a
01:30	14,0	c	19,9	ab	19,0	b	20,4	a
02:00	13,9	c	19,7	a	18,7	b	20,3	a
02:30	13,7	c	19,7	a	18,6	b	20,2	a
03:00	13,5	c	19,4	ab	18,5	b	20,0	a
03:30	13,4	c	19,2	ab	18,4	b	19,9	a
04:00	13,2	c	19,0	b	18,3	b	19,7	a
04:30	13,1	c	18,9	ab	18,1	b	19,6	a
05:00	12,9	c	18,7	ab	17,9	b	19,5	a
05:30	12,9	c	18,7	ab	17,9	b	19,4	a
06:00	12,8	c	18,5	ab	17,7	b	19,3	a
06:30	12,8	c	18,5	ab	17,7	b	19,3	a
07:00	12,9	c	18,4	ab	17,7	b	19,3	a
07:30	16,1	c	19,3	ab	18,5	b	19,7	a
08:00	19,7	b	20,0	ab	19,5	b	20,8	a
08:30	21,9	a	20,9	c	21,0	bc	21,7	ab
09:00	23,9	a	22,2	b	22,4	b	22,5	b
09:30	26,0	a	23,7	b	23,8	b	23,4	b
10:00	27,5	a	24,7	b	24,4	b	25,0	b
10:30	28,7	a	25,7	b	25,0	b	25,4	b
11:00	29,5	a	26,4	b	25,0	c	26,0	b
11:30	30,2	a	27,0	b	25,3	c	26,5	b
12:00	30,8	a	27,6	b	25,2	d	26,4	c
12:30	31,2	a	28,1	b	25,1	d	26,3	c
13:00	31,4	a	28,1	b	25,5	d	26,3	bc
13:30	31,8	a	28,5	b	25,5	d	26,8	c
14:00	31,9	a	28,4	b	25,4	d	26,8	c
14:30	32,1	a	28,6	b	26,2	c	26,8	c
15:00	32,0	a	28,3	b	25,7	c	26,7	c
15:30	32,0	a	28,3	b	25,4	d	26,6	c
16:00	31,9	a	28,0	b	25,6	c	26,4	c
16:30	31,3	a	27,5	b	25,5	c	26,1	c

17:00	30,4	a	26,8	b	25,5	c	25,8	c
17:30	27,2	a	25,7	b	25,1	b	25,1	b
18:00	22,3	c	24,3	a	23,7	b	23,8	ab
18:30	20,8	c	23,3	a	22,6	b	23,1	ab
19:00	19,7	c	22,9	a	22,1	b	22,6	ab
19:30	18,9	c	23,0	a	21,8	b	22,3	b
20:00	18,3	c	22,8	ab	21,6	b	22,2	ab
20:30	17,9	c	22,5	a	21,3	b	22,1	a
21:00	17,4	c	22,3	a	21,1	b	21,9	a
21:30	16,8	c	22,1	a	20,9	b	21,8	a
22:00	16,0	c	21,7	a	20,5	b	21,7	a
22:30	15,5	c	21,4	a	20,2	b	21,6	a
23:00	15,1	c	21,1	a	19,9	b	21,4	a
23:30	14,7	c	20,7	a	19,7	b	21,1	a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 20, pode-se observar o comportamento das curvas correspondentes aos valores médios da temperatura do ar, em ° C, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas. As instalações, no geral, suavizaram as amplitudes térmicas imposta pelo ambiente, onde é verificado uma menor amplitude térmica para o Sistema de Ventilação tipo Túnel, com variação de apenas 7,5 °C, seguido pelo sistema de Ventilação Lateral, com 8,5 °C e o do Sistema de ventilação Natural, com amplitude térmica de 10,2 °C

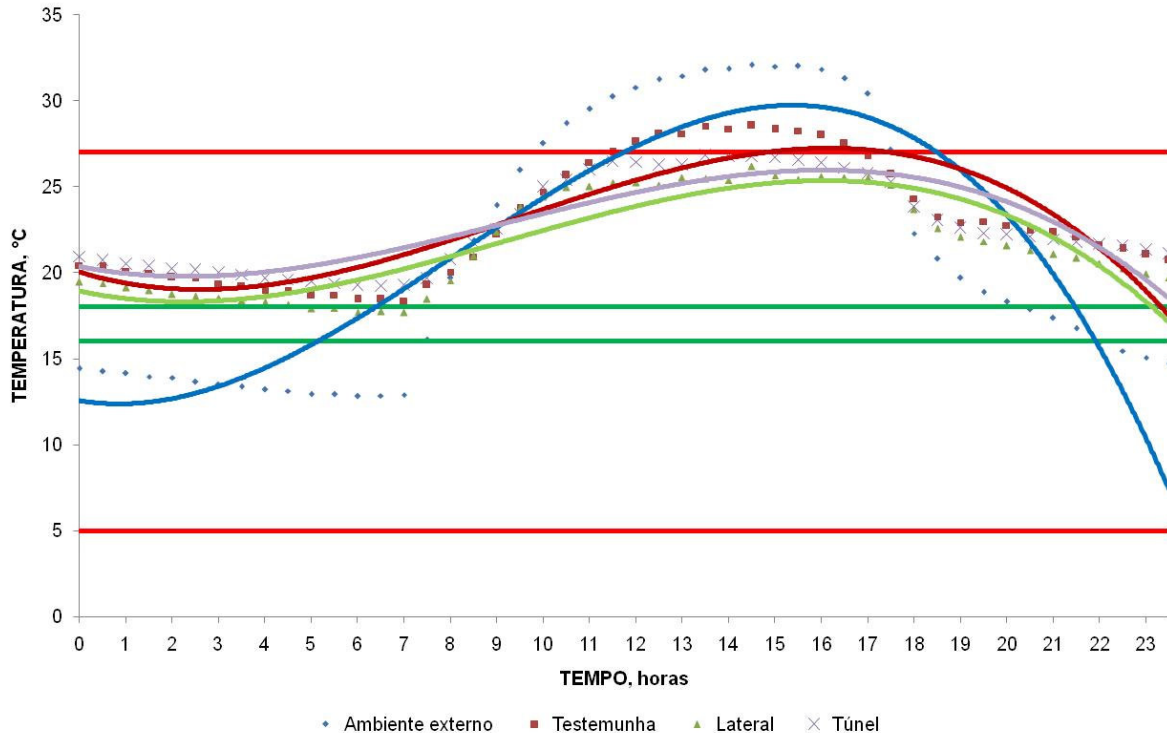


Figura 20. Representação gráfica das médias horárias da temperatura do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos.

4.2.2 Umidade

Na Tabela 13 estão apresentados os valores médios observados para a umidade relativa do ar, em %, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

As instalações equipadas com o Sistema de Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e Sistema de Ventilação Lateral (VL) mantiveram a Umidade Relativa fora dos padrões críticos para a produção de suínos, segundo LEAL & NÄÄS (1992) umidade abaixo de 40 % e acima dos 90% é crítico para o conforto dos suínos.

Na instalação com Ventilação Natural os animais ficaram submetidos a alto estresse no período de 13:30 às 16:00 horas, pois a umidade relativa alcançou valores abaixo do indicado por LEAL & NÄÄS (1992) como limite crítico, para a produção de suínos, que é de 40 %.

A instalação equipada com o sistema de VL proporcionou um período de tempo maior com a Umidade dentro da faixa ideal para a produção de suínos, ESMEY (1982), NÄÄS et al. (1995), SILVA (1999) e MOREIRA et al. (2003), recomendam de 50 a 70 %

para a produção de suínos em crescimento e terminação. Nos períodos entre 8:30 e 13:00 horas e entre 16:30 e 23:30 horas.

No período mais quente do dia os sistemas VT e VL, estiveram abaixo do ideal, contudo com valores bem próximos ao ideal, e acima do encontrado no sistema VN que esteve bem abaixo do ideal, entrando na zona crítica, isso se deve ao acionamento dos sistemas de nebulização nos sistemas VT e VL.

Tabela 13 – Médias de Umidade Relativa, em %, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
00:00	89	a	72	b	72	b	72	b
00:30	90	a	73	b	73	b	73	b
01:00	90	a	73	b	73	b	73	b
01:30	90	a	73	b	73	b	73	b
02:00	90	a	74	b	74	b	73	b
02:30	91	a	74	b	74	b	73	b
03:00	91	a	74	b	74	b	74	b
03:30	92	a	75	b	75	b	74	b
04:00	92	a	75	b	75	b	75	b
04:30	92	a	75	b	75	b	74	b
05:00	93	a	76	b	76	b	75	b
05:30	92	a	76	b	76	b	75	b
06:00	92	a	76	b	76	b	75	b
06:30	92	a	76	b	76	b	75	b
07:00	93	a	76	b	76	b	76	b
07:30	93	a	74	b	74	b	75	b
08:00	89	a	73	b	73	b	73	b
08:30	80	a	70	b	70	b	69	b
09:00	54	b	65	a	70	a	66	a
09:30	48	b	59	a	64	a	60	a
10:00	42	b	54	a	60	a	55	a
10:30	38	c	50	b	58	ab	53	a
11:00	36	c	48	b	56	ab	52	a
11:30	33	c	46	b	55	a	53	ab
12:00	31	c	43	b	52	a	50	ab
12:30	31	c	42	b	51	a	52	a
13:00	29	c	41	b	50	a	48	ab
13:30	29	c	40	b	49	a	52	a
14:00	27	c	40	b	49	a	49	a
14:30	28	c	39	b	48	a	45	ab
15:00	27	c	40	b	49	a	48	a
15:30	28	c	39	b	48	a	48	a
16:00	30	c	40	b	49	a	47	ab
16:30	36	c	42	bc	50	a	48	ab
17:00	42	b	46	ab	52	a	50	a

17:30	48	a	50	a	54	a	53	a
18:00	57	a	54	a	54	a	57	a
18:30	62	a	59	a	59	a	60	a
19:00	67	a	62	a	62	a	64	a
19:30	71	a	63	b	63	b	65	b
20:00	73	a	64	b	64	b	65	b
20:30	75	a	65	b	65	b	66	b
21:00	76	a	66	b	66	b	66	b
21:30	79	a	66	b	66	b	67	b
22:00	83	a	68	b	68	b	68	b
22:30	85	a	69	b	69	b	69	b
23:00	86	a	70	b	70	b	70	b
23:30	88	a	71	b	71	b	71	b

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 21, podemos observar o comportamento dos valores médios da umidade relativa do ar, em ° %, para o ambiente externo e interior das instalações avaliadas, e as respectivas curvas ajustadas. As instalações, no geral, suavizaram as variações da umidade relativa do ar imposta pelo ambiente, que teve variação diária de 66 %, variando de valores extremos de 27 a 93 %,

A amplitude é menor nos Sistema de Ventilação Negativa tipo Túnel e Sistema de Ventilação Lateral (VL), em função da umidade incorporada nos períodos mais quentes do dia pelo acionamento dos nebulizadores.

