

ROBSON MENDES DE PAULO

USO DE CAMAS SOBREPOSTAS DURANTE AS FASES DE CRESCIMENTO E  
TERMINAÇÃO DE SUÍNOS EM CONDIÇÕES DE VERÃO

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2003

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

T

P331u  
2003

Paulo, Robson Mendes de, 1972-

Uso de camas sobrepostas durante as fases de crescimento e terminação de suínos em condições de verão / Robson Mendes de Paulo. – Viçosa : UFV, 2003.  
65p. : il.

Orientador: Cecília de Fátima Souza  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa

1. Suíno - Criação. 2. Suíno - Desempenho. 3. Conforto térmico. 4. Serapilheira. 5. Amônia - Análise. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 20.ed. 636.4

ROBSON MENDES DE PAULO

USO DE CAMAS SOBREPOSTAS DURANTE AS FASES DE CRESCIMENTO E  
TERMINAÇÃO DE SUÍNOS EM CONDIÇÕES DE VERÃO

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

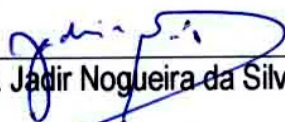
APROVADA: 19 de setembro de 2003.



Prof. Fernando da Costa Baêta  
(Conselheiro)



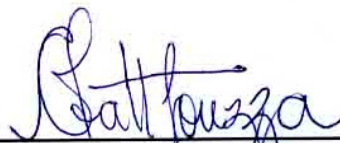
Prof. Aloizio Soares Ferreira



Prof. Jadir Nogueira da Silva



Prof. Josevane Carvalho Castro



Profª. Cecília de Fátima Souza  
(Orientadora)

*A Deus;*

*Aos meus pais José Nilton e Maria Aparecida;*

*Às minhas irmãs Adriana, Cleonice, Eliana e Geciléia;*

*À minha noiva Fábria.*

*O maior dos mestres é o estudo.  
A maior das disciplinas, o trabalho.*

*Machado de Assis.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste trabalho e à CAPES, pela concessão de bolsa.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA/CNPSA (Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves), pela possibilidade e apoio na realização desta pesquisa; ao pesquisador da EMBRAPA-CNPSA Paulo Armando Victória de Oliveira, pelos ensinamentos e apoio. Também a todos os funcionários da Empresa.

Aos professores da UFV, Paulo Roberto Cecon, Jadir Nogueira da Silva e Fernando da Costa Baêta; ao professor da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Josevane Carvalho Castro pelos seus ensinamentos, sugestões e amizade. Aos demais professores que, durante a vida acadêmica, contribuíram para minha formação, permitindo que chegasse onde cheguei.

À professora Cecília de Fátima Souza pela pronta aceitação, colaboração e atenção dispensadas nesta curta, mas importante fase de conclusão do trabalho.

Em especial à professora Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pela amizade, dedicação, incentivo, simplicidade, caráter e irrepreensível conduta; por ser exemplo a ser seguido, tanto como pessoa quanto profissional de respeito. Pela lealdade com que trata seus colegas, alunos e orientados, pela disposição ao trabalho, sem medir esforços para que os resultados sejam alcançados e, pela valiosa orientação.

Aos colegas de república Sérgio Caixeta, Chico Amaral, Marlon, Tiago e Arlete, Lincon, Alcimar; aos colegas e funcionários do DEA/UFV. Ao amigo Fábio Ribeiro Pires e sua esposa Catherine, pela força e acolhida. A todos os colegas de curso pelo convívio, apoio, amizade e por proporcionarem momentos de descontração. Também a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que o trabalho fosse concluído.

## BIOGRAFIA

ROBSON MENDES DE PAULO, filho de José Nilton de Paulo e Maria Aparecida Mendes Paulo, é natural de Vitória, Estado do Espírito Santo.

Concluiu em 1990 o curso Técnico em Agrimensura na Escola Técnica Federal do Espírito Santo, em Vitória, Estado do Espírito Santo.

Em março de 1993, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal do Espírito Santo, onde foi monitor das disciplinas Topografia I e II no Departamento de Engenharia Rural no período 1995-1996. Em agosto de 1997 colou grau.

No ano de 1998 trabalhou como Professor II (2º Grau) na Escola Família Agrícola de Vinhático, na cidade de Montanha, localizada no norte do Estado. Desenvolveu ainda atividades no ramo da Topografia.

Em agosto de 2001, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiente, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em setembro de 2003.

## CONTEÚDO

|  |      |
|--|------|
| LISTA DE FIGURAS .....   | VIII |
| LISTA DE QUADROS E TABELAS .....                                   | X    |
| RESUMO .....   | XII  |
| ABSTRACT .....   | XIV  |
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 1    |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                                      | 3    |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....  | 14   |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                    | 25   |
| 4.1 AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO.....                             | 25   |
| 4.1.1 TEMPERATURA AMBIENTAL .....                                  | 25   |
| 4.1.2 ÍNDICES DO AMBIENTE TÉRMICO.....                             | 25   |
| 4.1.2.1 ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO E UMIDADE (ITGU)..... | 26   |
| 4.1.2.2 CARGA TÉRMICA RADIANTE (CTR) .....                         | 31   |
| 4.1.2.3 UMIDADE RELATIVA DO AR (UR) .....                          | 35   |
| 4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR (EMIÇÃO DE AMÔNIA) .....          | 41   |
| 4.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO.....                         | 43   |
| 4.3.1 GANHO DE PESO .....  | 43   |
| 4.3.2 CONSUMO DE RAÇÃO.....  | 44   |
| 4.3.3 CONVERSÃO ALIMENTAR .....                                    | 46   |
| 4.3.4 CONSUMO DE ÁGUA.....   | 47   |
| 4.3.5 TAXA DE MORTALIDADE.....                                     | 48   |
| 4.3.6 TEMPERATURAS SUPERFICIAIS.....                               | 49   |
| 4.3.6.1 TEMPERATURA DE PELE.....                                   | 49   |



|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.6.2 TEMPERATURA DE PISO .....       | 50        |
| <b>5. CONCLUSÕES .....</b>              | <b>52</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>54</b> |
| <b>APÊNDICE.....</b>                    | <b>60</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 1 -  | Croqui de situação das instalações utilizadas no experimento: 1. cama de maravalha, 2. cama de casca de arroz e 3. piso de concreto. ....                                | 15 |
| Figura 2 -  | Vista externa do prédio 2 (tratamento cama de casca de arroz).....   | 16 |
| Figura 3 -  | Vista do comedouro utilizado no experimento. ....  | 17 |
| Figura 4 -  | Vista de um conjunto de sensores protegido por uma grade de ferro.....   | 20 |
| Figura 5 -  | Vista do sistema montado para aquisição dos dados experimentais. ....  | 21 |
| Figura 6 -  | Vista do termômetro infravermelho utilizado na medição da temperatura de superfície (camas e piso de concreto) e temperatura da pele dos animais. ....                   | 22 |
| Figura 7 -  | Médias horárias da temperatura ambiental externa e do interior das instalações, observadas durante as três fases do experimento. ....                                    | 25 |
| Figura 8 -  | Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), observados em função do horário, na fase 1, para os tratamentos correspondentes. ....           | 29 |
| Figura 9 -  | Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), correspondente à fase 2, observados em função do horário, para os respectivos tratamentos. .... | 30 |
| Figura 10 - | Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), observados em função do horário, na fase 3 correspondentes aos três tratamentos. ....           | 31 |
| Figura 11 - | Estimativa da carga térmica radiante (CTR), em $W.m^{-2}$ , em função do horário, na fase 1, para os respectivos tratamentos. ....                                       | 34 |
| Figura 12 - | Estimativa da carga térmica radiante (CTR), em $W.m^{-2}$ , em função do horário da fase 2 para os respectivos tratamentos. ....   | 34 |
| Figura 13 - | Estimativa da carga térmica radiante (CTR), em $W.m^{-2}$ , em função do horário da fase 3 para os respectivos tratamentos. ....   | 35 |
| Figura 14 - | Estimativa da umidade relativa (UR) em função do horário, na fase 1 para os respectivos tratamentos. ....  | 38 |
| Figura 15 - | Estimativa da umidade relativa (UR) em função do horário, na fase 2 para os respectivos tratamentos. ....  | 39 |
| Figura 16 - | Estimativa da umidade relativa (UR) em função do horário, na fase 3 para os três tratamentos. ....   | 40 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figura 17 - | Representação dos valores médios de emissão de amônia (NH <sub>3</sub> ), em ppm, nos tratamentos correspondentes. .... | 42 |
| Figura 18 - | Consumo médio de ração (kg), nas respectivas fases do tratamento correspondente. ....                                   | 45 |

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| TABELA 1A - | Níveis nutricionais calculados com base na formulação das rações adotadas para os suínos nas diferentes faixas de peso na fase de crescimento e terminação (expresso na base matéria natural). .....                        | 18 |
| TABELA 1B - | Composição das rações fornecidas aos suínos nas diferentes faixas de peso na fase de crescimento e terminação (expresso na base matéria natural). .....   | 19 |
| QUADRO 1 -  | Valores médios horários do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) para os tratamentos cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação. .... | 27 |
| TABELA 2 -  | Equações de regressão ajustadas para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) em função das horas e respectivos coeficientes de determinação para cada tratamento dentro da fase 1. ....                     | 28 |
| TABELA 3 -  | Equações de regressão ajustadas para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) em função das horas e respectivos coeficientes de determinação para cada tratamento dentro da fase 2. ....                     | 29 |
| TABELA 4 -  | Equações de regressão ajustadas para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) em função das horas e os respectivos coeficientes de determinação para a fase 3 de cada tratamento. ....                       | 30 |
| QUADRO 2 -  | Valores médios horários da Carga Térmica Radiante (CTR), em $W.m^{-2}$ , para os tratamentos de cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação. ....      | 32 |
| TABELA 5 -  | Equações de regressão ajustadas para a Carga Térmica Radiante (CTR), em função das horas e os respectivos coeficientes de determinação, para as três fases, correspondente a cada tratamento. ....                          | 33 |
| QUADRO 3 -  | Valores médios da Umidade Relativa do Ar (UR), em %, para os tratamentos cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação. ....                             | 36 |
| TABELA 6 -  | Equações de regressão ajustadas para a umidade relativa (UR) em função das horas e os respectivos coeficientes de determinação para a fase 1 de cada tratamento. ....   | 37 |
| TABELA 7 -  | Equações de regressão ajustadas para a umidade relativa (UR) em função do horário e os respectivos coeficientes de determinação para a fase 2 de cada tratamento. ....  | 38 |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| TABELA 8 -   | Equações de regressão ajustadas para a umidade relativa (UR) em função do horário e os respectivos coeficientes de determinação para a fase 3 de cada tratamento.....  | 39 |
| TABELA 9 -   | Valores médios de concentração de amônia (EA), em ppm, nos tratamentos correspondentes, para o período experimental.....   | 41 |
| TABELA 10 -  | Valores médios diários de ganho de peso (GP), em kg, de suínos em terminação para a combinação do tratamento e fase de observação. ....  | 44 |
| TABELA 11 -  | Consumo médio diário de ração (CR), em kg, para a interação tratamento x fase durante o período de observação. ....  | 45 |
| TABELA 12A - | Valores médios de conversão alimentar (CA), em kg/kg, obtidos nos três tratamentos. ....   | 46 |
| TABELA 12B - | Valores médios de conversão alimentar (CA), em kg/kg, de acordo com a fase de observação. ....   | 46 |
| TABELA 13 -  | Valores médios diários de consumo de água (CAg), em L.cab.dia <sup>-1</sup> , para a interação tratamento x fase.....  | 48 |
| TABELA 14 -  | Número de animais mortos em cada fase de observação nos três tratamentos e a taxa de mortalidade total (TM) em %. ....   | 48 |
| TABELA 15 -  | Temperatura média de pele dos animais (°C) observada para as 09:00 e 15:00 horas do período experimental. ....   | 50 |
| TABELA 16 -  | Temperatura média (°C) das camas de maravalha e casca de arroz e do piso de concreto observados as 09:00 e 15:00 horas. ....   | 50 |
| QUADRO 1A -  | Resumo das Análises de Variância Referentes aos Efeitos dos Tratamentos, Horários e Fases sobre o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiante (CTR) e Umidade Relativa do Ar (UR) no interior das instalações. ....            | 61 |
| QUADRO 2A -  | Valores médios do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) para as fases de cada tratamento: cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3). ....  | 62 |
| QUADRO 3A -  | Valores médios da Carga Térmica Radiante (CTR), em W.m <sup>-2</sup> , para as fases de cada tratamento: de cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3). ....  | 63 |
| QUADRO 4A -  | Valores médios da Umidade Relativa do Ar (UR), em %, para as fases de cada tratamento: cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação. ....  | 64 |
| QUADRO 5A -  | Resumo das Análises de Variância referentes ao efeito dos Tratamentos, Fases, Horários de observação, interações Fase x Tratamento, Hora x Tratamento e Hora x Fase x Tratamento, em relação à Temperatura de Pele dos animais e Temperatura de Superfície. .... | 65 |
| QUADRO 6A -  | Resumo das Análises de Variância referentes ao efeito dos Tratamentos, Fases, interação Fase x Tratamento, em relação ao Ganho de peso (GP), Consumo de ração (CR), Conversão alimentar (CA) e Consumo de água (CAg).....  | 65 |

## RESUMO

**Paulo, Robson Mendes de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, Setembro de 2003.**  
**Uso de camas sobrepostas durante as fases de crescimento e terminação de suínos em condições de verão.** Orientadora: Cecília de Fátima Souza. Conselheiros: Fernando da Costa Baêta e Paulo Roberto Cecon.

Objetivando-se avaliar camas sobrepostas compostas de maravalha e de casca de arroz para suínos nas fases de crescimento e terminação para as condições de verão, foi conduzida pesquisa, no período de dezembro de 2002 a abril de 2003, no Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (EMBRAPA - CNPSA), localizado em Concórdia, Estado de Santa Catarina. Foram utilizadas três edificações com dimensões de 12,0 x 10,0 m, divididas em 4 baias de 5,0 x 6,0 m. Foram utilizados 216 animais (Landrace x Large White), com 25 kg de peso médio inicial e 63 dias de vida, provenientes da própria EMBRAPA, divididos em número de 72 por instalação, em um experimento com delineamento experimental inteiramente casualizado e 4 repetições por tratamento. Os tratamentos utilizados foram cama de maravalha, cama de casca de arroz e piso de concreto. O ambiente térmico foi avaliado com base no índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), na carga térmica radiante (CTR) e na umidade relativa do ar (UR). A qualidade do ar foi avaliada com base na quantificação da emissão de amônia e para isso foram feitas medições diárias de fluxo instantâneo às 10:00 e 14:00 horas. O desempenho produtivo dos animais foi analisado com base na conversão alimentar (CA), no ganho de peso (GP), no consumo de ração (CR) e de água (CAg). Foi determinada ainda a taxa de mortalidade (TM). O período experimental foi dividido em três fases: **1)** 63 a 98 dias de vida (25 - 50 kg); **2)** 98 a 126 dias de vida (50 - 75 kg); e **3)** 126 a 183 dias de vida (75 - 135 kg). Verificou-se que não houve diferenças para o ITGU e para a UR entre os tratamentos e, que a CTR foi distinta nos três tratamentos, sendo os maiores valores obtidos na cama de maravalha. Foi verificada diferença entre os tratamentos com

relação ao ganho de peso (GP) e taxa de mortalidade (TM), em determinadas fases. Concluiu-se que o desempenho geral dos tratamentos foi muito próximo, tomando-se como base os índices do ambiente térmico, qualidade do ar, taxa de mortalidade e índices zootécnicos. Houve discreta vantagem para o piso de concreto, mas, de acordo com os resultados, as camas podem figurar também como opções satisfatórias, tendo em vista as pequenas diferenças observadas e dentre as mesmas foi evidenciada pequena vantagem para a cama de casca de arroz.

## ABSTRACT

Paulo, Robson Mendes, M.S., Universidade Federal de Viçosa, September 2003. Use of the **deep bedding during the growth and finishing phases of swine under summer conditions**. Adviser: Cecília de Fátima Souza. Committee members: Fernando da Costa Baêta and Paulo Roberto Cecon.

The objective of this study was to evaluate the deep bedding made of wood shavings and rice husks for swine at the growth and finishing phases under summer conditions. The experiment was carried out over the period from December 2002 to April 2003, in the "Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (EMBRAPA - CNPSA) located in Concórdia county, Santa Catarina State. Three constructions with dimensions of 12.0 x 10.0 m divided into 4 boxes with 5.0 x 6.0 m were used. A total of 216 animals (Landrace x Large White) with an initial average weight of 25 kg and aged 63 days, coming from EMBRAPA, were used. Each experimental installation lodged seventy two animals. The entirely randomized experimental design was used, with 4 replicates for each treatment. The used treatments were: wood shaving bed, husk rice bed and concrete floor. The evaluation of the thermal environment was based on the humidity and black globe temperature index (ITGU), the radiant thermal load (CTR) and the relative air humidity (UR). The evaluation of the air quality was based on the quantification of the ammonia emission. So, daily measurements of the instantaneous flow at 10:00 and 14:00 hours were performed. The analysis of the animals' productive performance was based on food conversion (CA), weight gain (GP), consumption of ration (CR) and water (CAg). The mortality rate (TM) was also determined. The experimental period was divided into three phases: a) 63 to 98 living days (25 - 50 kg); b) 98 to 126 living days (50 - 75 kg); and c) 126 to 183 living days (75 - 135 kg). It was found that there were no differences for ITGU and UR among the treatments; CTR was different in those three treatments, and the highest values were shown by the deep bedding. Difference among the treatments were



found for the weight gain (GP) and mortality rate (TM) at certain phases. Based on the indices of the thermal environment, life quality, mortality rate and the zootechny indices, it was concluded that the treatments showed a very close general performance. A discreet advantage was found for the concrete floor; according to the results, however, the beds can also be satisfactory options, considering the low differences observed. A small advantage was shown for the rice husk bed.

## 1. INTRODUÇÃO

No ano de 2002, o Brasil possuía cerca de 38 milhões de cabeças de suínos, plantel correspondente ao quarto maior rebanho do mundo, com uma produção de 2,17 milhões de toneladas de carne (ABCS, 2003). Para o ano de 2003 a produção está estimada em 2,43 milhões de toneladas. Os principais estados produtores encontram-se na região sul do país, responsável por aproximadamente 32% da produção nacional: SC (17,7%); RS (17,3%) e PR (16,0%).

A carne suína é a mais consumida no mundo e tem papel fundamental na sustentação do crescimento acelerado da população mundial. Em 2001, o plantel mundial de suínos atingiu a expressiva marca de 908 milhões de cabeças. O continente asiático detinha 58,9% desse plantel, a Europa 22,2%, a África 2,1%, a Oceania 0,6% e as Américas eram responsáveis por 16,1%. A produção brasileira ocupou a 6ª posição entre os maiores produtores mundiais (ANUALPEC, 2002). O crescimento da suinocultura brasileira deve-se ao desenvolvimento de novas tecnologias, facilidade na criação e disponibilidade de mão-de-obra.

Porém, os suínos são animais que, devido às suas características fisiológicas, têm seu desempenho reduzido quando expostos às condições de calor excessivo. O desempenho produtivo depende do manejo empregado, do sistema de criação escolhido, da nutrição, da sanidade e do conforto térmico.

A Região Sul, na maior parte do ano, tem condições climáticas favoráveis à ambientação de edificações para suínos. Durante o verão estas condições se modificam, podendo ultrapassar os limites do conforto animal, tornando-se necessário o emprego de artifícios que possibilitem incrementar as condições de conforto térmico de modo a satisfazer as necessidades deste animal, proporcionando-lhe condições de exteriorizar toda sua capacidade produtiva.

É conhecido que a atividade suinícola foi desenvolvida a partir de construções improvisadas para sistemas de produção em regime extensivo ou semi-confinado. Entretanto, com a evolução da suinocultura, muitos problemas ambientais foram agravados em praticamente todas as regiões, devido à alta concentração de animais por área, característica do sistema de produção em regime de confinamento.

A criação intensiva de suínos nas fases de crescimento e terminação, adotada pela maioria dos produtores, inclui instalações com piso de concreto, nas quais a retirada dos dejetos é feita com a utilização de grandes volumes d'água. Essas águas residuárias são conduzidas para unidades de tratamento ou lançadas indiscriminadamente em cursos d'água.

DARTORA et al. (1998), concluíram que boa parte dos sistemas de criação de suínos existentes no Brasil resulta em elevada produção de dejetos líquidos, gerando problemas de manejo, armazenamento, distribuição e poluição ambiental. Somente no Estado de Santa Catarina, 80% das fontes de água e a maioria dos rios e riachos do oeste e meio oeste estão contaminados. Levantamentos realizados em zonas rurais das regiões produtoras de suínos do Estado revelam que 85% das fontes de água estão contaminados por coliformes fecais, oriundos do lançamento direto de esterco de suínos em cursos ou mananciais d'água (LOHMANN et al., 1999).