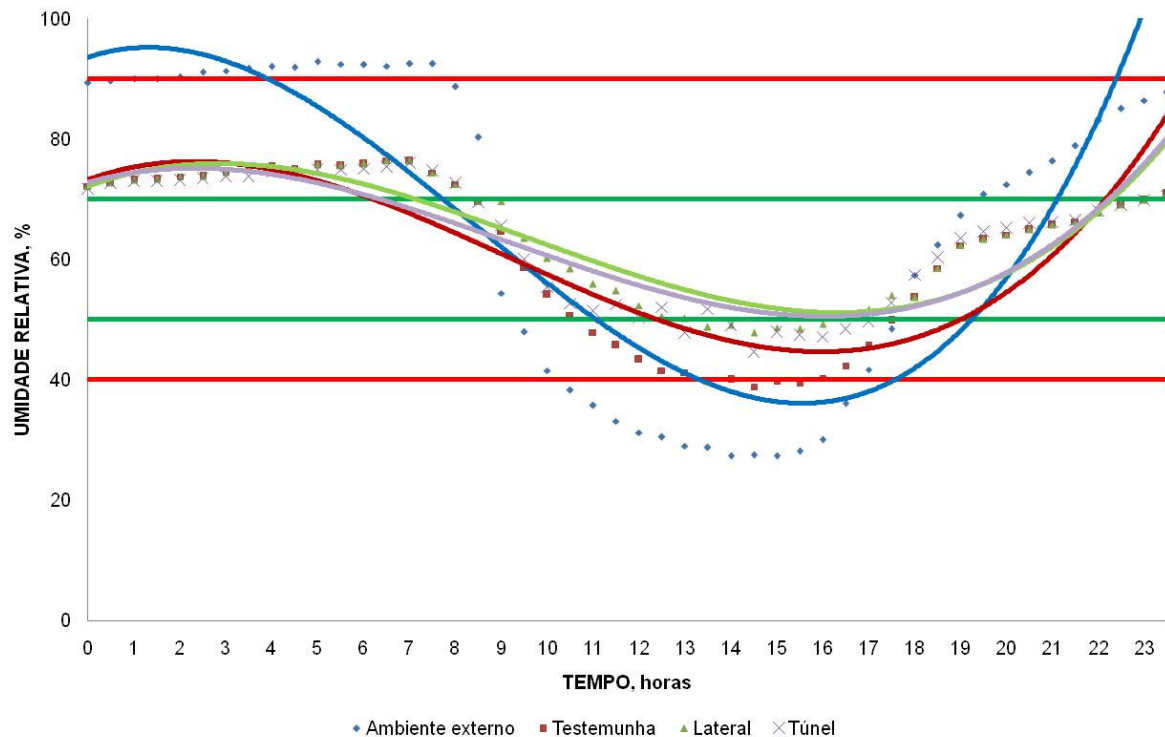


Figura 21. Representação gráfica das médias horárias da Umidade Relativa do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos.

4.2.3 ITGU

Na Tabela 14 estão apresentados os valores médios observados para o Índice de Temperatura de Globo negro e Umidade, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

Observa-se que o Sistema de Ventilação Lateral propiciou, com base no ITGU, o ambiente confortável para os animais, pois apenas no horário das 17:30 alcançando o valor de 73 para o ITGU, pois, segundo TURCO (1997) valores acima de 72 é indicativo de estresse para suínos. Este comportamento está de acordo com o encontrado por PAULO (2003), quando avaliando o ambiente térmico de suínos de 50 a 75 kg, em intervalos de hora em hora, o qual encontrou os maiores valores de ITGU às 17:00 horas.

Para o Sistema de Ventilação Negativa tipo Túnel, nos horários entre as 11:00 e 17:30 horas, foram encontrados valores superiores ao indicado como limite para o ITGU. O sistema com ventilação natural foi o sistema com mais tempo que os animais ficaram sobre estresse, das 9:30 às 17:30 horas.

Tabela 14 – Médias de ITGU para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
00:00	62	b	68	a	67	a	68	a
00:30	62	b	68	a	67	a	68	a
01:00	62	b	68	a	67	a	68	a
01:30	61	b	68	a	67	a	67	a
02:00	61	b	67	a	66	a	67	a
02:30	61	b	67	a	66	a	67	a
03:00	61	b	67	a	66	a	67	a
03:30	61	b	67	a	66	a	67	a
04:00	60	b	67	a	66	a	66	a
04:30	60	b	66	a	66	a	66	a
05:00	60	b	66	a	66	a	66	a
05:30	60	b	66	a	66	a	66	a
06:00	60	b	66	a	65	a	66	a
06:30	60	b	66	a	65	a	66	a
07:00	60	b	66	a	65	a	66	a
07:30	61	b	67	a	67	a	67	a
08:00	65	b	68	a	69	a	68	a
08:30	68	a	69	a	69	a	69	a
09:00	71	a	70	a	69	a	70	a
09:30	73	a	71	ab	70	b	71	a
10:00	75	a	72	ab	71	b	72	a
10:30	76	a	73	b	71	b	72	ab
11:00	76	a	74	b	72	b	73	b
11:30	77	a	74	b	72	c	73	b
12:00	77	a	75	ab	72	c	73	b
12:30	77	a	75	ab	72	c	73	bc
13:00	77	a	75	ab	72	c	73	bc
13:30	78	a	76	ab	72	c	73	bc
14:00	78	a	76	a	72	b	73	bc
14:30	78	a	76	b	72	c	73	bc
15:00	77	a	75	a	72	b	73	b
15:30	78	a	75	b	72	c	73	c
16:00	77	a	75	a	72	b	73	b
16:30	76	a	75	a	72	b	73	c
17:00	75	a	74	a	72	b	73	b
17:30	73	a	74	a	73	a	73	b
18:00	70	c	72	a	71	bc	72	b
18:30	69	c	71	a	70	b	71	a*
19:00	67	c	71	a	69	b	70	ab
19:30	67	c	71	a	69	b	70	a
20:00	66	c	71	a	69	b	69	ab
20:30	66	c	70	a	69	b	69	b

21:00	65	c	70	a	69	b	69	b
21:30	64	c	70	a	68	b	69	b
22:00	64	c	70	a	68	b	69	b
22:30	63	b	69	a	68	a	69	ab
23:00	63	b	69	a	68	a	68	ab
23:30	62	b	68	a	67	a	68	a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 22 pode-se observar o comportamento dos valores médios do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas, e as respectivas curvas de tendências. Nota-se que o crescimento dos valores de ITGU é suavizado pelos dois sistemas de ventilação, enquanto no ambiente externo e no sistema de ventilação natural, crescem substancialmente, até os valores máximos, durante o intervalo das 13:30 às 14:30 horas, alcançando valores bem acima dos 72, indicado como limitante para criação de suínos por TURCO (1997). Nestes horários os valores ficaram entre como 76 e 78, respectivamente para o sistema de Ventilação Natural e o Ambiente externo as instalações.

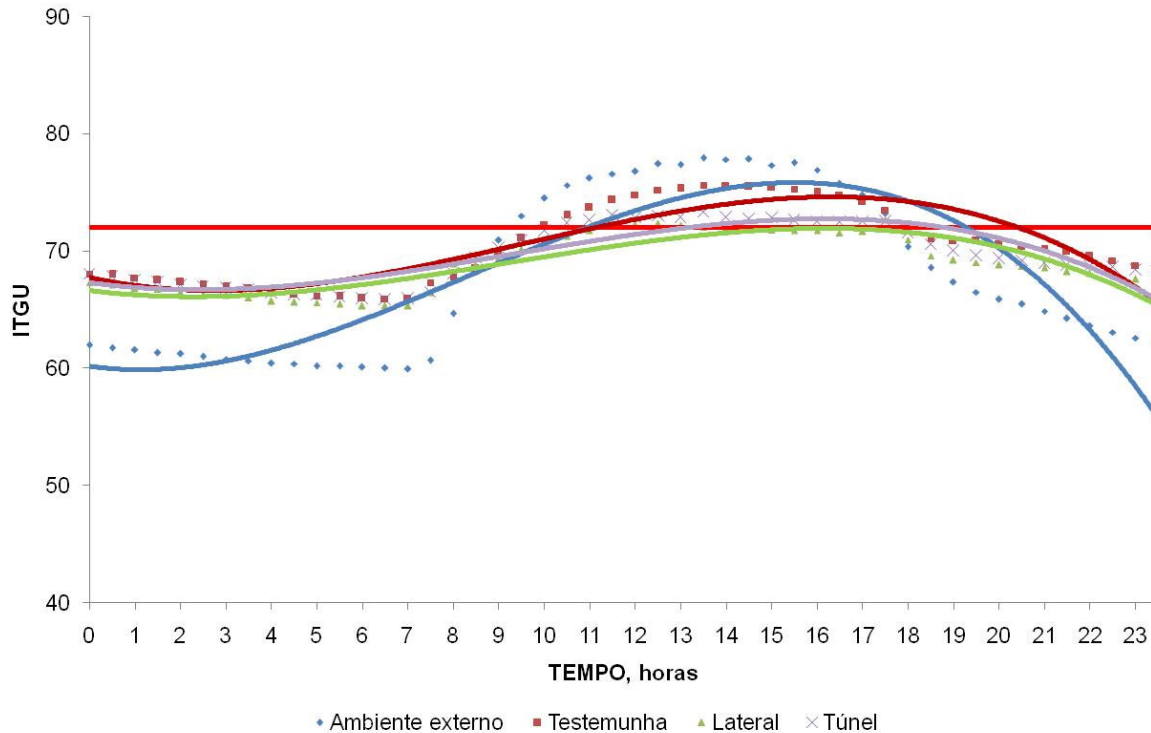


Figura 22. Representação gráfica das médias horárias do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos.