O uso de camas sobrepostas sobre o piso, como alternativa ao tradicional de piso de concreto, vem se tornando uma prática constante na criação de suínos nas fases de crescimento e terminação, pois evita a utilização de lagoas para tratamento de dejetos. O sistema também proporciona a obtenção de um subproduto apto a ser utilizado como fertilizante na agricultura, além de manter ou melhorar a condição ambiental interna da instalação (CORRÊA, 1998).

Com o presente trabalho objetivou-se avaliar camas sobrepostas de maravalha e de casca de arroz, em comparação com o piso tradicional de concreto para criação de suínos durante as fases de crescimento e terminação. A avaliação foi feita com base na qualidade do ar, no ambiente térmico e no desempenho dos animais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O ambiente que envolve o animal é constituído de fatores físicos, químicos e biológicos cujos níveis intoleráveis podem causar impactos negativos na produção animal. Os fatores térmicos e luminosos variam ciclicamente com o tempo e são exemplos daqueles de grande influência no ambiente. Quando o calor metabólico do animal acrescido daquele ganho do ambiente equivale ao dissipado, esse ambiente é considerado confortável, o animal está em equilíbrio térmico e normalmente com máximo rendimento (CURTIS, 1983).

Considerando que as diferentes fases do ciclo produtivo dos suínos são conduzidas em edificações com maior ou menor grau de fechamento, o ambiente interno passa a ser resultante do somatório das condições ambientais reinantes nas vizinhanças dos animais.

Segundo BAÊTA e SOUZA (1997), o ambiente interno de uma instalação é o resultado, entre outros, das condições locais externas, das características construtivas, dos materiais de construção, da espécie e número de animais alojados, do manejo e das modificações causadas pelos equipamentos.

A determinação da zona de conforto térmico depende de fatores como peso e idade do animal, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética, além de fatores ligados ao ambiente. Devido a estes fatores, existem grandes diferenças na literatura em relação às zonas de conforto térmico e os limites da temperatura ambiental crítica superior e inferior para as diferentes fases da vida dos suínos. De acordo com PERDOMO (1994), a temperatura ambiental ótima para suínos na fase de crescimento está compreendida entre 18 e 23 °C, com 60 a 80% de umidade relativa e velocidade do ar incidente sobre os animais entre 0,1 e 0,2 m.s<sup>-1</sup>.

Segundo BENEDI (1986) a faixa de temperatura ambiental recomendada para suínos em crescimento e terminação é de 15 a 18 °C, associada a uma umidade relativa

do ar de 70%. Mas VEIT e TROUTT (1982), recomendam que a faixa de conforto térmico para estas fases deve situar-se entre 12 e 21 °C com umidade relativa do ar de 75%. Fora dessa faixa de temperaturas efetivas ambientais, na qual o animal encontra-se confortável, estabelece-se o estresse. Quando a causa é o calor em excesso, o animal busca meios de perdê-lo para o ambiente, tendo em vista seu objetivo de manter constante a temperatura do núcleo corporal. Em geral, a temperatura retal normal média, representativa da corporal dos suínos situa-se entre 38,8 e 39,2 °C (HANNAS, 1999).

As perdas de calor dos suínos para o ambiente se dão por vias secas ou sensíveis (condução, radiação e convecção) e por vias úmidas ou latentes (evaporação). Por outro lado, as evaporativas ocorrem quando o ar ambiente tem condições de incorporar a umidade disponibilizada pelo animal.

No processo termorregulatório as formas latentes de troca de calor constituem, segundo ROSENBERG et al. (1983), mecanismo importante de dissipação de calor.

Na tentativa de perder calor sensível os suínos passam inclusive a apresentar mudanças comportamentais, permanecendo 60 a 80% do tempo deitados sobre locais molhados por água ou por seus excrementos, procurando manter o focinho em direção ao vento. Deitados, eles mantêm 10 a 20% da superfície corporal em contato com o solo (SYDENSTRICKER, 1993).

As perdas de calor pela pele, por evaporação, dependem do número de glândulas sudoríparas. O porco tem glândulas sudoríparas no focinho e umas poucas espalhadas pelo corpo, totalizando aproximadamente 25 por cm<sup>2</sup> e a maioria delas tem função termorregulatória desprezível (BAËTA e SOUZA, 1997). Assim, a perda de calor latente pela superfície da pele, segundo INGRAM (1965), é mínima, pois essas glândulas são praticamente afuncionais. Desta forma, a dissipação de calor por evaporação, por meio do trato respiratório, é a forma mais efetiva nos suínos. Com a alta umidade relativa do ar, esse mecanismo fica muito prejudicado.

Para BAËTA e SOUZA (1997), os fatores externos tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos. Dessa forma há a necessidade do animal ajustar mecanismos fisiológicos para o balanço de calor.

Dentre os fatores intrínsecos, tem-se a teoria termostática que descreve a influência da temperatura ambiental sobre o consumo alimentar (MACARI et al., 1994). A alteração do consumo alimentar, em função da temperatura ambiente é um dos

mecanismos que possibilitam ao animal regular sua temperatura corporal dentro de um limite térmico compatível com sua atividade metabólica. A teoria pressupõe a existência de um ponto de referência (set point) térmico corporal, acima do qual, o consumo alimentar seria diminuído e, abaixo, aumentado.

Dentro de uma instalação, o piso ocupado pelos suínos gera uma quantidade de calor total em torno de 170 W na fase inicial de crescimento e 250 W no final da terminação, enquanto que em cama sobreposta gera-se constantemente em torno de 300 W, em função do processo de compostagem que ali decorre (OLIVEIRA, 1999a). Para suínos entre 30 e 100 kg, o fluxo de calor gerado no processo de compostagem da cama ( $Q_{tot}$ ) pode ser estimado pela seguinte equação (OLIVEIRA, 1999b):

$$Q_{tot} = (1,704 \times m) + 5,2384 \dots \dots \dots (eq. 01)$$

em que:

$Q_{tot}$  = quantidade de calor total, em W.m<sup>-2</sup>; e  
m = massa do suíno, em kg.

No processo de termorregulação o hipotálamo é responsável pelo controle da produção e dissipação de calor por meio de diversos mecanismos, como por exemplo, o fluxo de sangue pela pele (mecanismo vasomotor), ereção de pêlos, modificações na frequência respiratória e no metabolismo (SYDENSTRICKER, 1993).

Quando o processo de termorregulação passa a exigir um esforço extra, aparece como consequência a queda relativa na produtividade do animal.

A zona de termoneutralidade é limitada pela temperatura crítica inferior, ou seja, pela temperatura ambiental abaixo da qual o animal tem sua temperatura corporal relativamente abaixada, apesar do acionamento de seus mecanismos termorregulatórios, no sentido de, significativamente, produzir o calor necessário para balancear a dissipação de calor para o ambiente frio; e pela temperatura crítica superior, que é a temperatura ambiental, acima da qual ocorre uma elevação relativa da temperatura corporal, apesar da ação de termorregulação, no sentido de auxiliar o animal na dissipação de calor corporal para o ambiente. Pode ser citado, como exemplo de termorregulação, a ocorrência de tremor muscular, quando a temperatura ambiental está baixa, ou de

respiração acelerada ou suor, quando essa temperatura está elevada, com relação à temperatura de máximo conforto (CURTIS, 1983).

A temperatura, por si só, não é suficiente para qualificar as condições térmicas ambientais. Deve-se levar, também em consideração a umidade e velocidade do ar e também a radiação térmica.

Segundo CURTIS (1983), há muito se busca quantificar um determinado ambiente térmico por meio de um único parâmetro. Este parâmetro tem sido chamado de temperatura efetiva, equivalente ou aparente. Desta forma, por exemplo, a temperatura ambiental efetiva expressa, teoricamente, o efeito total de um dado ambiente no balanço de calor do animal, onde os efeitos da umidade, do vento e da radiação são traduzidos na forma de unidades de medida de temperatura.

Em condições de calor os suínos adultos são mais afetados que os jovens, devido a maior camada de gordura subcutânea, que os torna inábeis para dissipar o calor corporal (PHILLIPS e PIGGINS, 1992; CLAQUE, 1979).

SUGAHARA et al. (1970) verificaram que suínos em fase de crescimento e terminação, quando expostos a temperaturas altas (33 °C) apresentaram diminuição do consumo alimentar de 32% e, quando expostos a temperaturas baixas (7 °C), aumentaram o consumo alimentar em 21%, ambos comparados com um ambiente termoneutro de temperatura em torno de 23 °C.

O limite de tolerância do suíno à umidade relativa depende da temperatura ambiente, de sua idade e de suas características físicas e metabólicas (VEIT e TROUTT, 1982).

MACHADO (1985) demonstrou o efeito negativo da combinação de elevados valores de temperatura ambiente com altos valores de umidade do ar; a conseqüente redução na quantidade de calor dissipado por suínos adultos na forma evaporativa (latente), promoveu diminuição no consumo de ração e aumento de suas freqüências respiratórias e temperatura retal.

Para caracterizar o ambiente, alguns índices têm sido desenvolvidos e utilizados com objetivo de prever, por meio de um único valor, as condições, térmicas por exemplo, de um determinado ambiente.

O índice de temperatura efetiva para suínos, segundo CURTIS (1983), é dado pela equação:

$$T_e = (0,65 \times T_{bs}) + (0,35 \times T_{bu}) \dots\dots\dots (eq. 02)$$

em que:

$T_e$  = temperatura efetiva, em °C;  
 $T_{bs}$  = temperatura de bulbo seco, em °C; e  
 $T_{bu}$  = temperatura de bulbo úmido, em °C.

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), proposto por BUFFINGTON et al. (1977), a partir do índice de temperatura e umidade (ITU) desenvolvido por THOM (1958), considera em um único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa, da radiação e da velocidade do ar. Este índice que tem sido usado para avaliar as condições de conforto animal é calculado por meio da seguinte equação:

$$ITGU = T_{gn} + (0,36 \times T_{po}) - 330,08 \dots\dots\dots (eq. 03)$$

em que:

$T_{gn}$  = temperatura de globo negro, em Kelvin (K); e  
 $T_{po}$  = temperatura do ponto de orvalho, em Kelvin (K).

TURCO (1993), estudando os efeitos da ventilação e do resfriamento evaporativo para porcas em lactação, observou que o ITGU crítico foi em torno de 72. O autor ainda aliou ao índice o aumento da frequência respiratória e temperatura retal, evidenciando desconforto térmico.

A umidade relativa do ar é um elemento climático que auxilia na determinação do conforto térmico ambiente e pode ser expressa pela seguinte equação:

$$UR = \left( \frac{e}{e_s} \right) \times 100 \dots\dots\dots (eq. 04)$$

em que:

UR = umidade relativa do ar, em %;  
 $e$  = pressão real de vapor d'água na atmosfera, em hPa; e  
 $e_s$  = pressão de saturação do vapor d'água, em hPa.



Outro indicador das condições térmicas ambientais é 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, podendo ser determinada, segundo ESMAY (1974), pela equação de Stefan-Boltzmann:

$$CTR = \sigma \times (TRM)^4 \dots\dots\dots (eq. 05)$$

em que:

CTR = carga térmica radiante, em W.m<sup>-2</sup>;  
 $\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann, 5,67x10<sup>-8</sup> W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-4</sup>; e  
 TRM = temperatura radiante média, em Kelvin (K).

A temperatura radiante média (TRM) 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 atual considerado (BOND e KELLY, 1955). A TRM pode ser expressa pela equação a seguir:

$$TRM = 100 \times \sqrt[4]{2,51 \times \sqrt{v \times (T_{gn} - T_{bs}) + \left(\frac{T_{gn}}{100}\right)^4}} \dots\dots\dots (eq. 06)$$

em que:

v = velocidade do ar, em m.s<sup>-1</sup>; e  
 T<sub>bs</sub> = temperatura de bulbo seco, em Kelvin (K).

A CTR, no interior de abrigos, é influenciada pela orientação da construção, altura do pé-direito, altura do animal e sua localização sob a construção, existência de paredes, tipo de material de construção e de cobertura, entre outros.

Durante o dia, a cobertura reduz a carga térmica de radiação proveniente do sol e do céu, substituindo uma área de solo que seria aquecida por uma área sombreada. Dessa forma, o material de cobertura passa a ser um elemento importante no processo de troca de calor (SARTOR, 1997).

Experimentos realizados por TEIXEIRA (1983), PIASENTIN (1984), ROSA (1984), ABREU (1986), TINÔCO (1988), TURCO (1993), FERREIRA (1996) e TINÔCO (1996)

mostraram que a redução da CTR pelas instalações é significativa, superando em muitos casos a 50%.

A criação de suínos de forma intensiva é a mais utilizada, pois permite o controle dos animais, além de facilitar o tratamento e prevenção de doenças. Nesse sistema todas as categorias estão sobre piso e sob cobertura. As fases da criação podem ser desenvolvidas em um ou em vários prédios.

A necessidade de área para a criação é mínima, a não ser a área do solo usada para a produção de alimentos. O investimento em custeio e equipamentos é muito alto, podendo chegar muito próximo de dois mil dólares por matriz alojada, desconsiderando-se o valor da terra (SOBESTIANSKY, et al., 1998).

Nesse sistema, a produção, armazenagem e destino dos dejetos devem merecer tanta atenção quanto às demais questões relativas à criação.

É possível, dentro do conceito de confinamento, ter-se uma grande variação nos tipos de edificações, nos tipos de equipamentos e nos materiais utilizados, tanto para as edificações como para os equipamentos.

De acordo com GOMES et al. (1992), a avaliação era de que, em 1990, 40% das criações no país utilizavam esse sistema. O mesmo autor mencionou projeções para os anos de 1995, de 48% e de 2000, de 61%, indicando tendência de expansão.

Segundo ÁVILA et al. (1992), cama é definida como todo material empregado para servir de leito aos animais e que irá receber as excreções. Este material, geralmente orgânico, altera as características de dureza do piso, evita a umidade e o frio, além de evitar a aderência das dejeções e facilita a remoção de dejetos no final de cada ciclo de criação (LANCINI, 1986).

A qualidade do material utilizado, normalmente tem influência no desempenho produtivo e nas condições do lote. Por isso, o material a ser utilizado deve apresentar características específicas em relação à modificação do meio, proporcionar conforto aos animais, evitar oscilações de temperatura e o contato direto dos animais com as excreções (ÁVILA et al., 1992).

A cama de maravalha tem sido bastante utilizada na criação de suínos. A maravalha é obtida a partir de raspas de madeira, de forma industrial ou do beneficiamento de madeiras da indústria de móveis, com partículas de tamanho

aproximado de 3 cm. As madeiras utilizadas têm sido: pinheiro, pinus, canela, cedro, entre outras.

Outro material que tem sido bastante usado como cama é a casca de arroz. De acordo com TUMELERO (1998), este material absorve pouco os dejetos e proporciona a proliferação de moscas, principalmente durante o primeiro lote. Desta forma, para evitar a infiltração dos dejetos líquidos através do solo, caso a cama seja colocada sobre solo nu, recomenda-se que seja feita uma boa compactação do mesmo antes que ele seja introduzido no sistema.

O sistema de crescimento e terminação de suínos sobre cama tem sido considerado alternativa viável quando comparado com o sistema tradicional de confinamento sobre piso ripado (GENTRY et al., 2001). Suas vantagens têm sido o manejo do esterco seco, lotes com maior número de animais, maior bem-estar animal e baixo investimento inicial.

De acordo com OLIVEIRA et al. (2000), este sistema, além de manter os mesmos índices zootécnicos obtidos no sistema convencional, apresenta vantagens como melhor valorização agrônômica do dejetos devido ao acúmulo dos nutrientes N, P e K. Para CASAGRANDE (2002), a criação em cama sobreposta confere ao suíno um "estilo de vida" mais próximo daquele verificado quando da própria origem do animal, com mais espaço para se locomover, gerando, inclusive, uma carne bem mais saborosa.

LAY et al. (2001) observaram que suínos terminados sobre cama apresentaram menos comportamentos anormais, brincaram mais, tiveram menos lesões nas pernas que os terminados em sistema de confinamento sem cama. MACHADO FILHO et al. (2001) observaram que a presença de palha na baía de suínos de 10 semanas de idade provocou uma redução no comportamento de fuçar e morder os companheiros de baía.

Segundo MONETTI e TONON (1994), todas as fases da atividade suinícola (pré-cobrição, cobrição, gestação, maternidade, creche, crescimento e terminação) podem ser desenvolvidas sobre cama, necessitando apenas de adaptações específicas para manutenção dos índices produtivos. Os suínos preferem deitar sobre a palha quando a temperatura é baixa e sobre o concreto quando a temperatura é alta (FRASER, 1985).

Segundo DARTORA et al. (1998), no sistema de cama, a entrada do primeiro lote de animais e/ou a troca da cama deverão ocorrer no período de inverno. Isso porque a cama nova no início do lote libera bastante calor, devido à intensa degradação da matéria

orgânica por microrganismos termofílicos, podendo provocar estresse térmico aos animais caso a temperatura ambiente também esteja elevada.

Independente do sistema adotado há normalmente a formação de diversos gases no interior das instalações, podendo os mesmos ser nocivos e até letais, dependendo de suas concentrações.

Os gases encontrados no ar interno de instalações destinadas a criações de animais podem ter efeitos primários e secundários. Os primeiros agrupam ações sobre os tecidos do trato respiratório, pele e olhos, quando os animais são expostos diretamente ao ambiente com altas concentrações. Os efeitos secundários estão relacionados à absorção dos gases pela corrente sanguínea resultando em reações sistêmicas (CURTIS, 1983).

A amônia é o principal gás encontrado em instalações para suínos, podendo ocorrer em níveis bastante altos. Segundo CURTIS (1983), este gás é um irritante primário que pode causar efeitos secundários, como o envenenamento. A NIOSH (1996) recomenda que a concentração máxima do gás não seja superior a 25 ppm, bem mais elevada que aquela sugerida por pesquisadores da Europa, que é da ordem de 10 ppm (HEBER, 1998). Geralmente, os níveis da amônia são mais elevados no verão.

OLIVEIRA (2000), em experimento realizado no Laboratório de Bioclimatologia do INRA-França, comparando o sistema de cama sobreposta com o sistema de piso ripado, constatou que as concentrações médias de amônia observadas foram significativamente menores no sistema de camas.

A cama absorve o componente líquido do resíduo separando-o dos sólidos, reduzindo a velocidade do processo de decomposição que produz combinações como amônia e sulfeto de hidrogênio (CHAPIN et al., 1998).

Em níveis altos, a amônia pode causar pneumonias e diminuir a taxa de crescimento dos animais (HEBER et al., 1998). Em altas concentrações encontradas em instalações fechadas, o primeiro impacto, segundo CURTIS (1983), é como irritante dos olhos e das membranas respiratórias. Como estressor crônico, a amônia pode afetar o curso de doenças infecciosas como também influenciar diretamente o crescimento dos animais.

Segundo Harmon e Xin (1995) citados por SANTOS (2001), os níveis máximos tolerados dos principais poluentes normalmente detectados nas instalações de suínos

são: amônia (NH<sub>3</sub>): a partir de 10 ppm; gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S): a partir de 5 ppm e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): 3000 ppm. Os autores ressaltam que qualquer exposição pode ser prejudicial à saúde dos animais e também a combinação destes poluentes, mesmo em níveis reduzidos, pode ser prejudicial aos animais.

A amônia (NH<sub>3</sub>) pode ser facilmente detectada por meio do odor, na concentração de 5 ppm ou mais. A partir de 50 ppm passa a afetar o crescimento e a saúde dos animais e sendo mais leve que o ar, tende a concentrar-se junto à cobertura das instalações. Sua concentração depende muito da higiene local da eficiência da ventilação.

Assim como os fatores térmicos do ambiente afetam o desempenho dos animais, a qualidade do ar no interior das instalações também. O desempenho dos animais pode ser avaliado pelo índice de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA). Estes parâmetros são influenciados pelo ambiente térmico e outros fatores, a exemplo do nível nutricional, do efeito de restrição alimentar, do sexo e do genótipo (BELLAVAR et al., 1997).

Em condições de alimentação à vontade, é geralmente aceito que o desempenho ótimo de suínos em crescimento e terminação ocorra quando a temperatura esteja em torno de 20 °C (LE DIVIDICH et al., 1992).

HEITMAN e HUGHES (1949), estudando os efeitos da temperatura, desde 4 até 43 °C com 50% de umidade relativa do ar, sobre o desempenho de suínos em várias faixas de peso, desde 45 até 160 kg, verificaram que quanto mais pesado o animal, maior sua sensibilidade ao calor.

A água também é um nutriente essencial para os suínos. Se não for ministrada em quantidades adequadas e com qualidade pode haver queda no desempenho. A água corresponde a 75% do peso corporal do suíno. Ela é responsável pela manutenção dos tecidos, movimentação dos nutrientes no interior da célula, proteção do sistema nervoso entre outras funções (PORKWORLD, 2002).

A temperatura da água considerada ideal para consumo dos suínos é de 12 a 18 °C. Em climas quentes, quanto mais quente a água, menor o seu consumo: estudos demonstraram que para a temperatura ambiental superior a 25 °C, água com temperatura de 12 a 30 °C, o consumo de água pelos animais foi 63% menor quando ela estava quente (PORKWORLD, 2002).

Segundo Mamede (1980), Conrad e Mayrose (1971), citados por CORRÊA (1998), os suínos em crescimento e terminação consomem em torno de 5,5 litros de água.cabeça<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> e produzem de 2,0 a 2,5 litros de urina, enquanto Bodman (1994), citado pelo mesmo autor, sugere um fluxo de água por bebedouro para estas fases de 4,0 a 7,0 e de 5,0 a 10 litros de água.cabeça<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> para crescimento e terminação, respectivamente.

A quantidade de dejetos produzidos por uma criação de suínos tem grande influência das épocas do ano, independente do tamanho do animal. O incremento na quantidade de resíduo durante o verão deve-se ao aumento da produção de urina, que é influenciado pela dieta e pela temperatura ambiente, fazendo com que maior quantidade de água seja ingerida pelo animal (Brumm et al., 1980; Konzen, 1983 e Perdomo, 1995, citados por TUMELERO, 1998).

De acordo com Konzen (1983) citado por TUMELERO (1998), suínos em crescimento e terminação consomem aproximadamente 5,5 litros de água.cabeça<sup>-1</sup> por dia e produzem de 2,0 a 2,5% do seu peso vivo de urina.

Em seu estudo SILVA (1973) encontrou que a quantidade de água gasta na higienização das baias é variável de acordo com sua disponibilidade, o tipo de instalação e hábitos do criador. Ele relata ainda que este valor está compreendido entre 5 e 10 litros cabeça<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. Para TAIGANIDES (1986), a quantidade de água utilizada para limpeza é da ordem de 20 litros cabeça<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> em lugares fechados.

Com a intensificação da produção de suínos e o sistema de confinamento, houve um aumento do volume de dejetos produzidos por unidade de área. Para eliminar tais resíduos os produtores passaram a lançá-los nos cursos d'água, sem tratamento prévio, poluindo mananciais, além de colocarem em risco a saúde animal e humana (PERDOMO, 1995).

A utilização dos dejetos na alimentação animal, na adubação e na produção de biogás, bem como o tratamento dos resíduos, são as formas mais comumente empregadas para solucionar o problema de destinação dos resíduos gerados pela atividade suinícola (LOURES, 1998).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves da EMBRAPA (EMBRAPA - CNPSA), localizado no Distrito de Tamanduá, na cidade de Concórdia, Estado de Santa Catarina, situada a 584,0 metros de altitude, com Latitude de 27°18' S e Longitude de 51°59' O.

A pesquisa foi conduzida no período de 05 de dezembro de 2002 a 11 de abril de 2003, compreendendo o período de verão. A classificação climática da região, de acordo com Köppen é de clima subtropical úmido (Cfa) e sem deficiências hídricas. No verão, a média das máximas diárias fica entre 29 e 31 °C, sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes. As chuvas são regulares e bem distribuídas, sem estação seca definida, verões quentes e com precipitações totais anuais acima de 1.500 mm.

As edificações utilizadas para a execução do experimento foram três prédios com idênticas dimensões e características construtivas, com pilares e treliças em aço galvanizado e cobertura com telhas de fibrocimento, inclinação de 15%, beiral de 1,5 m e lanternim; possuindo pé direito de 3,25 m. Os fechamentos laterais com 1,0 m de altura eram constituídos de placas vazadas de concreto e/ou grades de ferro. As instalações estavam distanciadas 10 metros entre si, com orientação conforme Figura 1. Cada prédio possuía uma área total de 120 m<sup>2</sup> (12,0 x 10,0 m), divididos em quatro baias de 30 m<sup>2</sup> (5,0 x 6,0 m).

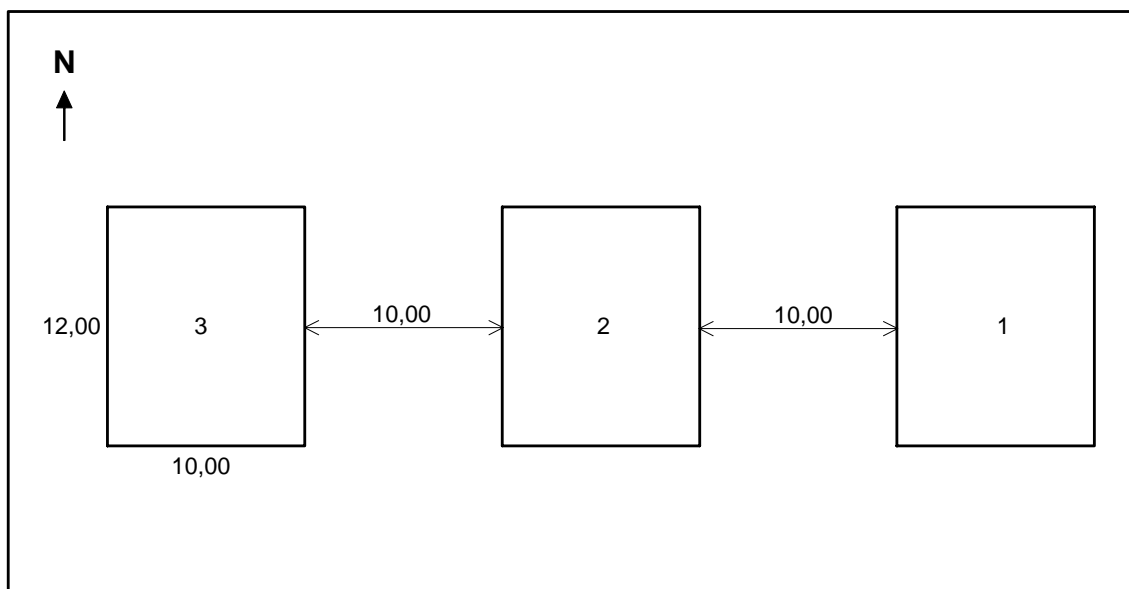


Figura 1 - Croqui de situação das instalações utilizadas no experimento: 1. cama de maravalha, 2. cama de casca de arroz e 3. piso de concreto.

Nos prédios 1 e 2 estavam as camas compostas de maravalha e casca de arroz, respectivamente (Tratamento 1 e Tratamento 2), e no terceiro prédio o piso convencional de concreto (Tratamento 3).

As camas utilizadas neste experimento eram provenientes de outro realizado durante o período de agosto a novembro de 2002, sendo que durante a condução da pesquisa foram feitas três adições de casca de arroz (tratamento 2), em decorrência de vazamentos na tubulação de água que alimentava a instalação. Cada uma das baias destas instalações possuía uma área composta de cama de  $21 \text{ m}^2$  ( $4,2 \times 5,0 \text{ m}$ ) e com uma profundidade média de  $0,5 \text{ m}$ . Existia ainda uma área pavimentada, com concreto simples e argamassa, de  $9,0 \text{ m}^2$  ( $1,8 \times 5,0 \text{ m}$ ), onde estavam localizados o bebedouro e o comedouro, com  $9,0 \text{ m}^2$  ( $1,8 \times 5,0 \text{ m}$ ). Este piso cimentado tinha como finalidade evitar que a ração fosse derramada na cama pelos suínos ou o molhamento quando estes fossem beber água. A área útil por suíno nas baias era de  $1,16 \text{ m}^2$ .

Na Figura 2 está representado o modelo da instalação utilizada no experimento. Nessa, especificamente, o galpão que recebeu o tratamento 2 (cama de casca de arroz), localizado à esquerda, entre o de piso de concreto (tratamento 3) e o de cama de maravalha (tratamento 1), este à direita.





Figura 2 - Vista externa do prédio 2 (tratamento cama de casca de arroz).

As instalações eram circundadas por uma vegetação de porte arbóreo que tinha a finalidade de amenizar os efeitos diretos dos raios solares e proporcionar um melhor conforto aos animais ali alojados. Toda área em torno das instalações era gramada, como se observa na Figura 2.

No prédio 3 (tratamento 3), o piso era sólido, de concreto, com parte vazada, dotada de fosso, por onde os dejetos eram carreados, na forma líquida, até uma esterqueira localizada nas proximidades. A limpeza dessa instalação e conseqüente abastecimento da esterqueira era feita de 2 a 3 vezes por semana. Essas águas residuárias, então tratadas, eram aproveitadas como fertilizantes em culturas. Nesse tratamento cada baia permitia uma área útil por suíno de 1,66 m<sup>2</sup>.

As baias foram equipadas com um bebedouro e um comedouro, instalados na parte concretada (Tratamentos 1 e 2). Na Figura 3 é mostrado o detalhe do comedouro, em uma das baias, utilizado no experimento.

O comedouro utilizado era do tipo cocho com plataforma de ferro fundido em polietileno com válvula para umedecer a ração. Este tipo de comedouro permitia ao animal ingerir a ração úmida ou seca.

O bebedouro era em polietileno, do tipo taça e possuía um filtro regulador de vazão com a finalidade de evitar o desperdício da água ou que ocorresse o transbordamento.



Figura 3 - Vista do comedouro utilizado no experimento.

No experimento foram utilizados 216 animais (machos castrados e fêmeas) provenientes das granjas da própria EMBRAPA Suínos e Aves, filhos de cruzamento de fêmeas F1 (Landrace  $\times$  Large White), os quais foram previamente separados em lotes uniformes de 72 por instalação (tratamento). Cada uma destas foi dividida em quatro boxes (baias), recebendo 18 animais nas fases de crescimento e terminação, com peso médio inicial de 25 kg e idade média de 63 dias, numa área média útil de 1,4 m<sup>2</sup> por animal.

Os animais receberam idêntico manejo e tratamento alimentar. Na Tabela 1A é apresentada a dieta fornecida aos animais durante as fases do experimento.

Os aminoácidos essenciais das dietas experimentais foram calculados para manter uma relação constante, tendo como referência a lisina digestível. A relação usada foi de 100:70:20:65 para lisina, treonina, triptofano e aminoácidos sulfurados digestíveis, respectivamente, de acordo com HAHN e BAKER (1995), que indicaram esta relação na avaliação com machos castrados e fêmeas na faixa de peso entre 56 a 90 kg. Para os demais aminoácidos essenciais foi observada uma relação mínima, porém variável, mas não inferior a 100:37,5:30:32:60:100:95 para lisina, metionina, arginina, histidina, isoleucina, valina, leucina e fenilalanina + tirosina digestíveis, respectivamente, conforme CHUNG e BAKER (1992).

TABELA 1A - Níveis nutricionais calculados com base na formulação das rações adotadas para os suínos nas diferentes faixas de peso na fase de crescimento e terminação (expresso na base matéria natural).

| Parâmetro                        | 20 - 50 kg<br>de peso vivo | 50 - 75 kg<br>de peso vivo | 75 até peso<br>de abate |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Energia Metabolizável (kcal/kg)  | 3300                       | 3300                       | 3300                    |
| Proteína Bruta (%)               | 16,1                       | 14,8                       | 13,5                    |
| Fibra Bruta (%)                  | 2,810                      | 2,700                      | 2,580                   |
| Cálcio (%)                       | 0,540                      | 0,450                      | 0,400                   |
| Fósforo Total (%)                | 0,330                      | 0,310                      | 0,290                   |
| Fósforo Disponível (%)*          | 0,110                      | 0,100                      | 0,097                   |
| Sódio (%)                        | 0,100                      | 0,100                      | 0,100                   |
| Lisina Total (%)                 | 1,130                      | 0,980                      | 0,900                   |
| Metionina (%)                    | 0,320                      | 0,310                      | 0,310                   |
| Metionina+Cistina (%)            | 0,610                      | 0,590                      | 0,560                   |
| Triptofano (%)                   | 0,200                      | 0,180                      | 0,170                   |
| Treonina (%)                     | 0,690                      | 0,650                      | 0,610                   |
| Arginina (%)                     | 1,030                      | 0,930                      | 0,830                   |
| Fenilalanina+Tirosina (%)        | 1,610                      | 1,250                      | 1,130                   |
| Isoleucina Total (%)             | 0,660                      | 0,610                      | 0,550                   |
| Extrato Etéreo (%)               | 3,880                      | 3,710                      | 3,590                   |
| Arginina Digestível (%)          | 0,910                      | 0,820                      | 0,730                   |
| Histidina Digestível (%)         | 0,360                      | 0,340                      | 0,310                   |
| Isoleucina Digestível (%)        | 0,550                      | 0,500                      | 0,450                   |
| Leucina Digestível (%)           | 1,270                      | 1,180                      | 1,110                   |
| Lisina Digestível (%)            | 0,900                      | 0,840                      | 0,760                   |
| Metionina Digestível (%)         | 0,280                      | 0,280                      | 0,270                   |
| Metionina+Cistina Digestível (%) | 0,510                      | 0,490                      | 0,470                   |
| Fenilalanina+Tirosina Dig. (%)   | 1,030                      | 1,060                      | 0,960                   |
| Treonina Digestível (%)          | 0,540                      | 0,510                      | 0,480                   |
| Triptofano Digestível (%)        | 0,170                      | 0,160                      | 0,130                   |
| Valina Digestível (%)            | 0,610                      | 0,560                      | 0,510                   |

\* A adição da enzima fitase na ração (produto NATUPHOS BASF) complementa o nível necessário de fósforo disponível para alcançar o nível de exigência nutricional na dieta, respectivamente de 0,23 %, 0,19 % e 0,15% segundo o NRC (1998).

As rações experimentais, apresentadas na Tabela 1B, foram calculadas com base na análise da proteína bruta dos ingredientes e nos coeficientes de digestibilidade ideal aparente dos aminoácidos apresentados pela BIOLATINA (1992). A digestibilidade da

lisina sintética foi considerada 100 % conforme LEIBHOLZ et al. (1986) e IZQUIERDO et al. (1988).

Os minerais foram calculados para atender as exigências nutricionais e, sobretudo, para evitar o seu excesso nas dietas e conseqüentemente evitar a excreção dos excessos. A enzima fitase foi utilizada para reduzir a quantidade de fósforo total nas dietas e foi utilizado o critério de equivalência entre a concentração de fitase e o valor correspondente em fósforo disponível. O nível de cálcio foi reduzido em 10% abaixo das exigências conforme recomendação quando é utilizada a fitase em dietas de monogástricos.

TABELA 1B - Composição das rações fornecidas aos suínos nas diferentes faixas de peso na fase de crescimento e terminação (expresso na base matéria natural).

| Ingrediente                          | 20 - 50 kg<br>de peso vivo | 50 - 75 kg<br>de peso vivo | 75 kg até peso de<br>abate |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Óleo de soja degomado                | 1,07                       | 0,81                       | 0,60                       |
| Farelo de soja                       | 23,25                      | 20,43                      | 16,97                      |
| Milho moído                          | 73,56                      | 76,85                      | 80,69                      |
| Calcário calcítico                   | 1,24                       | 1,05                       | 0,93                       |
| Fosfato bicálcico                    | 0,06                       | 0,02                       | 0,00                       |
| Sal comum                            | 0,15                       | 0,15                       | 0,15                       |
| DL Metionina                         | 0,06                       | 0,07                       | 0,08                       |
| L Triptofano                         | 0,01                       | 0,01                       | 0,02                       |
| L Lisina                             | 0,25                       | 0,27                       | 0,27                       |
| L Treonina                           | 0,08                       | 0,09                       | 0,11                       |
| Cloreto de colina 70%                | 0,10                       | 0,08                       | 0,05                       |
| Natuphos – BASF                      | 0,01                       | 0,01                       | 0,01                       |
| Pré-mistura Vitamínica Rovimix       | 0,12 <sup>1</sup>          | 0,12 <sup>1</sup>          | 0,10 <sup>2</sup>          |
| Pré-mistura Micromineral – Roligomix | 0,04 <sup>3</sup>          | 0,04 <sup>3</sup>          | 0,02 <sup>4</sup>          |
| Total (%)                            | 100,00                     | 100,00                     | 100,00                     |

Fornecendo por kg de ração: 1) Vit. A, 7200 UI; Vit. D3, 1800 UI; Vit. E, 18 UI; Vit. K, 1,8 mg; Tiamina, 1,62 mg; Riboflavina, 4,8 mg; Piridoxina, 2,4 mg; Vit. B12 24 µg; Niacina, 24 mg; Ácido Pantotênico, 11,2 mg; Ácido Fólico, 0,72 mg; Biotina, 96 µg; 2) Vit. A, 6000 UI; Vit. D3, 1500 UI; Vit. E, 15 UI; Vit. K, 1,5 mg; Tiamina, 1,35 mg; Riboflavina, 4,0 mg; Piridoxina, 2 mg; Vit. B12 20,0 µg; Niacina, 20,0 mg; Ácido Pantotênico, 9,3 mg; Ácido Fólico, 0,6 mg; Biotina, 80 µg; 3) Selênio; 0,36 mg; Ferro, 40 mg; Cobre, 4 mg; Manganês, 4 mg; Zinco, 40 mg; Iodo, 0,6 mg; e 4) Selênio; 0,30 mg; Ferro, 20 mg; Cobre, 2 mg; Manganês, 2 mg; Zinco, 20 mg; Iodo, 0,3 mg.

Para a caracterização do ambiente térmico foram medidas as temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido e velocidade do ar no interior das instalações. As medições foram feitas a uma altura média de 0,40 m em relação ao nível do piso em todo o período experimental. Na Figura 4 está representada a localização dos sensores protegidos dos suínos por uma armação de ferro.

Para obtenção das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido foi montado um psicrômetro aspirado. Na medição de temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido e de globo negro, foram utilizados sensores termopares tipo TT-T-24, de cobre e constantan.

As velocidades do ar no interior das instalações foram determinadas utilizando-se anemômetros de fio quente modelo FMA 900-V, com faixa de operação de 0 a 0,51 m.s<sup>-1</sup> e precisão de  $\pm 2\%$ .



Figura 4 - Vista de um conjunto de sensores protegido por uma grade de ferro.

Para coletar os dados referentes ao ambiente térmico no interior das instalações foi utilizado um sistema de aquisição de dados automático, que era composto por um módulo de medição e controle (datalogger), modelo CR10X e um multiplexador modelo AM25T, conforme apresentado na Figura 5. O módulo tinha a capacidade de armazenamento de, aproximadamente, 60.000 dados numéricos. Os dados, depois de armazenados eram transferidos semanalmente para o computador, utilizando-se o

software PC 200W. O sistema de aquisição foi programado para armazenar as leituras dos sensores com intervalos de 10 minutos.

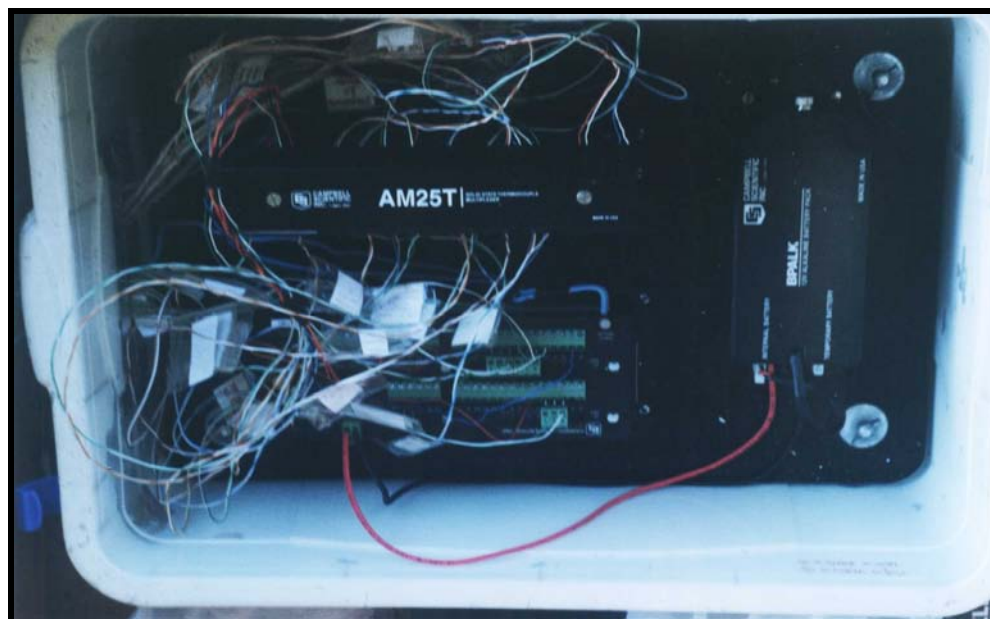


Figura 5 - Vista do sistema montado para aquisição dos dados experimentais.