4.2.4 CTR

Na Tabela 15 estão apresentados os valores médios observados para a CTR, em $W.m^{-2}$, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

Foi observado variações de 470 a 785 $W.m^{-2}$ para o ambiente externo, de 431 a 564 $W.m^{-2}$ para a instalação com o sistema de Ventilação Natural (VN) 419 a 583 $W.m^{-2}$ para a instalação com sistema de Ventilação Lateral (VL) e 398 a 558 $W.m^{-2}$ para a instalação com sistema de Ventilação tipo Túnel (VT).

Comparando-se os dados relativos ao ambiente externo com os do interior dos galpões, pode-se verificar que os envoltórios foram capazes de reduzir a carga térmica sobre os animais de 24,4 % para o sistema VN, 27,1 para o sistema VL e 30,8 % para o sistema VT.

Tabela 15 – Médias de CTR, em $W.m^{-2}$, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
08:00	470	a	431	a	419	a	398	a
09:00	638	a	464	b	439	b	427	b
10:00	785	a	564	b	482	b	488	b
11:00	733	a	558	b	503	b	507	b
12:00	672	a	553	ab	555	ab	514	b
13:00	747	a	554	b	570	b	552	b
14:00	686	a	555	a	583	a	558	a
15:00	695	a	553	b	543	b	542	b
16:00	664	a	540	ab	550	b	525	b
17:00	599	a	508	a	523	a	495	a
18:00	475	a	452	a	478	a	471	a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 21, pode-se observar o comportamento dos valores médios da Carga Térmica Radiante, CTR, em $W.m^{-2}$, para o ambiente externo e interior das instalações avaliadas, e as respectivas curvas ajustadas de acordo com os dados observados .

Com base no melo ajustado, no ambiente externo ocorre elevação de CTR de forma acentuada até alcançar valores máximos por volta das 11:30 horas, quando volta a decrescer. Comportamento semelhante se deu no interior das instalações, contudo, com magnitude bastante menor, o sistema VN alcançou valor máximo as 12:30 horas, o sistema VL as 14:30 e o sistema VT as 14:00 horas.

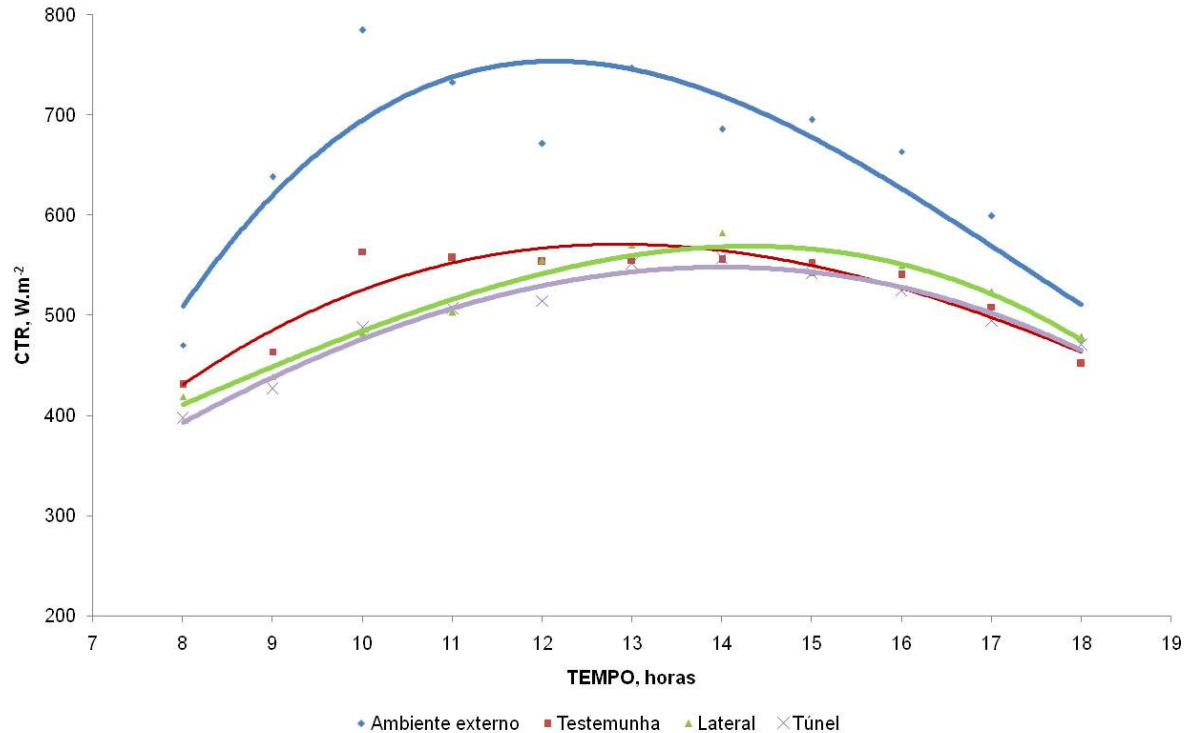


Figura 23. Representação gráfica das médias horárias da Carga Térmica Radiante do ambiente externo e do interior das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos.

4.2.5 Desempenho do animal

Na Tabela 16 estão apresentados os valores médios de Ganho de Peso Diário, em kg, Consumo de Ração Diário, em kg, Conversão Alimentar, em kg.kg^{-1} e Peso Final, em kg, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT).

Como se pode observar, no referido quadro, não houve diferença significativa para os parâmetros analisados. Contudo, verifica-se melhor desempenho para o sistema VL, com Ganho de Peso Diário (GPD) de 1,049 kg, Consumo de Ração Diário (CRD) de 2,621 kg e Conversão Alimentar de 2,50. Possivelmente, devido ao melhor resultado deste sistema quando avaliado o ambiente térmico das três instalações, com base no ITGU, Temperatura do Ar.

Embora o desempenho do galpão composto com sistema VT, não tenha diferenciado significativamente, os resultados ficaram abaixo do galpão composto com sistema VL, com Ganho de Peso Diário (GPD) de 0,994 kg, Consumo de Ração Diário (CRD) de 2,552 kg e Conversão Alimentar de 2,57. Possivelmente, devido maior

dificuldade de manejo, principalmente no controle visual das baias e do acúmulo de poeira nas baias mais próximas aos exaustores. Os poluentes do ar como gases, partículas e íons são responsáveis pelo baixo desempenho e má saúde animal. O trato respiratório é o principal alvo dos poluentes do ar, além disso, certos elementos podem alcançar o sangue e afetar diretamente o metabolismo. Poeiras são substâncias que agredem os tecidos das vias aéreas (nariz, garganta, e laringe), os pulmões e os olhos, podendo provocar sérias lesões, como também expor o organismo à ação de microrganismos patológicos. A poeira e gotículas também servem de veículo para microrganismos que podem prejudicar a saúde do trato respiratório (CURTIS, 1983).

Tabela 16 – Valores médios de Ganho de Peso Diário, Consumo de Ração Diário, Conversão Alimentar, e Peso Final, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT), no período de 97 a 131 dias de vida dos suínos

Índices	Tratamentos		
	VN	VL	VT
Ganho de Peso Diário, kg	0,986 a	1,049 a	0,994 a
Consumo de Ração Diário, kg	2,580 a	2,621 a	2,552 a
Conversão Alimentar, kg.kg ⁻¹	2,62 a	2,50 a	2,57 a
Peso Final, kg	81,9 a	85,4 a	83,6 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores diferem dos encontrados por CARVALHO et al. (2004), quando avaliando suínos de 50 a 95,6 kg em ambiente térmico com nebulização e ventilação forçada e ração à vontade, encontraram consumo de ração diário de 2,65 kg, ganho de peso diário de 0,818 kg e conversão alimentar de 3,21, o resultado encontrado foi melhor quando comparado o consumo de ração, contudo, inferior ao comparar o ganho de peso e conversão alimentar.

4.3 Período de 132 dias de vida até o abate dos suínos

4.3.1 Temperatura

Na Tabela 17 estão apresentados os valores médios observados para a temperatura do ar, em °C, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

Nota-se que o Sistema de Ventilação tipo Túnel (VT) não foi capaz de manter a temperatura na faixa de conforto pra os animais, segundo SILVA (1999) a faixa de

temperatura para suínos de 60 a 100 kg é entre 12 e 18 °C. Contudo, este sistema foi eficiente em manter a temperatura da instalação abaixo da temperatura crítica superior, segundo LEAL & NÃÃS (1992) e SILVA (1999) a temperatura de 27 ° C é considerada crítica para suínos em terminação. O sistema alcançou a temperatura máxima de 25,7 ° C, às 13:30 e 16:00 horas.

O Sistema de Ventilação Lateral (VL) foi o mais eficiente em manter a temperatura interna da instalação dentro da faixa recomendada, durante o intervalo de tempo das 00:30 às 08:00 horas. O sistema também foi eficiente em manter a instalação com temperatura abaixo da crítica superior para os suínos, alcançando o valor máximo de temperatura às 14:00 horas, de 26,5 ° C.

O Sistema de Ventilação Natural manteve a temperatura interna da instalação dentro da faixa recomendada, durante o intervalo de tempo de 01:30 às 07:30 horas. Contudo, o sistema não foi capaz de manter a instalação com temperatura abaixo da crítica superior, durante o intervalo de 12:00 às 16:00 horas a temperatura interna foi superior aos 27 ° C.

A redução da temperatura nos momentos mais quentes do dia, para os sistemas Ventilação Túnel e Ventilação Lateral, em relação ao sistema de Ventilação Natural, foram de 4,5 e 3,5 °C, respectivamente. Segundo TINÔCO e GATES (2005) as formas mais eficientes de resfriamento do ar possibilitam uma redução de 6 °C, para condições brasileiras.