Foram realizadas medições da temperatura de superfície do piso concretado e das superfícies das camas (Figura 6) em cinco pontos distintos em cada baia, em todo o período experimental nos horários de 09:00 e 15:00 horas, utilizando-se um termômetro com um sensor infravermelho de leitura direta, faixa de temperatura de -18 a 275 °C, precisão de  $\pm 2\%$  ou  $\pm 2$  °C, tempo de resposta 500 ms, 95% resposta. Para a medição da temperatura de superfície das instalações, dividiu-se as baias em cinco áreas imaginárias, sendo que duas encontravam-se na parte suja, duas na parte limpa e uma intermediária.



Figura 6 - Vista do termômetro infravermelho utilizado na medição da temperatura de superfície (camas e piso de concreto) e temperatura da pele dos animais.

O mesmo instrumento foi utilizado para a medição da temperatura da pele dos animais nos mesmos horários em que foram feitas as leituras de temperatura de superfície. Foram escolhidos, em cada Box, cinco animais ao acaso, sendo sempre três de pé e dois deitados. Nos animais em pé a leitura da temperatura foi feita no dorso e nos deitados, a medição foi feita na lateral.

Os dados climáticos referentes ao ambiente externo às instalações foram obtidos a partir de uma estação meteorológica automática, localizada a 100 metros da área onde estava montado o experimento.

Com os dados de temperatura de globo negro, de bulbo seco e bulbo úmido e velocidade do ar, foram calculados: Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Umidade Relativa do ar ambiente (UR) e Carga Térmica Radiante (CTR), de acordo com as equações 03, 04, e 05, apresentadas no item 2.

Para avaliar a qualidade do ar no interior das instalações, foi adotado como base a emissão de amônia. Para tal quantificação, foram feitas medições de concentrações instantâneas (ppm) a 0,20 m do piso. As leituras foram realizadas em dois horários (10:00 e 14:00 horas), diariamente, próximas ao local de depósito das dejeções e urinas. Para a coleta de dados foi utilizado um detector eletroquímico portátil de leitura direta da

marca Crowcon com faixa de leitura de 0 - 50 ppm, temperatura de operação de -20 a 50 °C e umidade de 0 a 95%.

Para a medição no interior das instalações, porém pelo lado de fora das mesmas, fez-se uso de um equipamento constituído de um tubo de PVC de 75 mm e 80 cm de comprimento, um joelho e outra parte de 50 cm onde foram acoplados dois ventiladores de 12 V e 300 mA. Com os ventiladores era possível succionar o ar das baias na altura do focinho dos animais, 0,20 m acima do piso.

Para avaliar o desempenho dos animais as seguintes variáveis foram estudadas: **1)** ganho de peso (GP), que é a diferença entre o peso vivo final e o peso vivo médio inicial dos suínos em cada fase; **2)** consumo de ração (CR), que é a quantidade média de ração consumida em cada fase; **3)** conversão alimentar (CA), que é a relação entre a quantidade de ração consumida e o ganho médio de peso correspondente; e **4)** consumo médio de água (CAg).

Para quantificar o consumo de água (CAg) de cada instalação durante o período experimental, foram utilizados dois hidrômetros, instalados em todas as baias de cada tratamento. Um hidrômetro media o fluxo de água para os comedouros e outro para o bebedouro. As leituras foram feitas diariamente, durante o período experimental. A diferença entre as leituras forneceu o consumo por baia.

O experimento foi dividido em três fases intermediadas por quatro pesagens, sendo uma no início, por ocasião da entrada dos animais nas instalações; duas pesagens intermediárias e uma final, antecedendo o abate dos animais. O fornecimento de ração foi ad libitum, com pesagem do que sobrava sempre que ocorresse a morte de um animal ou houvesse mudança de dieta.

Foi avaliada ainda a taxa de mortalidade, em percentagem, na qual foi considerado o número de animais mortos por instalação, em cada uma das três fases, dividido pelo número total de animais na referida instalação.

O experimento foi montado segundo esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (cama de maravalha, cama de casca de arroz e piso de concreto) e nas subparcelas os horários (de 1 a 24), utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, com 3 repetições (fases).

Na avaliação do desempenho produtivo dos animais o experimento foi montado segundo esquema de parcelas subdivididas, estando os três tratamentos nas parcelas e



nas subparcelas as três fases de observação adotando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

As fases corresponderam aos dias médios de vida dos animais, sendo: **Fase 1)** 63 a 98 dias de vida (25 - 50 kg); **Fase 2)** 98 a 126 dias de vida (50 - 75 kg); e **Fase 3)** 126 a 183 dias de vida (75 - 135 kg).

O ambiente térmico foi avaliado por meio dos índices térmicos ambientais: Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiante (CTR) e Umidade Relativa do Ar (UR). A qualidade do ar foi avaliada com base no nível de emissão de amônia. Paralelamente foram comparadas as temperaturas das camas com a do piso em concreto.

Os dados acima citados foram associados ao desempenho dos animais: Peso Vivo Médio (PV), Ganho de Peso (GP), Consumo de ração (CR) e Conversão Alimentar (CA).

Para as variáveis UR, ITGU e CTR, independentemente da interação Fase x Horário x Tratamento ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma devido à finalidade específica do estudo.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e de regressão. As médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste de Tukey. Para o fator quantitativo foi utilizada a técnica de regressão, empregando-se o teste "t" de Student, no coeficiente de determinação e no fenômeno.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação do ambiente térmico

#### 4.1.1 Temperatura ambiental

Na Figura 7 são representados os valores médios diários da temperatura do ambiente externo e interno para as três fases do experimento. Verifica-se que, ao longo do período de observação, as temperaturas seguiram o mesmo comportamento para as três fases, com as temperaturas mais baixas ocorrendo próximo das 07:00 horas e as mais altas, próximo das 19:00 horas.

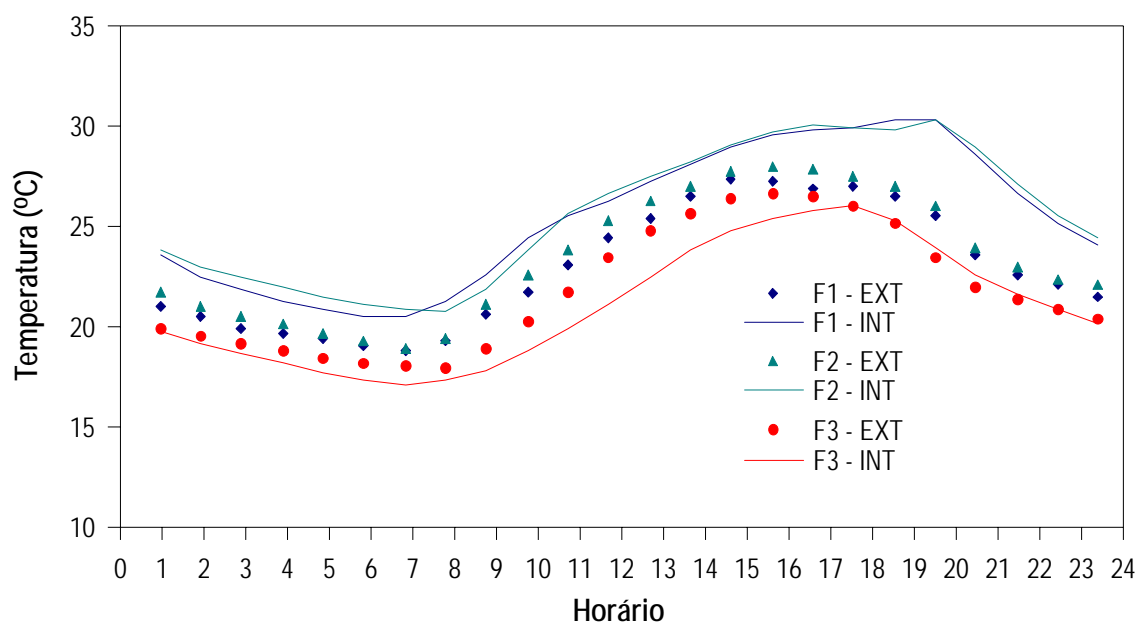


Figura 7 - Médias horárias da temperatura ambiental externa e do interior das instalações, observadas durante as três fases do experimento.

#### 4.1.2 Índices do ambiente térmico

Na Fase 1 (25 - 50 kg), a média geral da temperatura interna do ambiente foi de 25,8 °C, na Fase 2 (50 - 75 kg) foi de 26,0 °C e na Fase 3 (75 - 135 kg) foi de 21,0 °C.

Observa-se que a maior diferença média entre as fases foi de 5 °C, amplitude significativa para os suínos em crescimento e terminação. Verifica-se ainda que a temperatura média interna, nas Fases 1 e 2, manteve-se sempre acima da temperatura média externa.

Com base na Figura 7, verifica-se que na Fase 3 do período experimental, foram observados os menores valores médios de temperatura interna quando comparados com a média da temperatura externa no mesmo período. Nessa fase a temperatura interna esteve, praticamente em todo o período, abaixo da temperatura externa, os suínos estiveram em melhores condições de conforto e provavelmente, o desempenho, nessa fase, foi melhor.

De uma maneira geral, a temperatura média interna em cada fase foi superior àquela considerada de conforto térmico para os suínos em crescimento e terminação. Tal ocorrência está relacionada à estação do ano, responsável pela variação média da temperatura externa que afetou sobremaneira a temperatura do ar no interior das instalações. As características construtivas específicas de cada uma delas também foram decisivas nesse comportamento.

#### **4.1.2.1 Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)**

No Quadro 1A do Apêndice encontra-se o resumo das análises de variância referentes aos efeitos dos tratamentos, horários e fases sobre o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiante (CTR) e Umidade Relativa do Ar (UR) no interior das instalações. Observa-se que a fase, o horário e as interações Fase x Tratamento e Horário x Tratamento tiveram influência significativa sobre os valores obtidos para o ITGU. A interação dupla significativa indica que as duas variáveis agem em conjunto sobre o valor do ITGU. Sendo assim, no Quadro 1 estão representadas as comparações entre os três tratamentos, dentro de cada horário, para as três fases experimentais.

QUADRO 1 - Valores médios horários do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) para os tratamentos cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação.

| Hora  | Fase 1 |        |        | Fase 2 |        |        | Fase 3  |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
|       | T1     | T2     | T3     | T1     | T2     | T3     | T1      | T2     | T3     |
| 00:00 | 72,5 a | 72,8 a | 71,1 a | 72,7 a | 73,7 a | 72,8 a | 71,2 a  | 70,2 a | 70,9 a |
| 01:00 | 71,4 a | 71,5 a | 70,3 a | 72,0 a | 72,5 a | 72,5 a | 70,7 a  | 69,6 a | 70,2 a |
| 02:00 | 70,5 a | 70,2 a | 69,8 a | 71,2 a | 71,9 a | 71,8 a | 70,2 a  | 69,0 a | 69,7 a |
| 03:00 | 69,7 a | 70,0 a | 69,2 a | 70,6 a | 71,2 a | 71,1 a | 69,7 a  | 68,5 a | 69,1 a |
| 04:00 | 69,2 a | 69,4 a | 68,7 a | 69,9 a | 70,6 a | 70,5 a | 69,3 a  | 68,1 a | 68,7 a |
| 05:00 | 68,7 a | 69,0 a | 68,3 a | 69,3 a | 70,0 a | 69,9 a | 69,0 a  | 67,8 a | 68,3 a |
| 06:00 | 68,6 a | 68,7 a | 67,9 a | 68,8 a | 69,6 a | 69,4 a | 68,7 a  | 67,6 a | 68,0 a |
| 07:00 | 69,7 a | 69,2 a | 67,9 a | 68,6 a | 69,3 a | 69,2 a | 68,9 a  | 67,5 a | 68,2 a |
| 08:00 | 71,2 a | 71,0 a | 69,1 a | 70,2 a | 70,2 a | 70,6 a | 69,7 a  | 68,0 a | 69,2 a |
| 09:00 | 73,6 a | 73,2 a | 70,9 b | 72,6 a | 72,5 a | 73,8 a | 70,8 a  | 69,1 a | 70,9 a |
| 10:00 | 74,9 a | 74,5 a | 72,1 b | 75,5 a | 74,8 a | 76,3 a | 71,9 a  | 70,3 a | 72,4 a |
| 11:00 | 75,8 a | 75,4 a | 73,5 b | 76,5 a | 75,9 a | 77,6 a | 73,3 a  | 71,8 a | 74,0 a |
| 12:00 | 77,1 a | 76,7 a | 75,2 a | 77,5 a | 77,0 a | 78,8 a | 74,8 ab | 73,4 b | 75,8 a |
| 13:00 | 77,9 a | 77,9 a | 76,6 a | 78,4 a | 78,2 a | 79,9 a | 76,2 ab | 74,9 b | 77,2 a |
| 14:00 | 79,0 a | 79,1 a | 78,1 a | 79,3 a | 79,1 a | 80,6 a | 77,1 a  | 76,0 a | 78,1 a |
| 15:00 | 79,7 a | 79,9 a | 78,8 a | 80,2 a | 80,0 a | 81,2 a | 77,6 a  | 76,8 a | 78,7 a |
| 16:00 | 80,0 a | 80,4 a | 78,9 a | 81,0 a | 80,7 a | 81,7 a | 77,9 a  | 77,2 a | 78,9 a |
| 17:00 | 80,3 a | 80,7 a | 78,8 a | 81,4 a | 81,0 a | 81,6 a | 78,3 a  | 77,5 a | 78,8 a |
| 18:00 | 80,9 a | 81,4 a | 78,8 b | 81,2 a | 81,0 a | 81,2 a | 77,9 a  | 77,2 a | 78,3 a |
| 19:00 | 81,8 a | 81,9 a | 78,8 b | 82,2 a | 81,7 a | 81,0 a | 76,7 a  | 76,0 a | 76,8 a |
| 20:00 | 79,7 a | 80,2 a | 77,4 b | 80,4 a | 80,5 a | 80,0 a | 75,1 a  | 74,3 a | 75,1 a |
| 21:00 | 76,9 a | 77,5 a | 75,2 a | 77,7 a | 78,1 a | 77,6 a | 73,7 a  | 72,9 a | 73,6 a |
| 22:00 | 74,8 a | 75,3 a | 73,4 a | 75,3 a | 76,0 a | 75,6 a | 72,7 a  | 71,2 a | 72,5 a |
| 23:00 | 73,3 a | 73,8 a | 72,1 a | 73,6 a | 74,3 a | 74,1 a | 71,8 a  | 70,8 a | 71,6 a |

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, para cada fase, não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Observa-se por meio do Quadro 1 que os tratamentos 1 (cama de maravalha) e 2 (cama de casca de arroz), resultaram em valores de ITGU, significativamente iguais em todos os horários para todas as fases. Observa-se ainda que, na Fase 1 de 09:00 às 11:00 horas e de 18:00 às 20:00 horas, o tratamento 3 (piso de concreto), resultou em menores valores de ITGU. Na Fase 3, os maiores valores de ITGU ocorreram no tratamento 3, entre 12:00 e 13:00 horas. A partir dos resultados apresentados, verifica-se

ainda que, na segunda fase ocorreram os maiores valores do ITGU e na terceira fase, os menores. Tal ocorrência está diretamente relacionada à marcha diária média da temperatura ambiental, apresentada anteriormente. Considerando pesquisa concluída por TURCO (1997), o limite superior de conforto térmico para suínos em terminação, com base no ITGU, é igual a 72. As áreas destacadas no Quadro 2 representam, então, os horários em que os animais estiveram sob estresse por calor. Assim, pode-se observar que para a Fase 3, tratamento 2, foi demarcada a menor área. Nas horas mais quentes do dia observou-se que os animais estavam com ofegação acelerada e constante, evidenciando um possível desconforto térmico. Esse comportamento foi observado com mais frequência nos tratamentos que utilizavam camas sobrepostas.

Na Tabela 2 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para o ITGU em função das horas do dia para a Fase 1 (50 - 75 kg), correspondentes aos três tratamentos (cama de maravalha<sup>1</sup>, cama de casca de arroz<sup>2</sup> e piso de concreto<sup>3</sup>), com os seus respectivos coeficientes de determinação.

TABELA 2 - Equações de regressão ajustadas para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) em função das horas e respectivos coeficientes de determinação para cada tratamento dentro da fase 1.

| Tratamento                         | Equação Ajustada   | R <sup>2</sup> |
|------------------------------------|--|----------------|
| 1 e 2 (maravalha e casca de arroz) | $\hat{Y}_1 = 73,2056 - 2,226905^{**} H + 0,333367^{**} H^2 - 0,0103061^{**} H^3$ | 0,98           |
| 3 (piso de concreto)               | $\hat{Y}_3 = 72,1611 - 2,20351^{**} H + 0,322179^{**} H^2 - 0,00992189^{**} H^3$ | 0,97           |

Na Figura 8 estão representados os resultados médios dos valores calculados do ITGU para os três tratamentos, observados na Fase 1 (dos 25 aos 50 kg). Verifica-se que houve um comportamento semelhante do índice para os três tratamentos. Observa-se que os menores valores estimados de ITGU foram em torno de 05:00 horas da manhã e os maiores em torno de 17:00 horas.

Observa-se ainda que o tratamento 3 (piso de concreto) resultou em menores valores estimados de ITGU para a Fase 1.

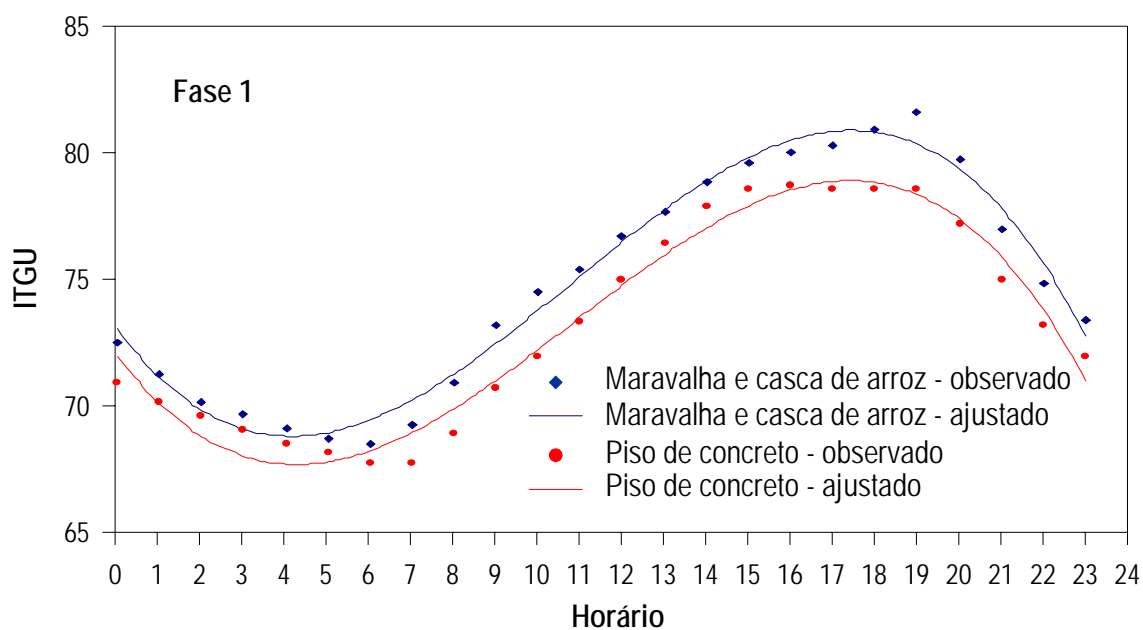


Figura 8 - Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), observados em função do horário, na fase 1, para os tratamentos correspondentes.

Como não houve diferença significativa entre os tratamentos, na Tabela 3 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para o ITGU, em função das horas do dia, para a fase 2 (50 - 75 kg) correspondentes aos três tratamentos (cama de maravalha<sup>1</sup>, cama de casca de arroz<sup>2</sup> e piso de concreto<sup>3</sup>), com os seus respectivos coeficientes de determinação.

TABELA 3 - Equações de regressão ajustadas para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) em função das horas e respectivos coeficientes de determinação para cada tratamento dentro da fase 2.

| Tratamento  | Equação Ajustada   | R <sup>2</sup> |
|---|--|----------------|
| 1, 2 e 3 (cama de maravalha, cama de casca de arroz e piso de concreto) | $\hat{Y}_1 = 74,164 - 2,36268^{**} H + 0,3447153^{**} H^2 - 0,01059246^{**} H^3$ | 0,96           |

Na Figura 9, onde são mostrados os valores médios de ITGU para a fase 2, observa-se que os menores valores estimados para o índice ocorreram entre 04:00 e 05:00 horas da manhã, próximos de 69. Verifica-se também que os maiores valores médios de ITGU foram em torno de 81 e ocorreram entre 17:00 e 18:00 horas.