Tabela 17 – Médias de temperatura do ar, °C, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
00:00	14,9	c	18,7	ab	18,2	b	19,7	a
00:30	14,6	c	18,4	ab	17,9	b	19,6	a
01:00	14,4	c	18,2	ab	17,7	b	19,4	a
01:30	14,1	c	17,9	b	17,5	b	19,3	a
02:00	13,7	c	17,7	b	17,3	b	19,2	a
02:30	13,3	c	17,3	b	17,0	b	19,1	a
03:00	13,1	c	17,1	b	16,8	b	18,9	a
03:30	12,9	c	17,1	b	16,7	b	18,9	a
04:00	12,7	c	16,8	b	16,5	b	18,8	a
04:30	12,6	c	16,5	b	16,5	b	18,6	a
05:00	12,5	c	16,4	b	16,5	b	18,5	a
05:30	12,4	c	16,2	b	16,3	b	18,5	a
06:00	12,2	c	16,0	b	15,8	b	18,3	a
06:30	12,0	c	15,9	b	15,9	b	18,3	a

07:00	12,0	c	15,9	b	15,9	b	18,2	a
07:30	13,2	c	16,6	b	16,7	b	18,4	a
08:00	15,8	c	18,4	ab	18,0	b	19,4	a
08:30	19,5	b	18,0	a	20,0	a	20,2	a
09:00	21,8	b	19,8	a	21,7	a	21,4	a
09:30	23,8	b	21,3	a	23,1	a	22,5	a
10:00	25,4	a	23,8	b	24,2	ab	23,4	b
10:30	26,5	a	24,8	b	24,1	b	24,0	b
11:00	27,7	a	25,8	b	24,3	bc	23,9	c
11:30	28,6	a	26,7	b	24,7	c	24,3	c
12:00	29,2	a	27,3	b	25,0	c	24,7	c
12:30	29,7	a	27,8	b	25,4	c	25,4	c
13:00	30,2	a	28,2	b	25,8	c	24,9	c
13:30	30,5	a	28,6	b	26,2	c	25,0	c
14:00	30,9	a	29,0	b	26,5	c	24,8	d
14:30	31,1	a	29,8	a	26,4	b	25,4	b
15:00	31,2	a	29,9	a	26,4	b	25,5	b
15:30	30,8	a	29,5	a	26,0	b	25,7	b
16:00	30,0	a	28,2	b	26,2	c	25,7	c
16:30	28,2	a	26,5	b	24,2	c	24,0	c
17:00	26,6	a	25,0	b	23,7	b	24,0	b
17:30	24,5	a	24,2	ab	22,9	ab	24,0	b
18:00	21,6	a	22,6	ab	22,6	ab	23,2	b
18:30	19,9	a	23,2	a	22,3	a	23,2	b
19:00	18,6	a	22,1	a	22,1	a	22,1	b
19:30	17,7	a	21,5	a	21,4	a	21,6	b
20:00	17,1	a	20,9	a	20,9	a	21,3	b
20:30	16,5	a	20,6	a	20,5	a	21,0	b
21:00	15,9	a	20,2	a	20,1	a	20,8	b
21:30	15,4	a	19,9	a	19,6	a	20,5	b
22:00	14,8	a	19,6	a	19,3	a	20,4	b
22:30	14,4	b	19,4	a	19,1	a	20,1	a
23:00	13,8	c	19,0	ab	18,7	b	20,0	a
23:30	13,5	c	18,6	b	18,3	b	19,8	a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 24 pode-se observar o comportamento das curvas correspondentes aos valores médios da temperatura do ar, em °C, para o ambiente externo e interior das instalações avaliadas. Verifica-se menor amplitude térmica para o Sistema de Ventilação tipo Túnel, com variação de apenas 7,5 °C, seguido pelo sistema de ventilação Lateral, com 10,6 °C e o do Sistema de ventilação Natural, com amplitude térmica de 14,0 °C, isso se deve ao efeito de arrefecimento térmico proporcionado pelos dois sistemas de ventilação artificial.

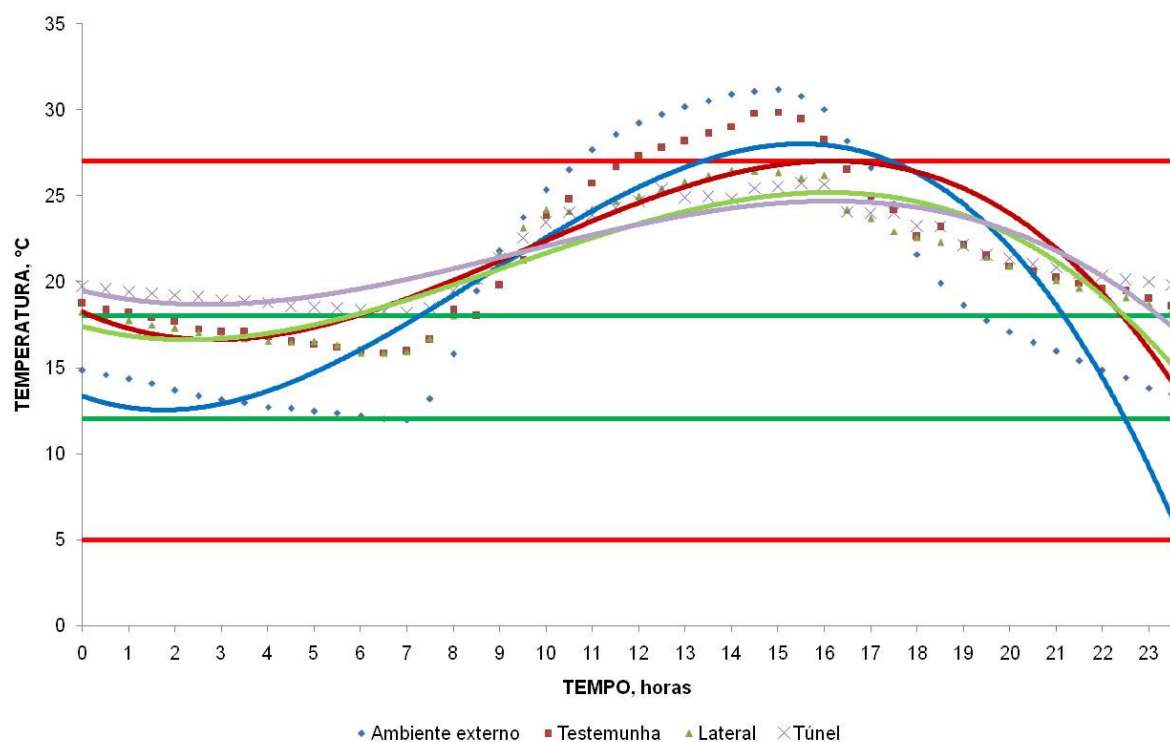


Figura 24. Representação gráfica das médias horárias da temperatura do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos.

4.3.2 Umidade

Na Tabela 18 estão apresentados os valores médios observados para a umidade relativa do ar, em %, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

As instalações equipadas com o Sistema de Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e Sistema de Ventilação Lateral (VL) mantiveram a Umidade Relativa fora dos padrões críticos para a produção de suínos, segundo LEAL & NÄÄS (1992) umidade abaixo de 40 % e acima dos 90% é crítico para o conforto dos suínos.

Na instalação com Ventilação Natural os animais ficaram submetidos a alto estresse no período de 11:30 às 17:00 horas, pois a umidade relativa alcançou valores abaixo do indicado por LEAL & NÄÄS (1992) como limite crítico para a produção de suínos, que é de 40 %.

A instalação equipada com o sistema de VT proporcionou um período de tempo maior com a Umidade dentro da faixa ideal para a produção de suínos, ESMEY (1982),

NÄÄS et al. (1995), SILVA (1999) e MOREIRA et al. (2003), recomendam de 50 a 70 % para a produção de suínos em crescimento e terminação. Nos períodos entre 00:30 e 5:00 horas, 8:30 às 14:00 e entre 18:00 e 23:30 horas.

No período mais quente do dia os sistemas VT e VL, estiveram abaixo do ideal, contudo com valores bem próximos ao ideal, e acima do encontrado no sistema VN que esteve bem abaixo do ideal, entrando na zona crítica, isso se deve ao acionamento dos sistemas de nebulização nos sistemas VT e VL.

Tabela 18 – Médias de Umidade Relativa do ar, em %, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
00:00	76	a	64	b	63	b	64	b
00:30	77	a	66	b	65	b	66	b
01:00	78	a	67	b	66	b	66	b
01:30	79	a	67	b	67	b	66	b
02:00	81	a	68	b	67	b	67	b
02:30	83	a	69	b	68	b	67	b
03:00	83	a	70	b	69	b	68	b
03:30	85	a	71	b	71	b	69	b
04:00	86	a	72	b	72	b	70	b
04:30	86	a	72	b	73	b	70	b
05:00	86	a	73	b	72	b	70	b
05:30	87	a	73	b	73	b	71	b
06:00	88	a	74	b	75	b	71	b
06:30	88	a	75	b	75	b	72	b
07:00	88	a	75	b	76	b	72	b
07:30	89	a	72	b	73	b	72	b
08:00	85	a	71	b	69	b	70	b
08:30	65	a	66	b	67	b	67	b
09:00	57	b	60	ab	66	a	63	ab
09:30	49	b	54	ab	62	a	61	a
10:00	43	b	48	b	60	a	58	a
10:30	38	c	44	bc	60	a	51	b
11:00	34	b	41	b	60	a	54	a
11:30	30	b	37	b	56	a	52	a
12:00	28	b	35	b	52	a	53	a
12:30	26	b	33	b	50	a	46	a
13:00	25	b	32	b	48	a	51	a
13:30	23	b	29	b	48	a	51	a
14:00	22	b	29	b	47	a	54	a
14:30	21	b	29	b	47	a	47	a
15:00	21	b	29	b	48	a	48	a
15:30	22	c	31	b	48	a	45	a

16:00	22	c	31	b	48	a	47	a
16:30	24	b	32	b	50	a	49	a
17:00	26	b	35	b	49	a	47	a
17:30	29	c	40	b	49	a	46	ab
18:00	36	b	44	a	49	a	51	a
18:30	41	b	49	a	50	a	53	a
19:00	46	b	53	a	53	a	56	a
19:30	58	a	55	a	54	a	58	a
20:00	60	a	57	a	55	a	59	a
20:30	63	a	58	a	57	a	60	a
21:00	65	a	59	a	58	a	61	a
21:30	66	a	60	ab	60	b	62	ab
22:00	69	a	61	b	61	b	63	ab
22:30	71	a	62	b	62	b	63	b
23:00	73	a	64	b	63	b	65	b
23:30	74	a	65	b	64	b	65	b

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 25, podemos observar o comportamento dos valores médios da umidade relativa do ar, em ° %, para o ambiente externo e interior das instalações avaliadas, e as respectivas curvas de tendências.