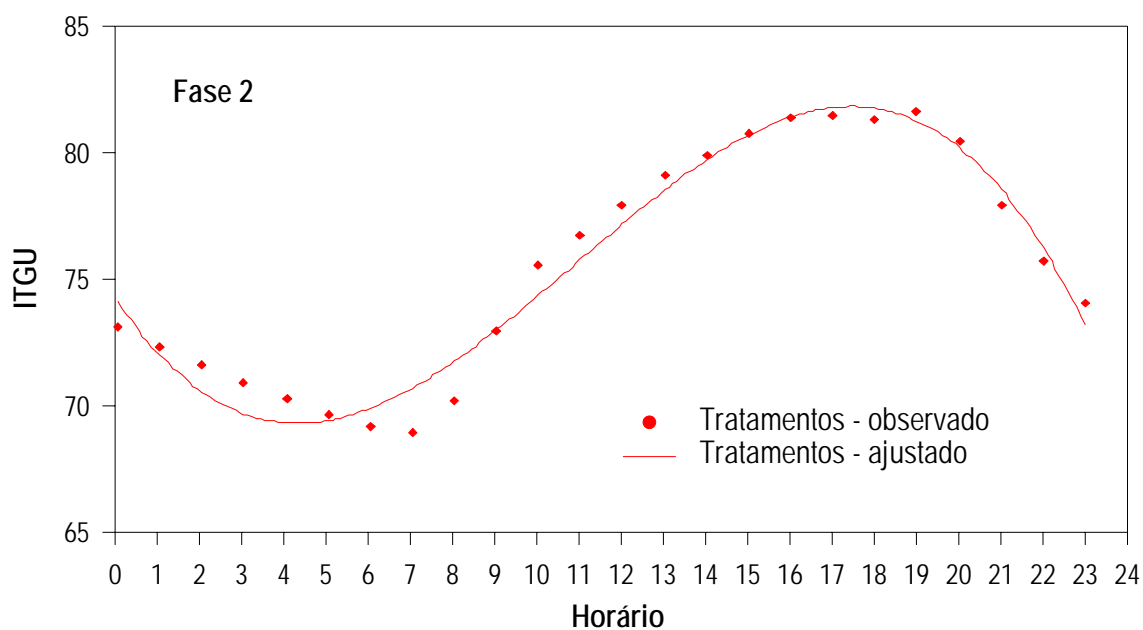


Figura 9 - Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), correspondente à fase 2, observados em função do horário, para os respectivos tratamentos.

Na Tabela 4 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para o ITGU em função das horas do dia para a Fase 3 (75-135 kg) correspondentes aos três tratamentos (cama de maravalha<sup>1</sup>, cama de casca de arroz<sup>2</sup> e piso de concreto<sup>3</sup>), com os seus respectivos coeficientes de determinação.

TABELA 4 - Equações de regressão ajustadas para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) em função das horas e os respectivos coeficientes de determinação para a fase 3 de cada tratamento.

| Tratamento                 | Equação Ajustada   | R <sup>2</sup> |
|----------------------------|--|----------------|
| 1 (cama de maravalha)      | $\hat{Y}_1 = 72,0791 - 1,79527^{**} H + 0,266545^{**} H^2 - 0,00832328^{**} H^3$ | 0,96           |
| 2 (cama de casca de arroz) | $\hat{Y}_2 = 71,3439 - 2,05118^{**} H + 0,2918^{**} H^2 - 0,00895219^{**} H^3$   | 0,95           |
| 3 (piso de concreto)       | $\hat{Y}_3 = 71,6654 - 1,96067^{**} H + 0,302428^{**} H^2 - 0,00960077^{**} H^3$ | 0,95           |

Na Figura 10 são apresentados os valores médios de ITGU, para os três tratamentos, na Fase 3 (75 - 135 kg). Observa-se que a tendência do comportamento da curva para o ITGU foi a mesma para os três tratamentos, ocorrendo alternância de posição entre os tratamentos com cama de maravalha e piso de concreto, quando comparado dia e noite. Pode-se verificar ainda que o tratamento com cama de casca de

arroz resultou em ITGU discretamente menor e que, no intervalo de 12:00 às 18:00 horas, o ITGU observado para o piso de concreto foi maior. Esse fato pode estar relacionado com as características de refletividade e emissividade das superfícies, as quais interferem sobremaneira nas leituras de temperatura de globo negro, principalmente nos horários de temperaturas mais elevadas.

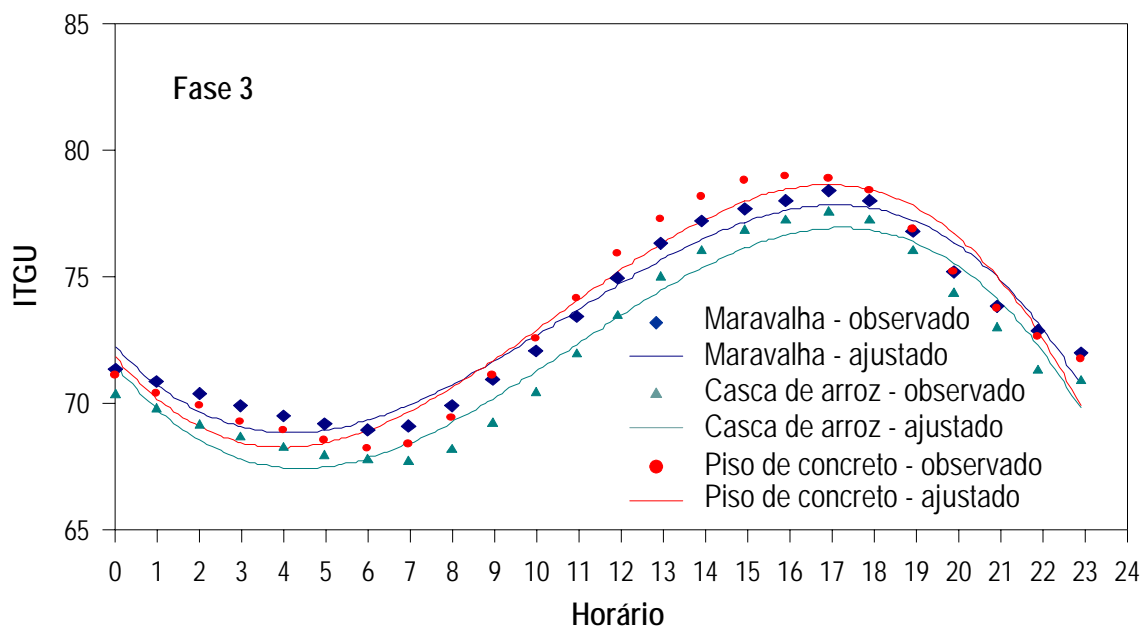


Figura 10 - Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), observados em função do horário, na fase 3 correspondentes aos três tratamentos.

#### 4.1.2.2 Carga térmica radiante (CTR)

No Quadro 1A do Apêndice encontra-se o resumo das análises de variância referentes aos efeitos dos tratamentos, horários e fases sobre o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiante (CTR) e Umidade Relativa do Ar (UR) no interior das instalações. Observa-se que a interação tripla “Horário x Fase x Tratamento” influenciou significativamente nos valores obtidos, indicando que as três variáveis agem em conjunto sobre o valor da CTR.

Sendo assim, os valores médios da carga térmica radiante (CTR), em  $W.m^{-2}$ , em função das horas do dia, nos tratamentos, correspondendo às três fases de observação, estão apresentados no Quadro 2.

Observa-se que, para as três fases, houve a tendência do tratamento cama de maravalha apresentar os maiores valores médios de CTR. Contudo, esta predominância não traduziu em valores de ITGU diferente com relação aos tratamentos cama de casca



de arroz e piso de concreto. Como se sabe, o ITGU engloba os efeitos da radiação, temperatura, umidade e velocidade do ar.

QUADRO 2 - Valores médios horários da Carga Térmica Radiante (CTR), em  $W.m^{-2}$ , para os tratamentos de cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação.

| Hora  | Fase 1  |          |          | Fase 2  |         |         | Fase 3  |         |         |
|-------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | T1      | T2       | T3       | T1      | T2      | T3      | T1      | T2      | T3      |
| 00:00 | 532,1 a | 419,5 c  | 450,5 b  | 543,4 a | 442,9 b | 438,0 b | 535,6 a | 461,6 b | 353,0 c |
| 01:00 | 512,7 a | 427,3 c  | 471,6 b  | 530,1 a | 440,5 b | 432,3 b | 527,0 a | 453,9 b | 342,5 c |
| 02:00 | 484,7 a | 418,9 c  | 448,7 b  | 507,8 a | 430,4 b | 419,3 b | 518,2 a | 449,0 b | 342,0 c |
| 03:00 | 457,1 a | 403,9 b  | 437,2 a  | 511,1 a | 427,4 b | 423,4 b | 512,2 a | 450,1 a | 337,0 c |
| 04:00 | 455,2 a | 411,8 b  | 471,9 a  | 483,0 a | 423,8 b | 412,0 b | 511,9 a | 445,8 b | 338,8 c |
| 05:00 | 454,9 a | 427,6 b  | 458,7 a  | 494,5 a | 428,7 b | 413,7 b | 520,2 a | 458,0 b | 345,4 c |
| 06:00 | 446,9 a | 441,8 a  | 454,6 a  | 510,3 a | 447,2 b | 431,3 b | 489,6 a | 462,6 b | 351,6 c |
| 07:00 | 456,6 b | 458,9 ab | 481,7 a  | 493,0 a | 453,9 b | 441,7 b | 496,7 a | 469,0 b | 382,3 c |
| 08:00 | 526,1 a | 496,3 b  | 537,2 a  | 553,9 a | 475,3 b | 484,5 b | 562,4 a | 499,5 b | 418,8 c |
| 09:00 | 574,8 a | 525,4 b  | 561,8 a  | 632,3 a | 510,1 b | 516,6 b | 619,2 a | 525,7 b | 444,3 c |
| 10:00 | 611,8 a | 534,6 c  | 562,9 b  | 676,5 a | 543,4 b | 540,9 b | 658,1 a | 540,3 b | 468,3 c |
| 11:00 | 616,9 a | 563,9 b  | 580,2 b  | 686,9 a | 555,8 b | 575,1 b | 677,9 a | 563,9 b | 489,5 c |
| 12:00 | 636,4 a | 559,7 b  | 564,7 b  | 712,2 a | 577,7 b | 586,4 b | 705,5 a | 572,4 b | 503,0 c |
| 13:00 | 653,4 a | 565,4 b  | 570,0 b  | 694,7 a | 562,4 b | 564,2 b | 708,1 a | 582,2 b | 504,1 c |
| 14:00 | 675,3 a | 577,3 b  | 590,6 b  | 697,1 a | 570,4 b | 569,0 b | 698,9 a | 577,2 b | 509,5 c |
| 15:00 | 687,3 a | 580,8 c  | 613,3 b  | 686,4 a | 571,2 b | 562,4 c | 689,9 a | 562,3 b | 485,2 c |
| 16:00 | 659,1 a | 558,7 c  | 587,2 b  | 646,6 a | 571,4 b | 552,9 b | 635,8 a | 549,0 b | 459,0 c |
| 17:00 | 606,7 a | 529,7 c  | 581,2 b  | 647,3 a | 539,7 b | 539,8 b | 593,7 a | 523,9 b | 433,4 c |
| 18:00 | 526,2 b | 503,4 b  | 555,6 a  | 560,7 a | 505,0 b | 497,1 b | 585,1 a | 491,5 b | 393,8 c |
| 19:00 | 510,3 a | 481,1 b  | 493,7 ab | 575,9 a | 474,2 b | 461,7 b | 603,7 a | 479,5 b | 382,7 c |
| 20:00 | 600,7 a | 438,3 b  | 442,1 b  | 619,8 a | 461,1 b | 446,5 b | 591,4 a | 471,6 b | 381,8 c |
| 21:00 | 563,2 a | 438,8 c  | 476,6 b  | 565,7 a | 448,1 b | 447,7 b | 573,9 a | 472,0 b | 380,4 c |
| 22:00 | 500,1 a | 438,2 c  | 466,3 b  | 569,8 a | 446,5 b | 432,9 b | 556,9 a | 461,6 b | 372,2 c |
| 23:00 | 510,1 a | 435,2 b  | 450,5 b  | 601,9 a | 443,6 b | 428,9 b | 550,9 a | 459,9 b | 366,3 c |

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

Na Tabela 5 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para a CTR, em função das horas do dia para as três fases, correspondentes aos três tratamentos (cama de maravalha<sup>1</sup>, cama de casca de arroz<sup>2</sup> e piso de concreto<sup>3</sup>), com os seus respectivos coeficientes de determinação.

TABELA 5 - Equações de regressão ajustadas para a Carga Térmica Radiante (CTR), em função das horas e os respectivos coeficientes de determinação, para as três fases, correspondente a cada tratamento.

| Fase | Tratamento                 | Equação Ajustada  | R <sup>2</sup> |
|------|----------------------------|---|----------------|
| 1    | 1 (cama de maravalha)      | $\hat{Y}_1 = 505,646 - 21,4572^{***} H + 4,25123^* H^2 - 0,14883^* H^3$       | 0,67           |
|      | 2 (cama de casca de arroz) | $\hat{Y}_2 = 400,169 - 4,55176^{***} H + 1,51993^* H^2 - 0,0760886^* H^3$     | 0,83           |
|      | 3 (piso de concreto)       | $\hat{Y}_3 = 441,855 + 1,23917^{***} H + 1,7364^* H^2 - 0,0806797^* H^3$      | 0,79           |
| 2    | 1 (cama de maravalha)      | $\hat{Y}_1 = 505,722 - 2,5774^{***} H + 2,26216^{***} H^2 - 0,0919816^* H^3$  | 0,60           |
|      | 2 (cama de casca de arroz) | $\hat{Y}_2 = 425,673 - 2,33833^{***} H + 2,0207^* H^2 - 0,0860847^* H^3$      | 0,80           |
|      | 3 (piso de concreto)       | $\hat{Y}_3 = 414,25 - 0,856496^{***} H + 1,99948^* H^2 - 0,0883892^* H^3$     | 0,78           |
| 3    | 1 (cama de maravalha)      | $\hat{Y}_1 = 511,346 - 4,34086^{***} H + 2,46599^{***} H^2 - 0,0999562^* H^3$ | 0,67           |
|      | 2 (cama de casca de arroz) | $\hat{Y}_2 = 439,642 + 2,89181^{***} H + 1,16363^* H^2 - 0,0577391^* H^3$     | 0,75           |
|      | 3 (piso de concreto)       | $\hat{Y}_3 = 320,536 + 8,07271^{***} H + 1,02412^{***} H^2 - 0,0599199^* H^3$ | 0,74           |

Nas Figuras 11, 12 e 13 são mostradas as estimativas da carga térmica radiante (CTR), nos três tratamentos, em função da hora do dia, para as três fases.

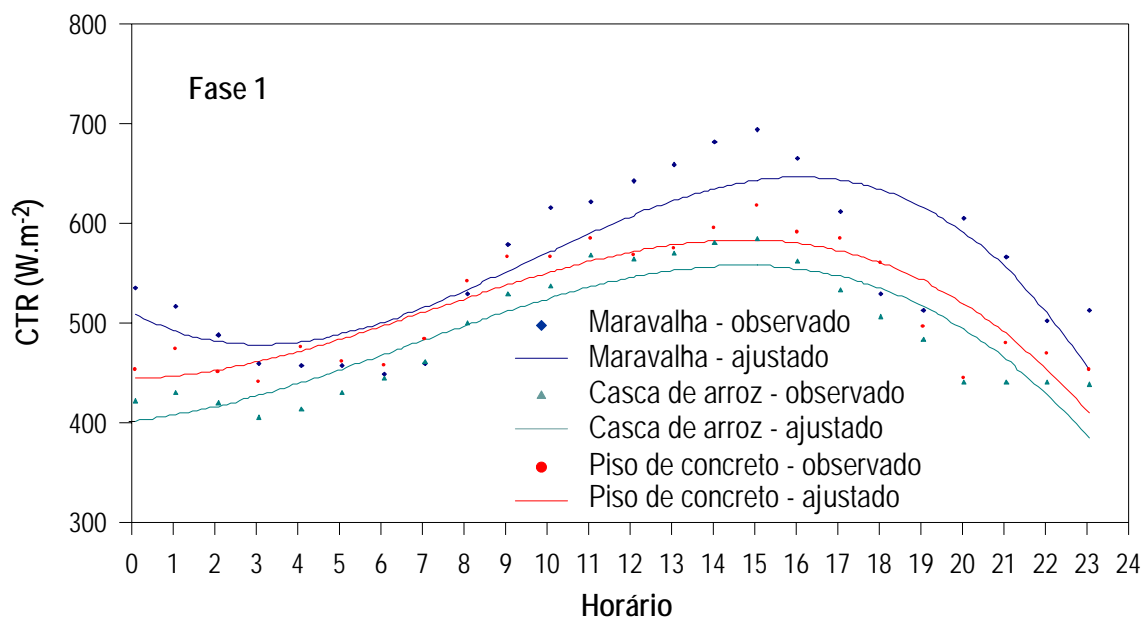


Figura 11 - Estimativa da carga térmica radiante (CTR), em  $W.m^{-2}$ , em função do horário, na fase 1, para os respectivos tratamentos.

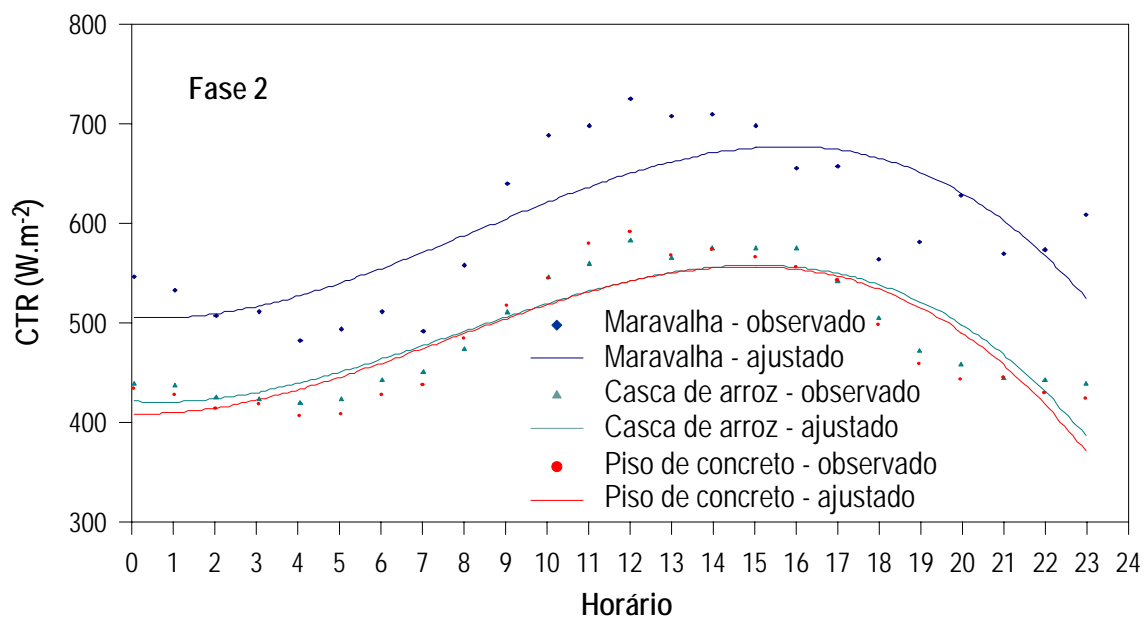


Figura 12 - Estimativa da carga térmica radiante (CTR), em  $W.m^{-2}$ , em função do horário da fase 2 para os respectivos tratamentos.

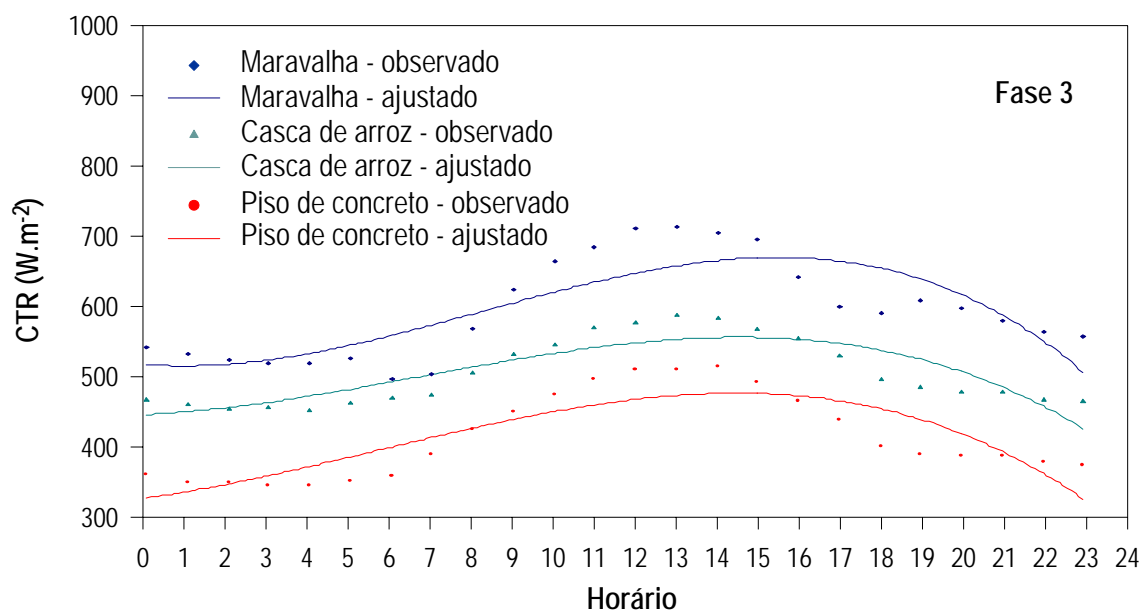


Figura 13 - Estimativa da carga térmica radiante (CTR), em  $W.m^{-2}$ , em função do horário da fase 3 para os respectivos tratamentos.

Observando-se as Figuras 11, 12, e 13, verifica-se que o tratamento correspondente à instalação com cama de maravalha foi o que apresentou os maiores valores de CTR em todas as fases. E ainda que os resultados da carga térmica nos tratamentos com cama de casca de arroz e piso de concreto, nas Fases 1 e 3 se invertem e na fase 2, praticamente se igualaram.

Vale ressaltar que a posição da instalação 1, que continha cama de maravalha, foi sempre privilegiada com relação a sua exposição à radiação solar, comparada às instalações com cama de casca de arroz e piso de concreto.

Com base nas estimativas de CTR, fica evidente que dentre as camas, a de casca de arroz apresentou resultado melhor nas três fases. O piso de concreto apresentou resultados semelhantes nas Fases 1 e 2 e melhores na Fase 3. É importante lembrar da orientação e posição de uma instalação em relação à outra, pois o efeito do caminhar do sol sobre as mesmas é extremamente significativo no microambiente resultante, interferindo no valor da carga de radiação que incide sobre os animais.

#### 4.1.2.3 Umidade relativa do ar (UR)

No Quadro 1A do Apêndice encontra-se o resumo das análises de variância referentes aos efeitos dos tratamentos, horários e fases sobre o Índice de Temperatura

de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiante (CTR) e Umidade Relativa do Ar (UR) no interior das instalações. Nota-se que os horários, considerados isoladamente e as interações duplas Horário x Tratamento e Horário x Fase influenciaram significativamente os valores obtidos para UR. Sendo assim, no Quadro 3 são apresentados os valores médios horários de umidade relativa (UR), em %, em função das horas do dia, nos tratamentos, correspondentes às suas três fases de observação.

QUADRO 3 - Valores médios da Umidade Relativa do Ar (UR), em %, para os tratamentos cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação.

| Hora  | Fase 1  |        |         | Fase 2  |        |        | Fase 3  |        |        |
|-------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
|       | T1      | T2     | T3      | T1      | T2     | T3     | T1      | T2     | T3     |
| 00:00 | 90,3 a  | 91,6 a | 91,1 a  | 89,8 ab | 97,2 a | 88,6 a | 93,8 a  | 96,1 a | 93,6 a |
| 01:00 | 90,2 a  | 95,6 a | 91,2 a  | 88,7 b  | 98,1 a | 90,0 b | 94,4 a  | 96,9 a | 94,5 a |
| 02:00 | 91,5 a  | 95,3 a | 92,5 a  | 90,9 a  | 98,4 a | 91,6 a | 94,5 a  | 96,3 a | 95,1 a |
| 03:00 | 92,3 a  | 96,6 a | 93,5 a  | 91,8 a  | 98,8 a | 92,6 a | 95,5 a  | 96,0 a | 95,6 a |
| 04:00 | 92,9 a  | 96,1 a | 93,9 a  | 92,3 a  | 98,0 a | 93,3 a | 95,8 a  | 96,2 a | 95,9 a |
| 05:00 | 93,5 a  | 96,2 a | 94,1 a  | 92,9 a  | 97,9 a | 93,9 a | 96,1 a  | 95,3 a | 96,3 a |
| 06:00 | 94,2 a  | 95,1 a | 94,7 a  | 93,8 a  | 97,2 a | 94,5 a | 96,2 a  | 94,0 a | 96,5 a |
| 07:00 | 93,4 a  | 92,7 a | 93,2 a  | 93,9 a  | 96,3 a | 93,9 a | 95,4 a  | 92,4 a | 95,7 a |
| 08:00 | 91,7 a  | 88,2 a | 90,9 a  | 91,2 a  | 94,4 a | 90,6 a | 92,8 a  | 90,1 a | 94,4 a |
| 09:00 | 90,4 a  | 82,7 a | 88,2 a  | 89,4 a  | 91,5 a | 85,9 a | 88,8 ab | 82,1 b | 90,6 a |
| 10:00 | 88,2 a  | 74,5 b | 84,0 a  | 86,7 a  | 86,9 a | 81,2 a | 83,0 ab | 75,0 b | 85,4 a |
| 11:00 | 85,8 a  | 75,1 b | 81,7 ab | 82,9 a  | 83,3 a | 76,6 a | 77,9 ab | 70,7 b | 79,3 a |
| 12:00 | 83,0 a  | 73,1 b | 79,2 ab | 79,5 ab | 81,4 a | 73,3 b | 74,3 a  | 67,7 a | 74,9 a |
| 13:00 | 77,7 a  | 71,6 a | 77,9 a  | 77,7 ab | 81,9 a | 71,4 b | 72,0 ab | 65,9 b | 74,9 a |
| 14:00 | 76,1 a  | 72,7 a | 78,7 a  | 75,5 ab | 80,0 a | 70,4 b | 71,4 ab | 66,5 b | 74,7 a |
| 15:00 | 74,3 a  | 64,3 b | 76,1 a  | 75,2 a  | 77,8 a | 69,9 a | 71,9 a  | 69,2 a | 75,6 a |
| 16:00 | 74,4 ab | 67,3 b | 77,1 a  | 75,8 ab | 78,3 a | 69,4 b | 74,1 a  | 73,0 a | 75,6 a |
| 17:00 | 75,5 a  | 72,0 a | 77,6 a  | 79,0 a  | 82,2 a | 69,7 b | 78,1 a  | 79,3 a | 79,1 a |
| 18:00 | 77,6 a  | 81,3 a | 79,0 a  | 81,8 ab | 86,4 a | 74,1 b | 83,1 a  | 87,8 a | 83,8 a |
| 19:00 | 81,3 a  | 87,2 a | 83,0 a  | 85,1 ab | 90,2 a | 80,0 b | 86,9 a  | 90,0 a | 87,0 a |
| 20:00 | 86,2 a  | 90,2 a | 86,6 a  | 87,9 ab | 95,3 a | 85,1 b | 89,3 a  | 92,1 a | 89,1 a |
| 21:00 | 88,5 a  | 90,8 a | 87,4 a  | 89,3 ab | 96,8 a | 86,6 b | 91,0 a  | 93,0 a | 90,7 a |
| 22:00 | 89,4 a  | 92,1 a | 88,8 a  | 89,4 ab | 96,9 a | 88,0 b | 92,3 a  | 94,2 a | 91,9 a |
| 23:00 | 90,2 a  | 90,9 a | 90,0 a  | 88,9 b  | 97,3 a | 87,9 b | 93,9 a  | 95,5 a | 93,0 a |

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, para cada fase, não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Observando-se o Quadro 3, verifica-se que houve diferença significativa para a UR entre os tratamentos, na Fase 1. Esta diferença fica evidenciada às 11:00 e 12:00 horas, com os maiores valores médios de UR no tratamento cama de maravalha, porém não diferenciando do tratamento piso de concreto e, este sendo igual ao tratamento cama de casca de arroz. No horário de 16:00 horas, o tratamento piso de concreto teve o maior valor médio para a umidade. Nas demais horas do dia não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Na Tabela 6 podem ser observadas as equações de regressão ajustadas em função das observações horárias, a partir das médias dos valores de UR para a Fase 1 de observação (25 - 50 kg), com os seus respectivos coeficientes de determinação.

TABELA 6 - Equações de regressão ajustadas para a umidade relativa (UR) em função das horas e os respectivos coeficientes de determinação para a fase 1 de cada tratamento.

| Tratamento                 | Equação Ajustada   | R <sup>2</sup> |
|----------------------------|--|----------------|
| 1 (cama de maravalha)      | $\hat{Y}_1 = 88,39 + 3,3261^* H - 0,524683^{**} H^2 + 0,0170487^{**} H^3$  | 0,88           |
| 2 (cama de casca de arroz) | $\hat{Y}_2 = 95,2495 + 1,33397^{***} H - 0,460258^* H^2 + 0,0179737^* H^3$ | 0,78           |
| 3 (piso de concreto)       | $\hat{Y}_3 = 90,7148 + 2,22869^* H - 0,418646^{**} H^2 + 0,0142909^* H^3$  | 0,90           |

Na Figura 14 estão representados os valores médios de umidade relativa do ar referentes à Fase 1, correspondentes aos tratamentos. Os maiores valores médios estimados de UR foram semelhantes nos tratamentos cama de maravalha e piso de concreto diferindo do tratamento cama de casca de arroz, que entre 06:00 e 20:00 horas apresentou os menores valores para o índice térmico. As médias diárias foram 86%, 84% e 86%, para os tratamentos cama de maravalha, cama de casca de arroz e piso de concreto, respectivamente.

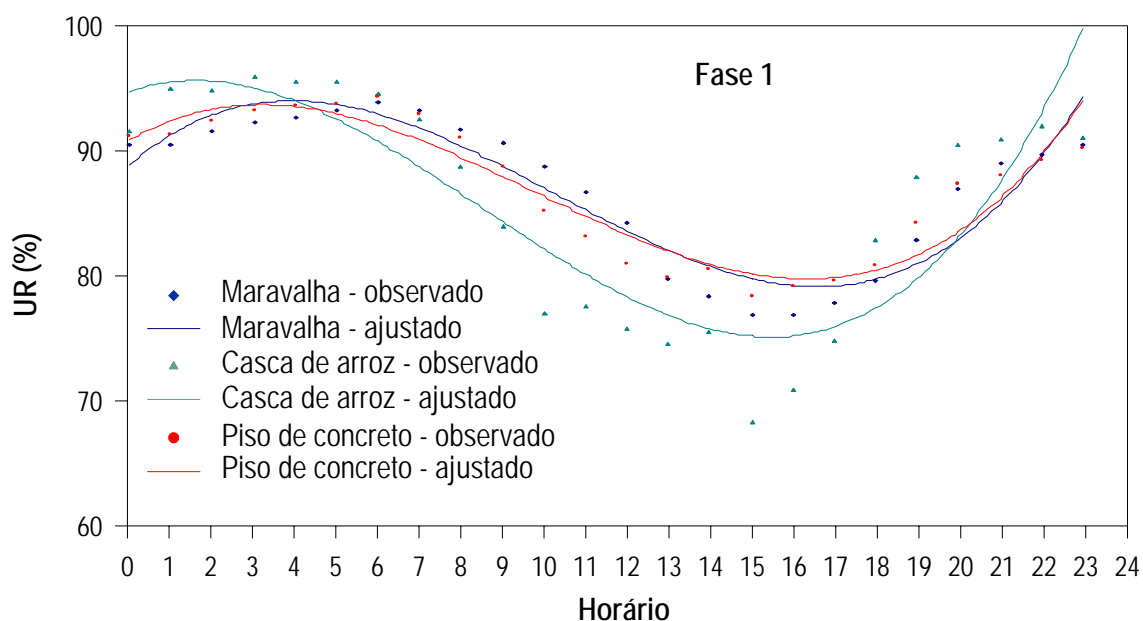


Figura 14 - Estimativa da umidade relativa (UR) em função do horário, na fase 1 para os respectivos tratamentos.

As equações de regressão ajustadas para a umidade relativa (UR) em função das horas do dia, para a fase 2 (50 - 75 kg), correspondente aos três tratamentos (cama de maravalha<sup>1</sup>, cama de casca de arroz<sup>2</sup> e piso de concreto<sup>3</sup>) estão apresentadas na Tabela 7, com os seus respectivos coeficientes de determinação.

TABELA 7 - Equações de regressão ajustadas para a umidade relativa (UR) em função do horário e os respectivos coeficientes de determinação para a fase 2 de cada tratamento.

| Fase | Equação Ajustada   | R <sup>2</sup> |
|------|--|----------------|
| 1    | $\hat{Y}_1 = 88,5383 + 2,58216 \cdot H - 0,431169 \cdot H^2 + 0,0143896 \cdot H^3$ | 0,78           |
| 2    | $\hat{Y}_2 = 97,9929 + 1,23792 \cdot H - 0,365428 \cdot H^2 + 0,014368 \cdot H^3$  | 0,84           |
| 3    | $\hat{Y}_3 = 88,4925 + 3,38966 \cdot H - 0,61025 \cdot H^2 + 0,0207123 \cdot H^3$  | 0,86           |

De acordo com a Figura 15, verifica-se que o tratamento piso de concreto apresentou os menores valores estimados para a umidade relativa entre 15:00 e 17:00 horas. O tratamento cama de casca de arroz foi o que apresentou os maiores valores para a umidade relativa, chegando em torno de 100% às duas horas da manhã. Nesta fase os menores valores médios estimados de umidade relativa foram de 78% para o

tratamento cama de maravalha, 81% para o tratamento cama de casca de arroz e 71% para o tratamento piso de concreto.

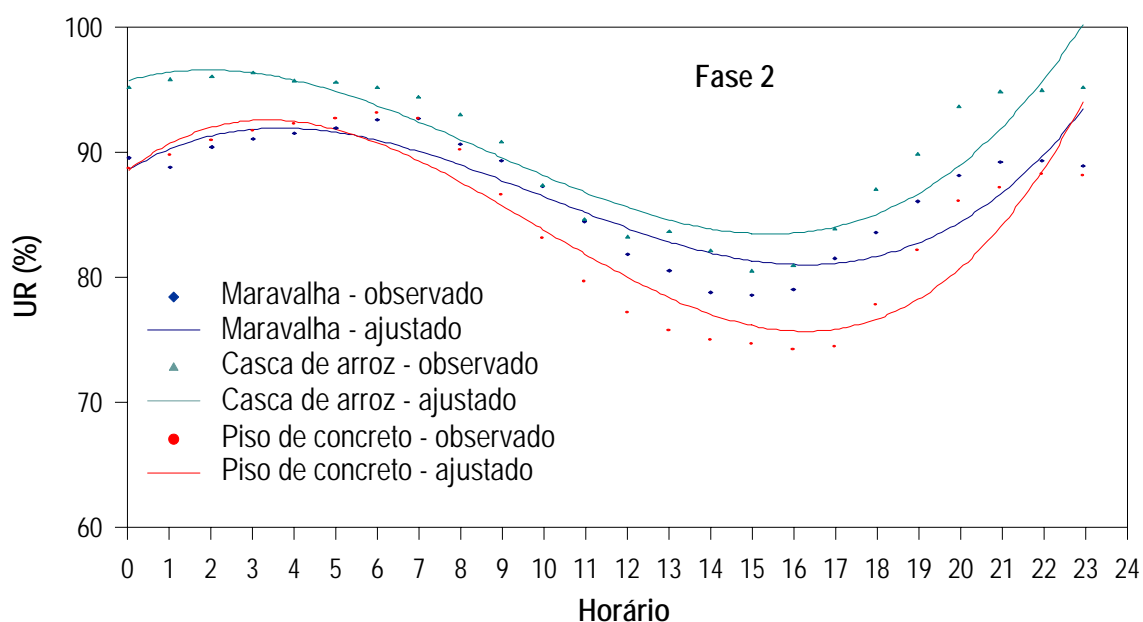


Figura 15 - Estimativa da umidade relativa (UR) em função do horário, na fase 2 para os respectivos tratamentos.

As equações de regressão ajustadas para a umidade relativa (UR), em função das horas do dia, para a Fase 3 (75 - 135 kg) correspondentes aos três tratamentos (cama de maravalha<sup>1</sup>, cama de casca de arroz<sup>2</sup> e piso de concreto<sup>3</sup>), são apresentadas na Tabela 8, com os seus respectivos coeficientes de determinação.

TABELA 8 - Equações de regressão ajustadas para a umidade relativa (UR) em função do horário e os respectivos coeficientes de determinação para a fase 3 de cada tratamento.

| Tratamento                 | Equação Ajustada  | R <sup>2</sup> |
|----------------------------|---|----------------|
| 1 (cama de maravalha)      | $\hat{Y}_1 = 94,4016 + 1,90445^* H - 0,469097^* H^2 + 0,0173225^{**} H^3$   | 0,80           |
| 2 (cama de casca de arroz) | $\hat{Y}_2 = 99,5488 - 0,503409^{***} H - 0,297723^* H^2 + 0,0143386^* H^3$ | 0,75           |
| 3 (piso de concreto)       | $\hat{Y}_3 = 94,07 + 2,03836^* H - 0,451752^* H^2 + 0,016237^{**} H^3$      | 0,80           |

Na Figura 16, observa-se que houve comportamento semelhante dos valores estimados da UR, nos três tratamentos.



Os menores valores médios estimados no período do dia foram no tratamento cama de casca de arroz (Figura 16). Neste tratamento, os maiores valores foram de 97%, à uma hora da manhã, e os menores, de 73% às 15:00 horas. No tratamento 1 (cama de maravalha), os maiores valores foram em torno de 96%, às 04:00 horas da manhã e, os menores, de 76% às 15:00 horas. No tratamento piso de concreto, os maiores foram em torno de 96% às 03:00 horas e os menores, de 73%, entre 14:00 e 15:00 horas.

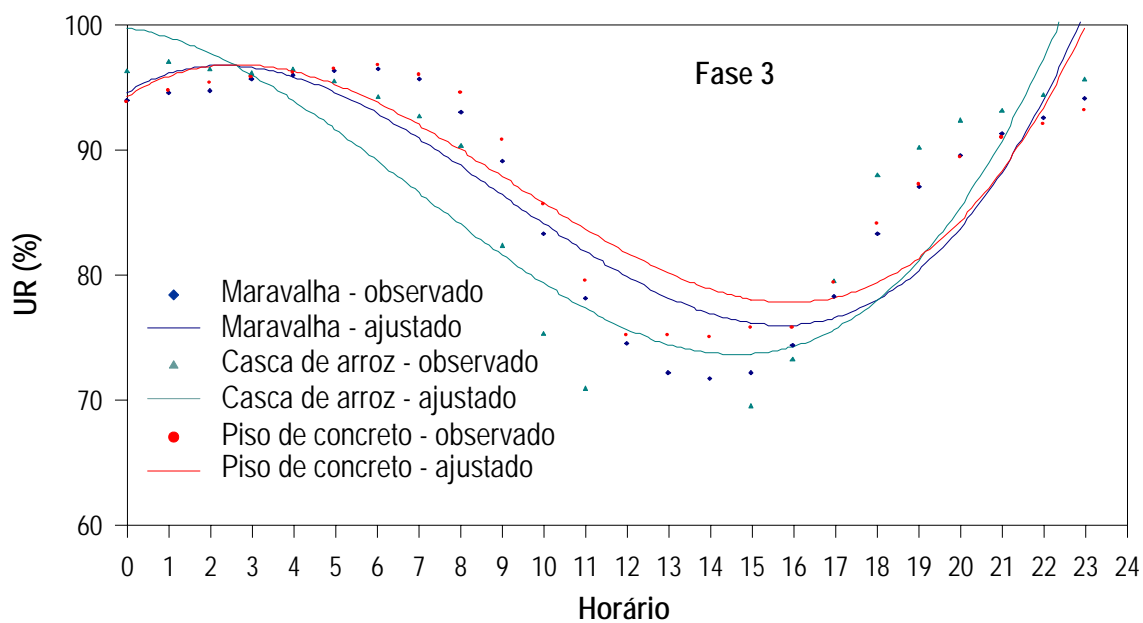


Figura 16 - Estimativa da umidade relativa (UR) em função do horário, na fase 3 para os três tratamentos.

Os valores de umidade relativa (UR) observados durante o período experimental sempre estiveram acima dos limites recomendados para o microambiente dos animais. De acordo com BENEDI (1986), os valores de umidade relativa ideais para suínos em crescimento e terminação devem estar entre 60 e 70%. Porém, VEIT e TROUTT (1982) indicam que para os animais nesta fase este valor deve ser de 75%.

Segundo TUMELERO (1998), a cama formada por casca de arroz não absorve bem os dejetos, o que pode influenciar diretamente nos valores de umidade relativa do ar no ambiente interno.

A incidência direta dos raios solares nas instalações com camas sobrepostas contribuiu, provavelmente, para que a umidade no interior dos galpões fosse menor. Outro fator que pode ter influenciado é a ventilação natural. Uma vez situada na parte mais alta da área experimental (Figura 2), o tratamento cama de maravalha (tratamento

3) pode ter funcionado como quebra-vento, impedindo que as demais instalações fossem arejadas. Dessa forma, impedia que a umidade fosse removida dos tratamentos 2 (cama de casca de arroz) e 3 (piso de concreto). A prática de lavagem das baias do tratamento piso de concreto também contribuiu, de forma acentuada, para que a umidade relativa nesta instalação atingisse valores maiores.