As instalações, no geral, suavizaram as variações da umidade relativa do ar imposta pelo ambiente, que teve variações diárias de 68 %, variando de valores extremos de 21 a 89 %, valores que proporcionariam estresse aos animais.

Nos horários mais quentes do dia a umidade relativa se encontra nos valores mais baixos do dia, nota-se aumento da umidade nos sistemas VT e VL, nestes momentos, em função do acionamento da nebulização.

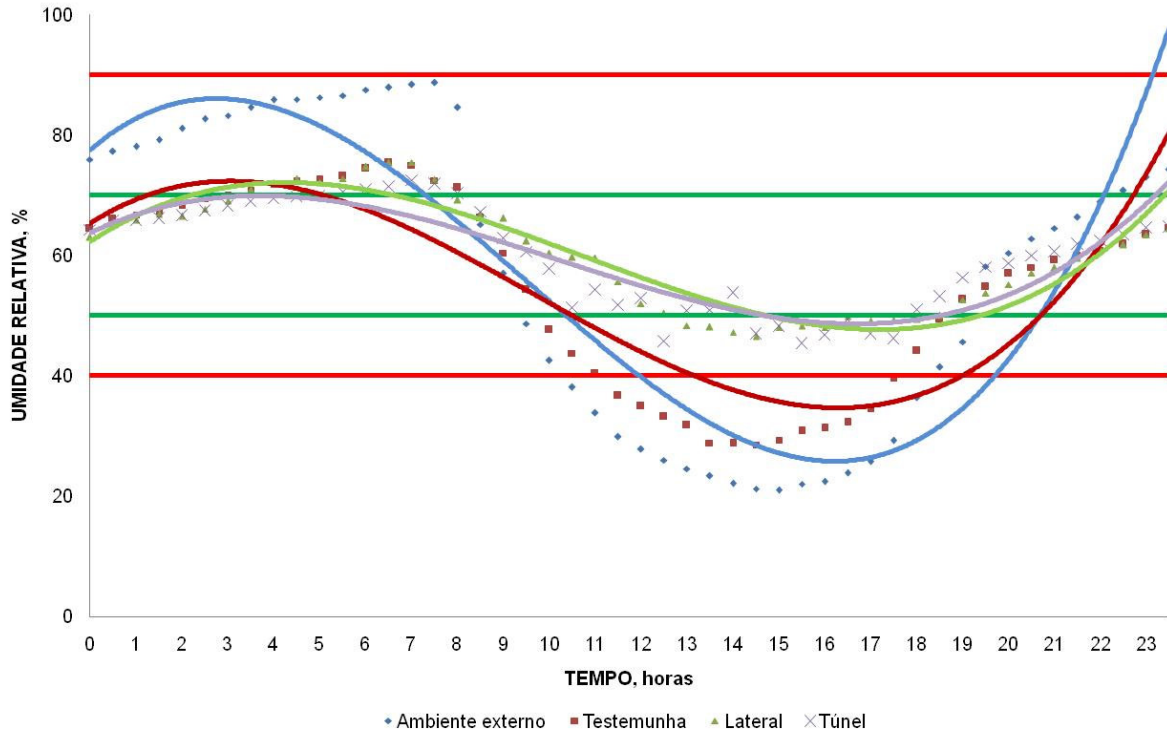


Figura 25. Representação gráfica das médias horárias da Umidade Relativa do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos.

4.3.3 ITGU

Na Tabela 19 estão apresentados os valores médios observados para o Índice de Temperatura de Globo negro e Umidade, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas. TURCO (1997) sugere que valores acima 72 para o ITGU é indicativo de estresse para suínos em crescimento e terminação. Assim, com base no ITGU, o sistema com Ventilação Lateral (VL) e o sistema com Ventilação tipo Túnel (VT) foram eficientes na manutenção do conforto para os animais, com ligeira vantagem para o VT. No sistema VL, no intervalo das 12:00 às 17:00, chegou-se a valores de ITGU no limite de 72. Enquanto o sistema de Ventilação Natural (VN) atingiu valores superiores ao limite máximo das 10:30 às 17:30, submetendo os animais ao estresse.

Tabela 19 – Médias de ITGU para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos

Tempo	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
00:00	61	c	67	a	64	b	66	a
00:30	61	c	66	a	64	b	66	a
01:00	61	c	66	a	64	b	66	a
01:30	61	c	66	a	64	b	66	a
02:00	60	c	66	a	64	b	65	a
02:30	60	c	65	a	63	b	65	a
03:00	60	c	65	a	63	b	65	a
03:30	59	c	65	a	63	b	65	a
04:00	59	c	65	a	63	b	65	a
04:30	59	c	64	ab	63	b	65	a
05:00	59	c	64	ab	63	b	65	a
05:30	59	c	64	ab	63	b	65	a
06:00	59	c	64	ab	62	b	65	a
06:30	58	c	64	ab	62	b	65	a
07:00	58	c	64	ab	63	b	65	a
07:30	59	b	65	a	65	a	65	a
08:00	61	b	66	a	67	a	66	a
08:30	63	b	67	a	67	a	67	a
09:00	66	c	69	a	68	bc	68	ab
09:30	68	b	70	a	68	b	69	ab
10:00	70	a	71	a	69	b	70	a
10:30	73	a	72	ab	69	c	71	b
11:00	74	a	73	a	70	c	71	b
11:30	75	a	74	a	70	c	71	b
12:00	76	a	74	a	72	b	71	c
12:30	76	a	75	a	72	b	71	b
13:00	76	a	75	a	72	b	70	b
13:30	77	a	76	a	72	b	71	c
14:00	77	a	76	a	72	b	71	c
14:30	77	a	76	a	72	b	71	b
15:00	77	a	76	a	72	b	71	c
15:30	77	a	76	b	72	b	71	d
16:00	77	a	75	b	72	c	70	d
16:30	76	a	75	b	72	c	70	d
17:00	76	a	75	a	72	c	70	c
17:30	73	a	74	a	71	b	71	b
18:00	70	b	73	a	70	b	71	b
18:30	69	c	72	a	68	c	70	b
19:00	67	c	71	a	68	c	69	b
19:30	66	c	70	a	67	bc	68	b
20:00	66	c	69	a	66	bc	68	b
20:30	65	c	69	a	66	bc	68	ab
21:00	65	c	69	a	66	bc	67	ab
21:30	64	c	68	a	66	b	67	a
22:00	64	c	68	a	65	b	67	a
22:30	63	c	68	a	65	b	67	a

23:00	62	c	67	a	65	b	66	ab
23:30	62	c	67	a	65	b	66	a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na Figura 26, pode-se observar o comportamento dos valores médios do Índice de Temperatura de Globo negro e Umidade, para o ambiente externo e interior das instalações avaliadas, e as respectivas curvas de tendências. Os valores de ITGU crescem substancialmente, até os valores máximos, durante o intervalo das 12:00 às 17:00 horas para Ventilação Lateral e das 13:30 às 15:30 horas para Ventilação Natural. Comportamento semelhante aos encontrados por TURCO (1993), TEIXEIRA (1995), SARTOR (1997) e SARTOR et al. (2003).

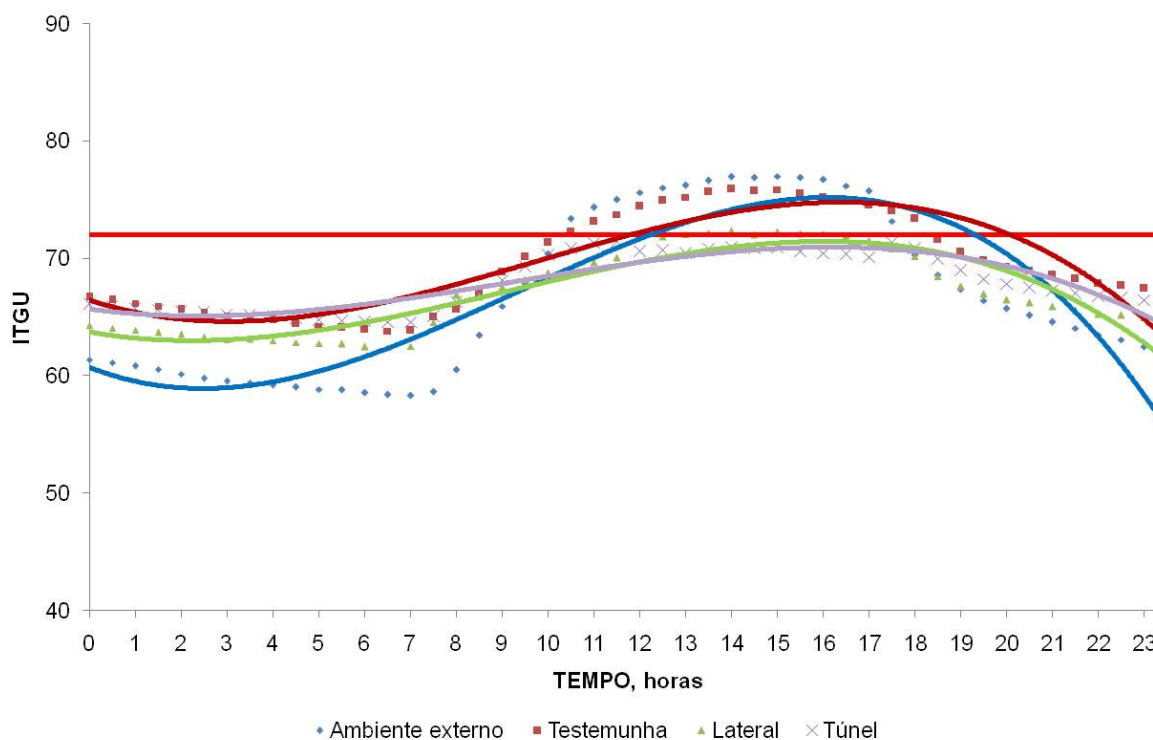


Figura 26. Representação gráfica das médias horárias da temperatura do ar, do ambiente externo e interno das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos.