Vale mencionar que durante a execução do experimento, em duas ocasiões, ocorreu ruptura na tubulação de água, com conseqüente molhamento das baias 1, 3 e 4, do tratamento cama de casca de arroz, o que contribuiu para os altos valores apresentados para a UR.

#### 4.2 Avaliação da qualidade do ar (emissão de amônia)

Na Tabela 9 estão apresentados os valores médios da concentração de amônia (NH<sub>3</sub>) para os tratamentos. Observa-se que no tratamento cama de maravalha, houve uma maior concentração de amônia em comparação ao tratamento cama de casca de arroz, apesar de não haver diferença significativa. Verifica-se ainda que o tratamento piso de concreto apresentou os maiores valores médios de concentração de amônia, embora não tenha sido detectada diferença estatística entre os tratamentos.

TABELA 9 - Valores médios de concentração de amônia (EA), em ppm, nos tratamentos correspondentes, para o período experimental.

| Tratamento                 | Média | Comparação |
|----------------------------|-------|------------|
| 1 - cama de maravalha      | 3,8   | A          |
| 2 - cama de casca de arroz | 3,6   | A          |
| 3 - piso de concreto       | 5,2   | A          |

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

Em média, os valores de concentração de amônia (NH<sub>3</sub>) no tratamento piso de concreto foram 37% maiores quando comparados com o tratamento cama de maravalha e, 44% maiores, quando a comparação se refere ao tratamento cama de casca de arroz, como apresentado na Figura 17.

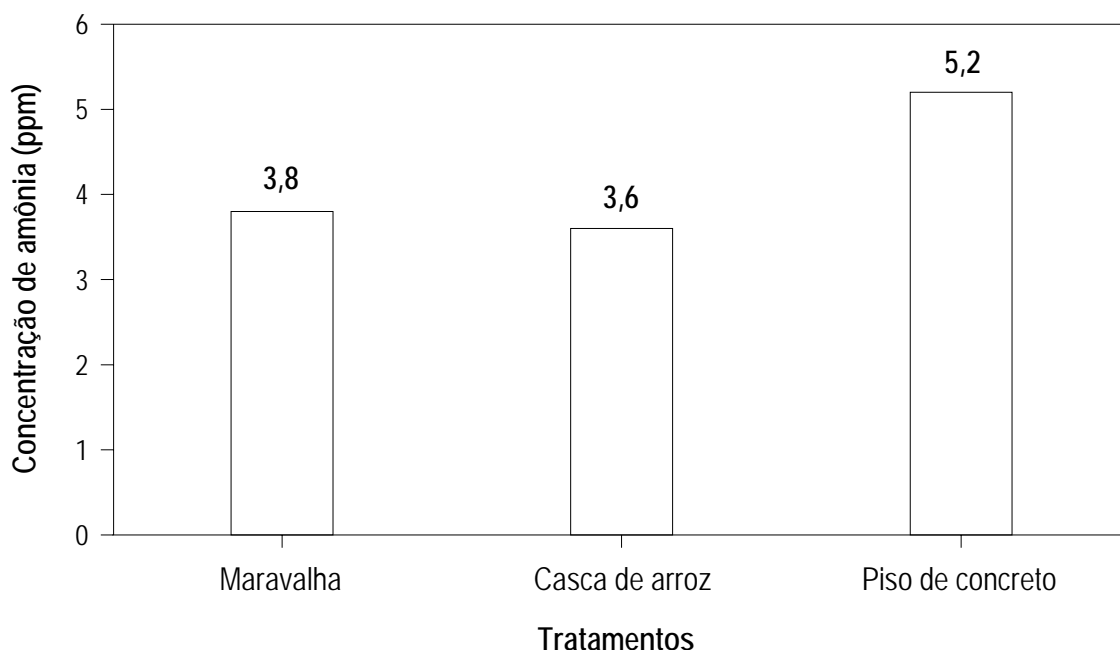


Figura 17 - Representação dos valores médios de emissão de amônia ( $\text{NH}_3$ ), em ppm, nos tratamentos correspondentes.

Segundo Harmon e Xin (1995) citados por SANTOS (2001), os níveis máximos de amônia ( $\text{NH}_3$ ) tolerados pelos animais são da ordem de 10 ppm. Os valores medidos nos tratamentos estão abaixo dos limites considerados prejudiciais à saúde dos animais.

De uma maneira geral, os níveis médios de amônia encontrados nas instalações não poderiam causar consequências mais graves aos animais por estarem abaixo dos níveis críticos. Entretanto, em algumas ocasiões os valores instantâneos superaram estes limites, devido à agitação das camas pelos animais, comportamento considerado normal. Por se tratar de instalações abertas, a ventilação natural, ainda que pouca, provavelmente, tenha contribuído para valores tão baixos.

As camas, por serem provenientes de outro experimento e com idade aproximada de 120 dias, ou seja, já utilizadas em um lote de animais, já se encontravam em processo de estabilização pelos microrganismos. Essa atividade talvez explique essa diferença nos valores de emissão de amônia em relação ao piso de concreto, bem como a adição de casca de arroz na instalação 2 e a maior compactação no tratamento cama de maravalha.

O piso de concreto por ser mais rugoso pode ter influenciado nos maiores valores de concentração de amônia. A parte ripada com o canal condutor, situado sob a instalação, pode ser outra explicação para estes valores.

É importante ressaltar que o tempo de exposição dos animais a um poluente aéreo presente na instalação determina também a magnitude do efeito causado.

WATHES (1999) recomenda os limites de 20 ppm para amônia, 3.000 ppm para dióxido de carbono e 10 ppm para monóxido de carbono como os máximos para exposição contínua dos animais nas instalações. Os limites de exposição para humanos, considerando oito horas em média, são de 25, 5.000, 50, 10, 3 e 10 ppm para amônia, dióxido de carbono, monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, dióxido de nitrogênio e poeiras, respectivamente. Se o tempo de exposição for de quinze minutos, esses limites passam a ser de 35, 15.000, 300, 30, 15, 5 e 30 ppm. Isso reflete o risco para a saúde dos humanos envolvidos no processo produtivo, levando-se em conta o tempo de exposição.

## **4.3 Avaliação do desempenho produtivo**

### **4.3.1 Ganho de peso**

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios diários para o ganho de peso dos suínos nas fases de crescimento e terminação, criados sobre cama de maravalha (tratamento 1), cama de casca de arroz (tratamento 2) e sobre piso concretado (tratamento 3), em diferentes fases de observação: 63 - 98 dias de vida (fase 1), 98 - 126 dias de vida (fase 2) e 126 - 183 dias de vida (fase 3).

Observa-se na Tabela 10 que houve diferença entre os tratamentos nas fases 1 e 2. Porém, o ganho de peso não apresentou diferença entre os tratamentos cama de maravalha e de casca de arroz. Entretanto, estas diferiram, significativamente, do piso de concreto, onde o ganho de peso dos animais foi maior. Na Fase 3, os maiores valores médios podem ser observados no tratamento piso de concreto, não diferindo entre os tratamentos utilizados com camas sobrepostas. Observa-se ainda que, no tratamento 3 (piso de concreto), houve decréscimo de ganho de peso da Fase 1 para a Fase 2. O maior ganho de peso foi verificado na Fase 3. Para os tratamentos cama de maravalha e

cama de casca de arroz, as Fases 1 e 2 foram estatisticamente iguais. Houve diferença significativa na Fase 3, onde se observa o maior ganho de peso.

TABELA 10 - Valores médios diários de ganho de peso (GP), em kg, de suínos em terminação para a combinação do tratamento e fase de observação.

| Fase | Tratamento    |                 |                    | Total (kg) |
|------|---------------|-----------------|--------------------|------------|
|      | 1 (Maravalha) | 2 (C. de arroz) | 3 (P. de concreto) |            |
| 1    | 0,655Bb       | 0,675Bb         | 0,819Aab           | 23,3       |
| 2    | 0,650Bb       | 0,607Bb         | 0,763Ab            | 18,9       |
| 3    | 0,863Aa       | 0,839Aa         | 0,891Aa            | 49,4       |

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

O ganho obtido na terceira fase (Tabela 10), talvez se deve ao fato de que, neste período a temperatura média interna ficou abaixo da média externa, possibilitando, melhor condição de conforto térmico aos animais (Figura 7). Nas Fases 1 e 2 a temperatura média interna ficou acima da temperatura média externa, indicando, possivelmente, que os animais estivessem em desconforto térmico e, por consequência, tendo influência negativa no desempenho produtivo.

Os animais mantidos no tratamento 3 (piso de concreto), talvez tenham sido privilegiados pelo molhamento das baias de duas a três vezes por semana, o que pode ter influenciado no desempenho. Essa prática reduzia a temperatura corporal desses animais, o que não acontecia com aqueles mantidos nos tratamentos com camas. Porém, em termos de umidade relativa, não se observou diferenças significativas.

#### 4.3.2 Consumo de ração

Na Tabela 11 são apresentados os valores médios diários do consumo de ração (CR), em kg.cabeça<sup>-1</sup>. Nesta tabela, observa-se que não houve diferença significativa para o consumo médio diário de ração entre os tratamentos nas Fases 1 (25 - 50 kg) e 2 (50 - 75 kg). Na Fase 3 (75 - 135 kg), o consumo de ração pelos animais do tratamento piso de concreto foi estatisticamente igual àqueles mantidos na cama de maravalha. Entre os animais mantidos nas camas de maravalha e de casca de arroz não houve diferença significativa para o consumo médio diário de ração.

TABELA 11 - Consumo médio diário de ração (CR), em kg, para a interação tratamento x fase durante o período de observação.

| Fase | Tratamento    |                    |                      |
|------|---------------|--------------------|----------------------|
|      | 1 (Maravalha) | 2 (Casca de arroz) | 3 (Piso de concreto) |
| 1    | 1,360Ac       | 1,558Ab            | 1,468Ac              |
| 2    | 1,890Ab       | 1,770Ab            | 1,925Ab              |
| 3    | 2,503ABa      | 2,443Ba            | 2,745Aa              |

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

Analisando a Figura 18, observa-se que houve um mesmo comportamento para o consumo de ração pelos animais ao longo do período experimental. Em todas as fases, o menor consumo de ração se deu por parte dos animais mantidos no tratamento cama de maravalha e os maiores para aqueles do tratamento de piso de concreto.

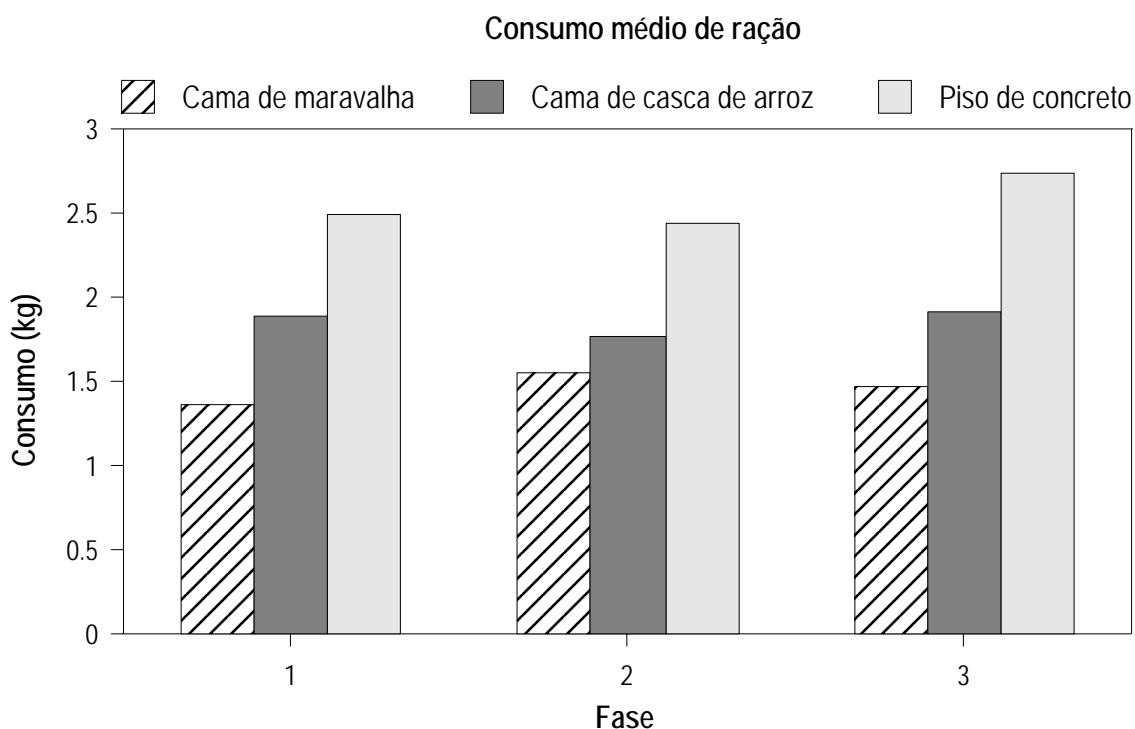


Figura 18 - Consumo médio de ração (kg), nas respectivas fases do tratamento correspondente.

Vale ressaltar que a condição de bem-estar do animal afeta o consumo de alimentos.

De acordo com BAËTA & SOUZA (1997), sob estresse calórico, os animais normalmente reduzem a ingestão alimentar na tentativa de minimizar o incremento de

calor corporal. Com base na informação anterior e nos resultados apresentados na Figura 18, pode-se inferir que os animais que permaneceram na cama de maravalha estiveram nessa condição.

#### 4.3.3 Conversão alimentar

Os valores de conversão alimentar (CA) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, como pode ser observado na Tabela 12A. Esta constatação está de acordo com OLIVEIRA (1999a), que estudando o desempenho zootécnico de suínos criados sobre piso ripado e sobre cama de maravalha, não encontrou diferença entre os sistemas.

TABELA 12A - Valores médios de conversão alimentar (CA), em kg/kg, obtidos nos três tratamentos.

| Tratamento           | Médias  |
|----------------------|---------|
| 1 (Maravalha)        | 1,912 A |
| 2 (Casca de arroz)   | 1,923 A |
| 3 (Piso de concreto) | 2,046 A |

As médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Analisando a Tabela 12B, observa-se que houve diferença significativa nos valores médios para a conversão alimentar dos suínos entre as fases estudadas. Na primeira fase, a conversão alimentar foi melhor, pois os animais consumiram menor quantidade de ração, em média 1,462 kg, para cada kg de peso corporal ganho. Em seguida a segunda e a terceira fase, sendo nessa última, observada a pior conversão.

TABELA 12B - Valores médios de conversão alimentar (CA), em kg/kg, de acordo com a fase de observação.

| Fase | Médias  |
|------|---------|
| 1    | 1,462 C |
| 2    | 1,862 B |
| 3    | 2,563 A |

As médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A combinação de altos valores de temperatura e umidade relativa podem reduzir a quantidade de calor dissipado na forma latente. Com isso, há uma redução no consumo

de ração e aumento na frequência respiratória e temperatura retal dos animais (MACHADO, 1985). É bem provável que o desempenho produtivo dos suínos na Fase 2 tenha sido influenciado, negativamente, pela variação da alta umidade relativa, fazendo com que os mesmos diminuíssem a habilidade em dissipar calor corporal para o ambiente, isso em decorrência das dificuldades para a vaporização da água no nível da pele, uma vez que o processo exige troca de calor. Apesar dos valores da carga térmica radiante incidente no tratamento de piso de concreto serem relativamente elevados, o desempenho dos animais não foi prejudicado. Provavelmente, contribuiu para o manejo utilizado para a limpeza das baias, reduzindo temperaturas de piso, pele dos animais e paredes.

#### **4.3.4 Consumo de água**

A água, por ser um nutriente essencial para os suínos, deve ser ministrada em qualidade e quantidade suficientes para sobrevivência. A água oferecida em temperatura adequada tem também como objetivo auxiliar na regulação da temperatura corporal dos animais.

Na Tabela 13 são apresentados os valores do consumo de água obtidos durante a condução do experimento. Observa-se que, na fase 1 (63 - 98 dias de vida), o consumo de água pelos animais mantidos no tratamento 1 (cama de maravalha) foi estatisticamente igual ao daqueles mantidos no tratamento 2 (cama de casca de arroz) e este igual ao daqueles alojados no tratamento 3 (piso concretado). Nas fases 2 e 3 não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Os valores observados encontram-se dentro dos limites citados por BODMAN (1994). Segundo o autor, suínos de 25 - 50 kg (crescimento) e 50 - 100 kg (terminação) tendem a consumir diariamente 4 - 7 e 5 - 10 litros por cabeça por dia, respectivamente.



TABELA 13 - Valores médios diários de consumo de água (CAg), em L.cab.dia<sup>-1</sup>, para a interação tratamento x fase.

| Fase | Tratamento    |                    |                      |
|------|---------------|--------------------|----------------------|
|      | 1 (Maravalha) | 2 (Casca de arroz) | 3 (Piso de concreto) |
| 1    | 4,675Bb       | 6,050ABb           | 6,825Aa              |
| 2    | 7,725Aa       | 7,225Aab           | 7,600Aa              |
| 3    | 8,225Aa       | 7,775Aa            | 7,500Aa              |

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

#### 4.3.5 Taxa de mortalidade

Na Tabela 14 é apresentada a taxa de mortalidade (TM) observada nas três fases do experimento para os tratamentos correspondentes. Verifica-se que o maior número de animais mortos foi observado entre os animais alojados nos tratamentos com camas sobrepostas (maravalha<sup>1</sup> e casca de arroz<sup>2</sup>), totalizando 15 animais. No tratamento piso de concreto houve a morte de dois animais, nas Fases 1 e 3.

As mortes dos animais mantidos nas camas podem ser atribuídas, provavelmente, à alta temperatura e umidade do interior das instalações. Na fase 3 (75 - 135 kg) ocorreu o maior número de mortes, possivelmente devido à dificuldade de perda de calor associada ao maior peso corporal. Fatores como doenças respiratórias, associadas ao revolvimento do material que compõe as camas, entre outras, podem ter sido as causas de mortes neste sistema.

TABELA 14 - Número de animais mortos em cada fase de observação nos três tratamentos e a taxa de mortalidade total (TM) em %.

| Fase                    | Maravalha | Casca de arroz | Piso concreto |
|-------------------------|-----------|----------------|---------------|
| 1                       | 1         | 3              | 1             |
| 2                       | 2         | 1              | 0             |
| 3                       | 4         | 4              | 1             |
| Total                   | 7         | 8              | 2             |
| Taxa de mortalidade (%) | 9,72      | 11,11          | 2,78          |

As principais causas que levaram os animais às mortes, de acordo com os resultados dos laudos fornecidos pela EMBRAPA-CNPSA, foram autólise (5), meningite

(5), seguidas por congestão pulmonar, úlcera gástrica, entre outras. Provavelmente pela característica do material da cama ser muito seco devido às altas temperaturas observadas no período experimental. A “poeira” formada pode ter causado irritação nas mucosas e levado os animais a contraírem as doenças que causaram as mortes.

Segundo BARRETO (1987), a congestão pulmonar é muito freqüente em animais em terminação, que muito pesados e mantidos em ambientes com altas temperaturas, sofrem com o seu excesso. A elevada temperatura ambiental no interior das instalações com cama contribuiu acentuadamente para a alta taxa de mortalidade dos suínos destes tratamentos.

De acordo com MACHADO FILHO (2000), o animal estressado, além de não desenvolver todo o seu potencial produtivo, é mais vulnerável aos problemas sanitários, como a pneumonia e a rinite atrófica, tão comuns nos confinamentos e que tem comprovada influência no desempenho.

Os resultados para a taxa de mortalidade obtidos no experimento contradizem aquilo que afirma OLIVEIRA (1999a) com relação a lesões pulmonares e rinite atrófica. O autor não encontrou diferença para a taxa de mortalidade entre os animais criados nos sistemas de cama e piso ripado.

No período da tarde (15:00 horas), visualmente, foi possível observar que os animais instalados nos tratamentos com camas encontravam-se deitados e ofegantes, enquanto os animais mantidos no tratamento piso de concreto mostravam-se menos estressados.

#### **4.3.6 Temperaturas Superficiais**

##### **4.3.6.1 Temperatura de pele**

Os valores referentes às temperaturas médias da pele dos animais alojados nos três tratamentos obtidos às 09:00 e 15:00 horas encontram-se na Tabela 15.

Observa-se que não houve diferença significativa para a temperatura da pele dos animais entre os tratamentos para as 09:00 horas da manhã (Tabela 15). Para as 15:00 horas não houve diferença estatística entre camas de maravalha e de casca de arroz. Entretanto, entre estas e o piso de concreto houve diferença, sendo que as camas apresentaram as maiores médias. Esta diferença de temperatura da pele, que pode ter

refletido a temperatura corporal, talvez tenha influenciado para dificultar a perda de calor dos animais para o ambiente. Essa dificuldade pode ter causado desconforto aos animais alojados nas camas e, por conseqüência, piores desempenhos produtivos.