4.3.4 CTR

Na Tabela 20 estão apresentados os valores médios observados para a CTR, em $W.m^{-2}$, para o ambiente externo e interno das instalações avaliadas.

Foi observado variações de 390 a 592 $W.m^{-2}$ para o ambiente externo, de 421 a 505 $W.m^{-2}$ para a instalação com o sistema de Ventilação Natural (VN), 436 a 516 $W.m^{-2}$ para a instalação com sistema de Ventilação Lateral (VL) e 433 a 498 $W.m^{-2}$ para a instalação com sistema de Ventilação tipo Túnel (VT).

Comparando se ao ambiente externo houve redução média na CTR de 10,2 % para o sistema VN, 11,2 % para o sistema VL e 13,5 % para o sistema VT, o que contraria resultados encontrados por BACCARI JUNIOR (2001).

Tabela 20 – Médias de CTR, em $W.m^{-2}$, para os tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL), Ventilação negativa tipo Túnel (VT) e do Ambiente Externo (AE), em função do horário, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos

Horas	Ambiente Externo		Ventilação Natural		Ventilação Lateral		Ventilação Túnel	
08:00	390	b	421	a	436	a	433	a
09:00	443	b	455	a	449	a	436	a
10:00	471	a	471	a	455	a	470	a
11:00	565	a	487	b	492	b	459	b
12:00	585	a	495	b	516	b	498	b
13:00	596	a	494	b	490	b	498	b
14:00	592	a	505	b	491	b	486	b
15:00	573	a	492	b	492	b	460	b
16:00	585	a	496	b	465	b	476	b
17:00	589	a	497	b	487	b	466	b
18:00	461	a	472	a	469	a	460	a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Figura 27, podemos observar o comportamento dos valores médios da Carga Térmica Radiante, CTR, em $W.m^{-2}$, para o ambiente externo e interior das instalações avaliadas, e as respectivas curvas de tendências.

Pode-se verificar, segundo o modelo ajustado, que o no ambiente externo ocorre elevação de CTR até alcançar valores máximos as 14:30, quando volta a decrescer. Para o sistema VN o valor máximo foi as 14:00 horas, para o sistema VL as 14:00 horas e para o sistema VT as 13:30

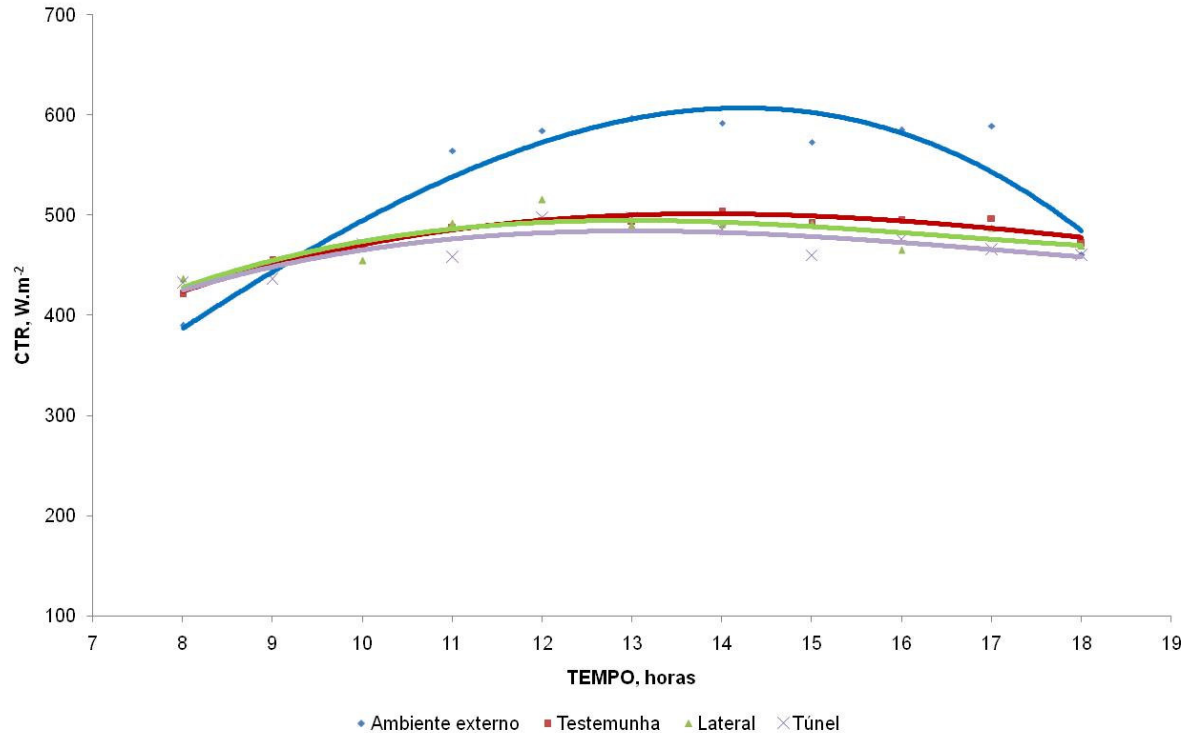


Figura 27. Representação gráfica das médias horárias da Carga Térmica Radiante do ambiente externo e do interior das instalações com ventilação natural, ventilação lateral e ventilação túnel, bem como das respectivas curvas ajustadas, no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos.

4.3.5 Desempenho do animal

Na Tabela 21 estão apresentados os valores médios de Ganho de Peso Diário, em kg, Consumo de Ração Diário, em kg, Conversão Alimentar, em kg.kg^{-1} e Peso Final, em kg, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT).

Não houve diferença significativa para os parâmetros analisados. Contudo, houve melhor desempenho para o galpão composto com o sistema VT, com Ganho de Peso Diário (GPD) de 1,022 kg, Consumo de Ração Diário (CRD) de 2,877 kg e Conversão Alimentar de 2,81. Possivelmente, os índices do galpão composto com sistema VL tenham sido pouco menos eficiente devido ao grande peso final dos animais, onde os requerimentos de manutenção são maiores (CURTIS, 1983). Em média, 119, 4 kg. Animal^{-1} , com animais chegando a 150 Kg.

Tabela 21 – Valores médios de Ganho de Peso Diário, Consumo de Ração Diário, Conversão Alimentar, e Peso Final, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT), no período de 132 dias de vida até o abate dos suínos

Índices	Tratamentos		
	VN	VL	VT
Ganho de Peso Diário, kg	0,898 a	0,939 a	1,022 a
Consumo de Ração Diário, kg	2,660 a	2,876 a	2,877 a
Conversão Alimentar, kg.kg ⁻¹	2,96 a	3,06 a	2,81 a
Peso Final, kg	113,3 a	118,3 a	119,4 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.4 Desempenho zootécnico geral

Na Tabela 22 estão apresentados os valores médios de Ganho de Peso Diário, em kg, Consumo de Ração Diário, em kg, Conversão Alimentar, em kg.kg⁻¹ e Peso Final, em kg, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT), de todo o período experimental.

Não houve diferença significativa para os parâmetros analisados. Contudo, houve melhor desempenho com base na Conversão Alimentar para o galpão composto com o sistema VL com conversão de 2,26 e com base no Ganho de Peso Diário o galpão composto com o sistema VT, obteve resultado ligeiramente melhor, alcançando um ganho de peso diário de 0,932 kg.

SARTOR et al. (2003), avaliando o efeito do resfriamento evaporativo no desempenho de suínos em fase de terminação, encontraram valores de 2,83 para conversão alimentar de dos suínos alojados em galpões com o sistema de resfriamento evaporativo.

SANTOS (2001), avaliando efeitos da ventilação natural em instalações de suínos em crescimento e terminação encontrou para o período de inverno, conversão alimentar de 2,98, valor superior ao encontrado neste experimento.

Tabela 22 – Valores médios de Ganho de Peso Diário, Consumo de Ração Diário, Conversão Alimentar, e Peso Final, em relação aos tratamentos Ventilação Natural (VN), Ventilação Lateral (VL) e Ventilação negativa tipo Túnel (VT), em todo o período experimental

Índices	Tratamentos		
	VN	VL	VT
Ganho de Peso Diário, kg	0,872 a	0,916 a	0,932 a
Consumo de Ração Diário, kg	1,998 a	2,073 a	2,167 a
Conversão Alimentar, kg.kg ⁻¹	2,29 a	2,26 a	2,32 a
Peso Final, kg	113,3 a	118,3 a	119,4 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

5. CONCLUSÕES

Para as condições de condução deste experimento e com base nos resultados obtidos pôde-se concluir:

Para o período experimental compreendido entre os 61 e 96 dias de vida dos suínos, nenhum dos três sistemas de ventilação estudados {Sistema de Ventilação Natural (VN), sistema de Ventilação Lateral (VL) e sistema de Ventilação Negativa tipo Túnel (VT)} foi capaz de manter os suínos em condições de conforto, com base no Índice de Temperatura de Globo negro e Umidade (ITGU), Temperatura do Ar e Umidade Relativa do ar (UR), em 100% do tempo.

Para o período experimental compreendido entre os 97 e 131 dias de vida dos suínos, os galpões equipados com os Sistemas de Ventilação tipo Túnel (VT) e Ventilação Lateral (VL) foram capazes de manter a temperatura do ar das instalações abaixo da crítica recomendada. Com base no ITGU, os galpões com os Sistemas de Ventilação tipo Túnel (VT) e Ventilação Lateral (VL) propiciaram conforto aos animais, em grande parte do dia.

Para o período experimental compreendido entre o 132 dias de vida dos suínos até o abate, com base no ITGU o Sistema de Ventilação tipo Túnel foi capaz de propiciar conforto aos animais e o galpão com o sistema de Ventilação Lateral propiciou estresse aos animais apenas em um período muito curto do dia.

Para o período total de experimento, englobando as fases de crescimento e terminação, houve melhorias, porém não significativas, nos resultados zootécnicos dos animais, em função dos dois sistemas de ventilação artificial.

Ainda existe potencial para os sistemas de acondicionamento promover melhorias térmicas ambientais, como redução da temperatura em função do aumento da eficiência dos sistemas.

Desta forma, considerando a condução do experimento nas estações de outono e inverno é recomendado a repetição do experimento nas estações de primavera e verão, onde o potencial de resfriamento dos dois sistemas de acondicionamento é maior.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICEPES. 2008. Relatório 2007/2008. Acesso em 07 de agosto de 2008. Disponível em: http://www.abipecs.org.br/relatorios/ABIPECS_relatorio_2007pt.pdf.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE AVES E SUÍNOS, 2005/ Erna Regina Reetz...[et al.]. – Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2005. 136p.:il.

ASHRAE Handbook of Fundamentals. American Society of Heating and refrigerating and Air-conditioning Engineers Atlanta. 1985. p120.

ASHRAE Handbook of Fundamentals. American Society of Heating and refrigerating and Air-conditioning Engineers Atlanta. 1985. p120.

BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 2001. 142p.

BAÊTA, F.C., SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 246p.

BAIÃO, N. C. Efeitos da alta densidade populacional sobre o ambiente das instalações avícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÕES NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, São Paulo. **Anais...** Campinas: FACTA, 1995. p. 67-75.

BARB, O. R.; ESTIENNE, M. J.; KRAELING, R. R.; MARPLE, D. N.; RAMPACEK, G. B.; RAHE, C.H.; SARTIN, J. L. Endocrine changes in sows exposed to elevated ambient temperature during lactation. **Domestic Animal Endocrinology**. v. 8. p. 117-127, 1991.

BASTIDE, A.; LAURET, P.; GARDE, F.; BOYER, H. Building energy efficiency and thermal comfort in tropical climates Presentation of a numerical approach for predicting the percentage of well-ventilated living spaces in buildings using natural ventilation. **Energy and Buildings** 38 (2006) 1093–1103.

BELLAVER, C. O uso de microingredientes (aditivos) na formulação de dietas para suínos e suas implicações na produção e na segurança alimentar. In. CONGRESSO MERCOSUL DE PRODUÇÃO SUÍNA, Buenos Aires, 2000. **Anais**. Buenos Aires: FCV, UBA; FAV, UNRC; EMBRAPA, p.93-108, 2000.

BENEDI, J. M. H. El ambiente de los alojamientos ganaderos. Madri: Ministério de Agricultura, **Pesca y Alimentacion**, 1986. 28p.

BLANES, V.; PEDERSEN S. Ventilation Flow in Pig Houses measured and calculated by Carbon Dioxide, Moisture and Heat Balance Equations. **Biosystems Engineering** (2005) 92 (4), 483–493.

BOND, T. E.; KELLY, C. F.; Itter, N. R. **Radiation studies of painted shade materials**. Transaction of the ASAE, v.35, n.6, p.389-392, 1954.

BORTOLOZZO, E. R, WENTZ, 1. BRANDT, G., NOBRE Jr., A. Influência da temperatura corporal sobre a eficiência reprodutiva em fêmeas sumas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 1997, Foz do Iguaçu. **Anais**, Foz do Iguaçu, PR, Abraves, 1997. p.281 -282.

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.

CARVALHO, L. E.; OLIVEIRA,S. M. P.; TURCO, S. H. N. Utilização da Nebulização e Ventilação Forçada sobre o Desempenho e a Temperatura da Pele de Suínos na Fase de Terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia** , v.33, n.6, p.1486-1491, 2004.

CAVALCANTI, S. S. **Suinocultura dinâmica**. Belo Horizonte: Itapuã Editora e Gráfica Ltda, 1998. 494p.

CASTRO, H. F.; MURGAS, L.D.M. **Manejo na maternidade de suínos**. Editora UFLA, 46p. http://www.editora.ufla.br/Boletim/pdfextensao/bol_90.pdf. Acesso em dezembro de 2006.

CHRISTON, R. 1988. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs. **Journal Animal Science**, 66(12):3122-3123.

CLOSE, W. H. Aumento da produtividade de suínos de engorda. **Porkworld**, 2003, pp. 40-43.

CLOSE, W. H. **The climatic requirement of the pig**. In: Environmental aspects of Housing for animal production. J. A. Clark: (ed) Butterworths, London, England, 1981, pp. 149-166.

COLLIN, A.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Effect of high temperature on feeding behaviour and heat production in group-housed young pigs. **The British Journal of Nutrition**, v.86, p.63-70, 2001.

COSSINS, A. R. e BOWLER, K. **Temperature biology of animals**. London: Chapman and Hall, 1987. 325 p.

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames, The Iowa State University Press, 1983. 410p.

D'ARCE, R. D.; TEAGUE, H. S.; ROLLER, W. L. Effect of short-term elevated dry-bulb and dew-point temperature on the cycling gilt. **Journal Animal Science**, Stanford, v.30, n.2, p.374-380, 1970.

DAUNCEY, M. J., INGRAM, D. L., WALTERS, D.E. 1983. Evaluation of the effects of environmental temperature and nutrition on growth and development. **Journal Animal Science**, 101(2):291-299.

EIGENBERG, R. A.; HAHN G. J.; NIENABER, J. A.; PARKHURST, A. M. ; KOCHER, M. F. Tympanic temperature decay constants as indices of thermal environments: swine. **Transaction of the ASAE**, 38. 1995 p. 1203-1206.

EMBRAPA. Produção de suínos. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/index.html>>. Acesso em Agosto 2006.

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

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 2.ed. Westport CT: ABI Publishing. 1969. 325p.

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

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL - FAWC (1979). **Five freedoms**. Disponível em: <http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm> Acessado em: fevereiro de 2007.

FARMER, C.; PRUNIER, A., 2002. High ambient temperatures: how they affect sow lactation performance. **Pig news and information**. 23, 95N–102N.

FIALHO, E.T. Influência da temperatura ambiental sobre a utilização da proteína e energia em suínos em crescimento e terminação. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1994, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: CBNA, 1994. p.63-83.

FONDA, E. S. The effect of heat on reproductive fertility in the sows and gilts. **Livestock Production**, v 18, p. 32-36, 1978.

FORBES, J M. 1995. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. CAB International. 531p.

GEERS, R., BLEUS, E., Van SCHIE, T. et al. 1994. Transport of pig different with respect to the Halothane Gene: stress assessment. **Journal Animal Science**, 72:2552-2558.

GUIENNET, T. **Particularites de la thermoregulation chez le porc**. Ecole Nationale Veterinaire de Lyon, France, 1986, 100 p.

HANNAS, M.I. **Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente**. IN: SILVA, I.J.O. (ORG.). AMBIÊNCIA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 1-33.

HANNAS, M. I.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; BARBOSA, R. J.; FERREIRA, R. A.; MORETTI, A. M. Efeito da temperatura ambiente sobre parâmetros fisiológicos e hormonais de leitões dos 15 aos 30 kg. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. 226p.

HOUGHTEN, F.C.; YAGLOU, C.P. Determining lines of equal comfort. **American Society of Heating Ventilating Engineers**, St. Joseph, v.29, n.4, p.163-176, 1923.

HUYNH, T. T. T. ; AARNINK, A. J. A. ; VERSTEGEN, M. W. A. ; GERRITS, W. J. J.; HEETKAMP, M. J. W. ; KEMP, B. AND CANH, T. T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. **Journal Animal Science**. 2005. 83:1385–1396.

HURNIK, J. F. **Behaviour** (Chapter13). In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Eds.). Farm animals and the environment. Wallingford: CAB International, 1992. pp. 235–244.

KERR, B. J.; YEN, J. T.; NIENABER, J. A. EASTER, R. A. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environment temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1998-2007, 2003.

JEPPSSON, K. H. Diurnal variation in ammonia, carbon dioxide and water vapour emissions from an uninsulated, deep litter building for growing/finishing pigs. **Biosystems Engineering** . 81, 213– 223, 2002.

LAGANÁ, C. NÄÄS, I. A.; TOLON, Y. B. Lâmina de água em corrales de gestación para suínos. **Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 1, p. 79-83, 1998.

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

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

Le DIVIDICH, J. 1981. Effects of environmental temperature on the growth rates of early weaned piglets. **Livestock Production Science**. 8:75.

Le DIVIDICH, J; HERPIN, P.; GERAERT, P. A.; VERMOREL, M. 1991 **Cold stress**, In: Farm animals and environmental. C Phillips, D. Pig gins. Cab. International, allingford, England, pp. 3-25.

Le DIVIDICH, J. Performance du porc en croissance-finition en relation avec le milieu climatique. In: **Journée Nationale du Porc**, p. 13-14, Toulouse, 1982.

LE DIVIDICH, J.; RINALDO, D. Effect de l'environnement thermique sur le performance du porc en croissance. **Journées de la Recherche Porcine en France**, Paris, n.21, p.219-223, 1989.

LEE, D. H. K.; PHILLIPS, R. W. Assesment of the adaptability of livestock to climatic stress. **Journal of Animal Science**, v.7, n.4, p.391-425, 1948.

LV, Y-G E LIU, J. Effect of transient temperature on thermoreceptor response and thermal sensation, **Building and Environment**, 42, 656–664, 2007.

MANNO, M. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S. OLIVEIRA, W. P. LIMA, K. R. S. VIEIRA VAZ. R. G. M. Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1963-1970, 2005.

MASSABIE, P.; GRANIER, R.; GASC, A. Effet de la vitesse d'air sur le comportement et les performances du porc charcutier en fonction de la température ambiante. **Journées de la Recherche Porcine en France**, 2001.

MASSE, D.I., CROTEAU, F., PATNI, N.K., MASSE, L. Methane emissions from dairy cow and swine manure slurries stored at 10 and 15 °C. Can. **Biosystems Engineering**. 45, 6.1– 6.6, 2003.

MALMKVIST, J.; PEDERSEN, L. J.; DAMGAARD, B M.; THODBERG, K.; JORGENSEN, E.; LABOURIAU, R. Does floor heating around parturition affect the vitality of piglets born to loose housed sows? **Applied Animal Behavior Science**, 99, 88–105, 2006.

McGOVERN, R. E.; BRUCE, J. M. A Model of the Thermal Balance for Cattle in Hot Conditions, **Journal of Agricultural Engineering Research**, 77(1), 81-92, 2000.

MOREIRA, I; PAIANO, D; OLIVEIRA, G. C.; GONÇALVES, G. S.; NEVES, C. A. e BARBOSA, O. R. Desempenho e Características de Carcaça de Suínos (33 - 84 kg) Criados em Baias de Piso Compacto ou com Lâmina D'água. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.132-139, 2003.

MORRISON, S. R.; MOUNT, L. E. Adaptation of growing pigs to change in environmental temperature. **Animal Production**, Edingburg, v.13, p.51-57, 1971.

MOUNT, L. E. The influence of huddling and body volume on metabolic rate of young pigs. **Journal of Agricultural Science**, 55: 101-105. 1960.

MOURA, D.J. **Ventilação na suinocultura**. In: SILVA, I.J.O. (org.). *Ambiência e qualidade na produção de suínos*. Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 149-179.

MUEHLING, A. J. AND JENSEN, A. H. *Environmental Studies with Early-weaned Pigs*. 1961 - University of Illinois Agricultural Experiment Station.

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

NÄÄS, I. A.; MOURA, W.; LAGANA, C.A. Amplitude térmica e seu reflexo na produtividade de frangos de corte. In CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVICOLA, 1995, Campinas. **Anais... Facta**, 1995. p.203-204.

NÄÄS, I. A. **Estado da arte no Brasil e prospecção quanto a futuras pesquisas**. In: Poluentes Aéreos e ruídos em instalações para produção de animais (Seminário). 10 de Setembro de 2002 – Campinas, São Paulo Brasil, 2002. 3 - 15p. 2002.

NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo, Ed Ícone. 183p. 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Effect of environmental on nutrient requirements of domestic animals**. Washington, DC: NRC, NAS, 1981. 52p.

NIENABER, J. A.; HAHN, G. L.; YEN, J. T. Thermal environment effects on growing-finishing swine. Part I – Growth, feed intake and heat production. **Transactions of the ASAE**, v.30, p.1772-1775, 1987.

OLIVEIRA, R. F. M., DONZELE, J. L., FREITAS, R. T. F. Efeito da temperatura sobre o desempenho e sobre os parâmetros fisiológicos e hormonais de leitões consumindo dietas com diferentes níveis de energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 26(6):1174-1182, 1997a.

OLIVEIRA, R. F. M., DONZELE, J. L., FREITAS, R. T. F., FONSECA, F. A. Níveis de energia digestível para leitões dos 15 aos 30 kg de peso mantidos em ambiente de conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, p.539-547, 1997b.

OLIVEIRA, P. A. V. Produção de suínos em sistema “deep bedding”: experiência brasileira. In: Seminário Internacional de Suinocultura, 5, São Paulo, SP. **Anais... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves**, 2000. p.101-107.

OLIVEIRA, M.V.M. et al. Desempenho de cordeiros das raças Bergamácia e Santa Inês, terminados em confinamento, recebendo dejetos de suínos como parte da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1391-1396, 2003.

PAIANO, D.; BARBOSA, O. R.; MOREIRA, I.; QUADROS, A. R. B.; SILVA, M. A. A. e OLIVEIRA, C. A. L. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 345-351, 2007

PAPADOPOULOS, A. M.; MOUSSIOPOULOS, N. Towards a holistic approach for the urban environment and its impact on energy utilization in buildings: the ATREUS project, **Journal of Environmental Monitoring**, 6 (2004) 841–848.

PAULO, R. M. **Uso de camas sobrepostas durante a fase de crescimento e terminação de suínos em condições de verão**. Viçosa, MG: UFV. 2003. 82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.

PERDOMO, C. C. Conforto ambiental e produtividade de suínos. IN: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CBNA, 1994. p.19-26.

PRIANTO, E. e DEPECKER, P. Optimization of architectural design elements in tropical humid region with thermal comfort approach, **Energy Building** 35 (3) (2003) 273–280.

PAIANO, D. et al. Desempenho e comportamento de suínos na fase de crescimento criados em baias de piso parcialmente compacto ou com lâmina d'água, com ou sem restrição alimentar. In: CONGRESSO DA ABRAVES, 11. 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Abraves, 2003. p. 399-400.

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

REIS, R. L. S. P. **Efeito da lâmina d'água no crescimento e na terminação de suínos**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)–Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

ROLLER, W. L. TEAGUE, H. S. GRIFO Jr, A. P. Reproductive performance of swine in controlled warm environments. **Transaction of the ASAE**, v.10, n. 4 p. 517-522, 1967.

ROPPA, L. **Manejo e nutrição da fêmea suína**. 2001. Disponível em: www.porkworld.com.br. Acesso em: 12/04/2001.

SÁ, F.C. Complemento indispensável. **Revista Suinocultura Industrial**. Número 13, Ano 20, Fev/Mar. <http://www.bichoonline.com.br/artigos/gsuino0004.htm>. Visitado em janeiro de 2006.

SAINSBURY, D. W. D. **Climatic environment and pig performance**. In: COLE, D. J. A., ed. Pig Production. London: Butterworths, 1972. p. 91-105.

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

SANTOS, M. A. A. **Efeitos da ventilação natural em instalações de suínos em crescimento e terminação**. Campinas, SP, 2001. 90 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola, área de Construções Rurais e Ambiente) Universidade Estadual de Campinas.

SARTOR, V. **Efeito do resfriamento evaporativo e da ventilação forçada no conforto térmico ambiental de verão, em maternidades de suínos**. Viçosa, MG, 1997. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de Construções Rurais e Ambiente) Universidade Federal de Viçosa.

SARTOR, V.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; LUZ, M. L. Efeito do resfriamento evaporativo no desempenho de suínos em fase de terminação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.11, n.58 1-4, Jan./Dez., 2003.

SILVA, I. J. O.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S. M. S. Uso da Zootecnia de Precisão na Avaliação do Comportamento de Leitões Lactentes Submetidos a Diferentes Sistemas de Aquecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.220-229, 2005.

SILVA, I. J. O. Qualidade do ambiente e instalações na produção industrial de suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Gessuli, 1999. p.108-121.

SILVA, B. A. N.; OLIVEIRA; R. F. M., DONZELE, J. L.; FERNANDES, H. C.; ABREU, M. L. T.; NOBLET, J.; NUNES, C. G. V. Effect of floor cooling on performance of lactating sows. **Livestock Science**, 105, 176-184, 2006. 105 (2006) 176–184

SOBESTIANSKY, J. **Suinocultura Intensiva**: produção, manejo e saúde do rebanho. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1998. 388p. ISBN 85-7383-036-0.

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

STAHLY, T. S., CROMWELL, G. L. 1979. Effect of environmental temperature and dietary fat supplementation on the performance and carcass characteristics of growing and finishing swine. **J. Anim. Sci.**, 49(6):1478-1488.

STAHLY, T. S., CROMWELL, G. L., AVIOTTI, M. P. 1979. The effect of environmental temperature and dietary lysine source and level on the performance and carcass characteristics of growing swine. **J. Anim. Sci.**, 49(5):1242-1251.

SYNDESTRICKER, K. V. **Análise de lanternim em edificações para suínos, através de modelos em escala**. Campinas, 1993. 69p. (Tese de Mestrado) Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP.

TAVARES, S. L. S. DONZELE, J. L. R. OLIVEIRA, F. M., FERREIRA, A. S. Influência da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho e os Parâmetros Fisiológicos de Suínos Machos Castrados dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29 n.1 Viçosa jan./fev. 2000.

TEIXEIRA, V. H. **Construções e ambiência** – Instalações para suínos e aves. Gráfica universitária FAEPE/UFLA. 1ª edição 1998. 182p.

TEIXEIRA, V. H. **Construções e ambiência**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.181 p.

THOM, E.C. Cooling degrees - days air conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v.55, n.7, p.65-72, 1958.

THOMPSON, E. C.; HEIDENREICH, C. J.; STOB, M. Effect of post-breeding thermal stress on embryonic mortality in swine. **Journal Animal Science**, Stanford, v.26, n.2, p.377-380, 1967.

THUY, H. T. T. Heat stress in growing pigs. 2005. Disponível em: <<http://library.wur.nl/wda/dissertations/dis3710.pdf>>. Acesso em março de 2006.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista de Brasileira Ciências Avícolas**, v.3, n.1, 2001. p. 1-26.

TINOCO, I. F. F. Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambientes e níveis de energia metabolizável na dieta sobre o desempenho da matrizes de frango de corte, em condições de verão e outono. Belo Horizonte, UFMG, 1996, 173p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal) Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

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

TINÔCO, I. F. F.; e RESENDE, P.L. **Produção de frango de corte em alta densidade**. Anual CPT- Centro de Produções técnicas. 20 pág.,1997.

TURCO, S. H. N **Análise de sistemas de condicionamento térmico em maternidades para suínos**. Viçosa, MG: UFV. 1997. 93p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 1997.

TURCO, S. H. N **Modificações das condições ambientais de verão em maternidade de suínos**. Viçosa, MG: UFV. 1993. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.

UPNMOOR, I. **Produção de suínos: crescimento, terminação e abate**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 77p.

VERSTEGEN, M. W. A.; BRASCAMP, E. W.; van der HEL, W. (1978). Fattening of pigs in relation to climatic environment housing and feeding level, **Journal Animal Science**, 58: 1--13.

VIEIRA VAZ, R.G.M.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**, v.57, p.345-352, 2005.

WETTEMANN, R. P.; WELLS, M. E.; OMTVEDT, I. T.; POPE, C.E.;TURMAN, E. J. Influence of elevated ambient temperature on reproductive of boars. **Journal Animal Science**, 42 (3):664-9.

WHITTEMORE, C. **Guia moderno da suinocultura**. Lisboa: Editorial Presença Ltda, 1980. 195p.

ZANOLLA, N. **Sistema de ventilação em túnel e sistema de ventilação lateral na criação de frangos de corte em alta densidade**. 1998. 81 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambientação) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

ZANOLLA, N.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. R.; MORAES, S. R. P. Sistemas de Ventilação em túnel e lateral na criação de frangos de corte com alta densidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v.3, n.3, p.361-366, 1999.

YANAGI JUNIOR, T. Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal:relação bem estar animal x clima. 2006. artigo em hipertexto. Disponível em :http://www.infobios.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm. Acesso em:8/6/2007.