A temperatura da superfície da pele dos suínos é muito variável. A temperatura do núcleo corporal expressa melhor a temperatura do animal, pelo fato de ser mais constante, situando-se entre 38,8 e 39,2 °C.

Segundo MOUNT (1979), a temperatura corporal dos animais é um indicativo capaz de expressar a habilidade em transferir ou receber calor por meio do contato com objetos ao seu redor.

TABELA 15 - Temperatura média de pele dos animais (°C) observada para as 09:00 e 15:00 horas do período experimental.

| Tratamento             | 09:00 Horas | 15:00 Horas |
|------------------------|-------------|-------------|
| Cama de maravalha      | 30,52 Ab    | 34,61 Aa    |
| Cama de casca de arroz | 30,43 Ab    | 34,79 Aa    |
| Piso de concreto       | 30,46 Ab    | 34,10 Ba    |

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

Dentro de cada tratamento houve diferença entre as 09:00 e às 15:00 horas, comportamento esse já esperado pela maior insolação que ocorre com o passar das horas do dia, principalmente em se tratando de verão.

#### 4.3.6.2 Temperatura de piso

Na Tabela 16 são apresentados os valores relativos às temperaturas médias das camas de maravalha e de casca de arroz e da superfície do piso de concreto observados as 09:00 e 15:00 horas.

TABELA 16 - Temperatura média (°C) das camas de maravalha e casca de arroz e do piso de concreto observados as 09:00 e 15:00 horas.

| Tratamento             | 09:00 Horas | 15:00 Horas |
|------------------------|-------------|-------------|
| Cama de maravalha      | 25,82 Ab    | 29,42 Aa    |
| Cama de casca de arroz | 24,30 Bb    | 29,66 Aa    |
| Piso de concreto       | 23,58 Bb    | 28,79 Aa    |

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

Observa-se que às 09:00 horas houve diferença significativa entre as camas, sendo maior a temperatura da cama de maravalha (Tabela 16). Isso possivelmente seja devido à localização do prédio onde estava instalado o tratamento 1, que pode ter recebido uma maior insolação, ocorrendo até, sombreamento nos galpões com os tratamentos 2 e 3. Entre a cama de casca de arroz e piso de concreto não teve diferença. A alta produção de calor gerada nas camas provavelmente influenciou no comportamento e desempenho dos animais. Em relação aos animais mantidos no piso de concreto, os mantidos nas camas tiveram piores valores para os índices zootécnicos, apesar de não haver diferença significativa. Dentro de cada tratamento houve diferença entre as 09:00 e 15:00 horas, comportamento esse já esperado pelo aumento da radiação solar que ocorre com o passar das horas do dia.

As temperaturas elevadas indicam que a atividade bacteriana produz calor suficiente para evaporar a água da cama.

Os menores valores da temperatura do piso de concreto são influenciados pelas temperaturas externas e as temperaturas das camas apresentam tendências similares ao longo do período, sendo superiores quando comparadas com a do piso de concreto, pois a cama gera grandes quantidades de calor por meio da degradação da matéria orgânica (CORRÊA, 1998). Nessa compostagem, segundo PUUMALA e PYYKÖNEN (1997), há produção de calor, fazendo com que o balanço de energia seja positivo. O calor gerado pela cama é emitido em parte na forma de calor latente sendo a principal responsável pela adição de umidade no ar a partir da evaporação da cama (KOOSTER, 1992).

## 5. CONCLUSÕES

Após investigação sobre o uso de camas sobrepostas durante as fases de crescimento e terminação de suínos, em condições de verão, em comparação ao uso do piso de concreto, as conclusões, a partir dos resultados experimentais obtidos, são as seguintes:

- Tendo como base os resultados dos índices térmicos do ambiente (ITGU, CTR e UR), houve discreta vantagem para o piso de concreto. Dentre as camas, a casca de arroz se mostrou mais eficiente. A umidade relativa do ar esteve sempre acima do valor considerado como limite para suínos em crescimento e terminação, isto é, 75%;
- A qualidade do ar, com base na emissão de amônia, foi semelhante para todos os tratamentos, e os valores encontrados foram menores que o limite de 10 ppm, com discreta vantagem para as camas;
- Com base no ganho de peso, consumo de ração e consumo de água, pode-se afirmar que o desempenho zootécnico não foi influenciado pelos tratamentos, entretanto, os animais mantidos no piso de concreto apresentaram resultados ligeiramente melhores que os alojados nas camas sobrepostas;
- As temperaturas de superfícies (pele dos animais e pisos) foram discretamente menores no tratamento 3 (piso de concreto).

Do exposto, fica claro que o desempenho geral dos tratamentos foi muito próximo. Assim, apesar dos resultados apontarem ligeira vantagem para o piso de concreto, compreende-se que, diante da necessidade da adoção de técnicas de manejo voltadas à

conservação ambiental, pode-se afirmar, com base nas pequenas diferenças, que as camas figuraram como opções também satisfatórias. A cama de maravalha seria a mais indicada em comparação à de casca de arroz. Há que se considerar ainda que com o uso das camas sobrepostas, se conseguiria economia da água utilizada nos processos produtivos e se evitaria o lançamento das águas residuárias nos cursos d'água. Por outro lado, foram registradas menções, por parte dos produtores, com relação às dificuldades encontradas na remoção das camas das instalações após o uso, ou seja, da necessidade da inserção de maquinário com essa finalidade no processo de produção. Portanto, a opção por um dos sistemas estará vinculada à análise desse conjunto de fatores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCS. **Associação Brasileira de Criadores de Suínos**. Disponível em: <<http://www.abcs.com.br>>. Acesso em: 3 de março de 2003.
- ABREU, P.G. **Sistema de aquecimento em piso, com resistência elétrica, para criação de aves**. Viçosa, MG: UFV, 1986. 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- ANUALPEC, **Anuário Estatístico da Produção Animal**. São Paulo: Editora Agros Comunicação, 400p, 2002.
- ÁVILA, V. S.; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. **Cama de aviário: Materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 39p., 1992.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: Editora UFV, 246p., 1997.
- BAKER, D. H.; HAHN, J. D.; CHUNG, T. K. et al. Nutrition and growth: the concept and application of na ideal protein for swine growth. In: HOLLIS, G. R. (Coord.) **Growth of the pig**. Wallingford : CAB INTERNATIONAL, p.133-139., 1993.
- BARRETO, G.B. **Curso de suinocultura**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 295p., 1987.
- BELLAVER, C.; LIMA, G. J. M. M.; GUIDONI, A. L.; VIOLA, E. S. Efeitos de restrição alimentar e do sexo sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 8., Foz do Iguaçu, 1997. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABRAVES, 1997. p. 385-386.
- BENEDI, J. M. H. **El ambiente de los alojamientos ganaderos**. Madrid: Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación, Servicio de Extension Agrária, 28p., 1986.
- BIOLATINA. Heatland Lysine Inc. **Digestibility of essential amino acids for poultry and swine**, version 3.2. Ed. Gentone International Inc. Chicago, 1992. (Software).
- BODMAN, G.R. **Evaluation of housing and environmental adequacy: Principles and concepts**. Lincoln: Cooperative Extension at the University of Nebraska, 28p., 1994.
- BOND, T. E., KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. **Agricultural Engineering**, v. 36, n. 4, p. 251-255, 1955.

- BUFFINGTON, C. S., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G. H., PITT, D., THATCHER, W. W., COLLIER, R. J. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society Agricultural Engineers**, St. Joseph, 77:4517, 19p., 1977.
- CASAGRANDE, D. **Cama sobreposta da Cooperalfa ganha prêmio em Florianópolis**. Disponível em: <[http:// www.suino.com](http://www.suino.com)>. Acesso em: Agosto de 2002.
- CHAPIN, A.; BOULIND, C.; MOORE, A. Controlling Odor and Gaseous Emission Problems from Industrial Swine Facilities - Recent Laws and New Ideas. **Yale Environmental Protection Clinic**, 1998.
- CHUNG, T. K.; BAKER, D. H. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.12, p.3102-3111, 1992.
- CLAQUE, D. C. Canibalism in pigs. **Queensland Agricultural Journal**, 95:2, p. 743-745, 1979.
- CORRÊA, E. K. **Avaliação de diferentes tipos de camas na criação de suínos em crescimento e terminação**. Pelotas, RS: UFPel, 1998. 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Pelotas, 1998.
- CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. Iowa: Iowa State University Press, 409 p., 1983.
- DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. Manejo de Dejetos de Suínos; **Boletim Informativo Pesquisa BIPERS**, EMBRAPA Suínos e Aves/EXTENSÃO-EMATER-RS; Ano 7, n.11, 1998.
- ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 2 ed. Westport: AVI Publishing Company, 325 p., 1974.
- FERREIRA, J.H. **Posicionamento de ventiladores em galpões para frangos de corte**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 68p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- FRASER, D. Selection of bedded and unbedded areas by pigs in relation to environmental temperature and behaviour. **Appl. Animal Behavior Science**, 14, p. 117-126, 1985.
- GENTRY J.G.; MILLER F.M; MCGLONE,J.J. Sistemas Alternativos de Produção: Influência Sobre o Crescimento dos Suínos e a Qualidade da Carne. In: **CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA**, 1, Dezembro de 2001 - Via Internet.
- GOMES, M.F.M.; GIROTTI, A.F.; TALAMINI, D.J.; LIMA, G.J.M.M.; MORES, N.; TRAMONTINI, P. **Análise prospectiva do complexo agroindustrial de suínos no Brasil**. Concórdia, SC: Embrapa-CNPSA, 108p., 1992. (Embrapa-CNPSA. Documentos, 26).
- HAHN, J. D.; BAKER, D. H. Optimum ratio to lysine of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.2, p.482-489, 1995.
- HANNAS, M. I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: **SIMPÓSIO AMBIÊNCIA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE SUÍNOS**, 1, Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p.1-33.



- HEBER, A.; JONES, D.; SUTTON, A. Indoor air quality - Controlling Ammonia Gas In Swine Buildings. **Purdue University Cooperative**: Extension Service. Disponível em: <<http://cdc.gov/niosh/nasd/docs4/in98003.html>>, 1998. Acesso em: Agosto de 2002.
- HEITMAN, H.; HUGHES, E. H. The effects of air temperature and relative humidity on the physiology well being swine. **Journal Animal Science**, Champaign, v.8, p.171-178, 1949.
- INGRAM, D. L. Resource **Veterinary Science**, v. 6, p. 9-17, 1965.
- IZQUIERDO, O. A.; PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. Bioavailability of lysine in L-Lysine HCl. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.66, n.10, p.2590-2597, 1988.
- KOOSTER, C. E.; GREUTINK, G.J. Water evaporation in deep litter houses. **Proc. Workshop Deep Litter for Pig Farming**, Rosmalen. 1992.
- LANCINI, J. B. Aspectos gerais sobre a intoxicação e contaminação através da cama aviária. **Avicultura Industrial**, v.76, n.923, p.32-34.,1986.
- LAY, D. C. Jr., HAUSSMANN, M. F. e DANIELS, M. J. Sistemas de terminação "deep-bedding" (cama sobreposta). In: **II CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA**, 05 de novembro a 06 de dezembro de 2001 - Via Internet.
- LE DIVIDICH, J.; HERPIN, P.; GERAERT, P. et al. Cold stress in: **PHILLIPS E PIGGINS, D.** Farm animals and the environment. CAB International Wallingford: UK, 1992.
- LEIBHOLZ, J.; LOVE, R. J.; MOLLAH, Y. et al. The absorption of dietary L-Lysine and extruded L-Lysine in pigs. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.15, n.1, p.141-148, 1986.
- LOHMANN, O., SILVA, R.F., FONTOURA, T.B., SILVA, D.M., JAQUES, R.J.S., FRIES, M.R., AITA, C. **Determinação de microrganismos fecais em solo, sob campo nativo, submetidos a aplicações periódicas de esterco suíno**. In: EMBRAPA Cerrados. XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Brasília, julho de 1999. CD ROM.
- LOURES, E.G. Manejo de dejetos suínos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 27, Poços de Caldas, [s.n.], Separata. 1998.
- MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. São Paulo: FINEL, 266p., 1994.
- MACHADO, L.C.P. Instalações para suínos. **Suinocultura Industrial**. Porto Feliz, SP, v.7, n.75, p.6-14, 1985.
- MACHADO FILHO, L.C.P., Bem-estar de suínos e qualidade da carne: uma visão brasileira. In: **I CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA**, 16 de novembro a 16 de dezembro de 2000 - Via Internet.
- MACHADO FILHO, L.C.P.; SILVEIRA, M.C.A.C. da; HÖTZEL, M.J.; MACHADO, L.C.P., Produção agroecológica de suínos: uma alternativa sustentável para a pequena propriedade. In: **II CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA**, 05 de novembro à 06 de dezembro de 2001 - Via Internet.

- MONETTI, P. G.; TONON, F. Impiego della letiera profonda per la escrofe in allattamento. **Revista di Suinocultura**, 4:1, p. 35-42, 1994.
- MOUNT, L.E. Recent observation on the influence of weather and climate on energy metabolism and growth in pig, sheep and cattle. **Biometeorol. Surv.**, v.1b, p. 23-33, 1979..
- NIOSH - National Institute Occupational Safety and Health. **Safety in swine production systems**. North Carolina: Cooperative Extension Service Publication, n. PIH -104, 1996.
- NRC - National Research Council - **Nutrient Requirements of Swine**. Tenth Revised Edition, National Academy of Sciences, Washington, 189 p., 1998.
- OLIVEIRA, P.A.V. de. **Comparaison des systèmes d'élevage des porcs sur litière de sciure ou caillebotis integral**. 1999. 272p. Thèse de Docteur, N°: 99-24, D-32, l' ENSA de Rennes, France, 1999a.
- OLIVEIRA, P.A.V. Qualidade do ambiente para a produção de leitões. **Ambiência e Qualidade na Produção Industrial de Suínos**. Editado por Iran José Oliveira da Silva. Piracicaba: FEALQ, 247p., 1999b.
- OLIVEIRA, P.A.V.; KERMARREC, C.; ROBIN, P. Balanço de nitrogênio e fósforo em sistemas de produção de suínos sobre cama de maravalha. Memória: **Congresso Mercosur de Production Porcine**, Buenos Aires, Argentina, outubro 2000, p. SP7, 2000.
- OLIVEIRA, P.A.V. Produção de suínos em sistema "deep bedding": experiência brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5, São Paulo, 2000. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p.101-107.
- 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.
- PERDOMO, C. C. Uso racional da água no manejo de água de suínos. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUINOCULTURA, 1, Ponte Nova, 1995. **Anais...** Ponte Nova, EPAMIG/CRZM, 1995. p. 8-23.
- PHILLIPS, C.; PIGGINS, P. **Farm animals and the environment**. Wallingford: CAB-International, 430p., 1992.
- PIASENTIN, J.A. **Conforto medido pelo índice de temperatura de globo e umidade na produção de frango de corte para dois tipos de pisos em Viçosa-MG**. Viçosa, MG: UFV, 1984. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- PORKWORLD. A importância da água na suinocultura. v.7, ano 2, p. 50-55. Julho/Agosto, 2002.
- PUUMALA, M.; PYYKKÖNEN, M. The energy balance of the sawdust deep litter system. In: **NJF SEMINAR**, Estônia, n. 272, I-12:14, 1997.
- ROSA, Y.B.C.J. **Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico, em condições de verão, para Viçosa-MG**. Viçosa, MG: UFV, 1984. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.

- ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERNA, S. B. **Microclimate: the biological environment**. New York, Wiley-Interscience Publication, 495p., 1983.
- SANTOS, M. A. A. **Efeitos da ventilação natural em instalações de suínos em crescimento e terminação**. Campinas, SP: UNICAMP, 2001. 90p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, 2001.
- SARTOR, V. **Efeito do resfriamento evaporativo e da ventilação forçada no conforto térmico ambiental de verão, em maternidades de suínos**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- SILVA, P.R. Estudo das características dos resíduos das instalações de confinamento de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 7, Salvador, 1973. **Separata**. São Carlos, EESC – USP, 1973. p. 1-18, 1973.
- SOBESTIANSKY, I.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S.; SESTI, L.A.C. **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. EMBRAPA/CNPQA, 388 p., 1998.
- SUGAHARA, M.; BAKER, D. M.; HARMON, B. G. et al. Effect of ambient temperature on performance na carcass development in young swine. **Journal Animal Science**, v. 31, p. 59-63, 1970.
- SYDENSTRICKER, K. V. **Análise de lanternim em edificações para suínos, através de modelos em escala**. Campinas, SP: UNICAMP, 1993. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, 1993.
- TAIGANIDES, E.P. **Bioengineering properties of feedlot waste**. In: ANIMAL WASTES. Essex, England Applied Science, p.131-153, 1986.
- TEIXEIRA, V.H. **Estudo dos índices de conforto térmico em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco-MG**. Viçosa, MG: UFV, 1983. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- THOM, E.C. Cooling degree-days: air conditioning, weating and ventilating. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.55, n.7, p.65-72, 1958.
- TINOCO, I.F.F. **Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte**. Viçosa, MG: UFV, 1988. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- TINOCO, I.F.F. **Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambientes e níveis de energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de matrizes de frango de corte, em condições de verão e outono**. Belo Horizonte, MG: UFMG, 1996. 173p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
- TUMELERO, I. L. **Avaliação de materiais para o sistema de criação de suínos sobre cama**. Florianópolis, SC: UFSC, 1998. 84p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
- TURCO, S.H.N. **Modificações das condições ambientais de verão, em maternidade de suínos**. Viçosa, MG: UFV, 1993. 58p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.

TURCO, S. H. N. **Análise de sistemas de acondicionamento térmico em maternidades para suínos**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 91p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

VEIT, H. P.; TROUT, H. F. Monitoring air quality for livestock respiratory health. **Veterinary Medicine and Small Animal Clinician**, 77:1, p. 454-463, 1982.

WHATES, C.M. Strive for clean air in your poultry house. **World Poultry**, v.15, n.3, p. 17-19, 1999.

## APÊNDICE

QUADRO 1A - Resumo das Análises de Variância Referentes aos Efeitos dos Tratamentos, Horários e Fases sobre o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiante (CTR) e Umidade Relativa do Ar (UR) no interior das instalações.

| FV                          | GL  | Quadrados Médios |            |            |
|-----------------------------|-----|------------------|------------|------------|
|                             |     | ITGU             | CTR        | UR         |
| Tratamento                  | 2   | 3,9258           | 478131,3** | 66,8408    |
| Resíduo A                   | 3   | 28,3489          | 1832,612   | 62,2632    |
| Fase                        | 2   | 284,4675**       | 21658,67** | 49,5174    |
| Fase x Tratamento           | 4   | 30,6797**        | 72770,45** | 369,9698   |
| Resíduo B                   | 6   | 2,4532           | 534,9153   | 138,8328   |
| Horário                     | 23  | 298,9235**       | 67576,82** | 1192,609** |
| Horário x Tratamento        | 46  | 0,5950           | 1855,13**  | 27,7686**  |
| Horário x Fase              | 46  | 2,7487**         | 619,3480** | 19,3112**  |
| Horário x Fase x Tratamento | 92  | 0,2977           | 349,3833** | 7,3041     |
| Resíduo                     | 207 | 0,2790           | 57,4981    | 6,4164     |

\*\* Significativo a 1% de Probabilidade.

QUADRO 2A - Valores médios do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) para as fases de cada tratamento: cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3).

| Hora  | T1      |         |        | T2      |        |        | T3     |        |         |
|-------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
|       | Fase 1  | Fase 2  | Fase 3 | Fase 1  | Fase 2 | Fase 3 | Fase 1 | Fase 2 | Fase 3  |
| 00:00 | 72,5 ab | 72,7 a  | 71,2 b | 72,8 a  | 73,7 a | 70,2 b | 71,1 b | 72,8 a | 70,9 b  |
| 01:00 | 71,4 a  | 72,0 a  | 70,7 a | 71,5 a  | 72,5 a | 69,6 b | 70,3 b | 72,5 a | 70,2 b  |
| 02:00 | 70,5 a  | 71,2 a  | 70,2 a | 70,2 a  | 71,9 a | 69,0 b | 69,8 b | 71,8 a | 69,7 b  |
| 03:00 | 69,7 a  | 70,6 a  | 69,7 a | 70,0 a  | 71,2 a | 68,5 b | 69,2 b | 71,1 a | 69,1 b  |
| 04:00 | 69,2 a  | 69,9 a  | 69,3 a | 69,4 ab | 70,6 a | 68,1 b | 68,7 b | 70,5 a | 68,7 b  |
| 05:00 | 68,7 a  | 69,3 a  | 69,0 a | 69,0 ab | 70,0 a | 67,8 b | 68,3 b | 69,9 a | 68,3 b  |
| 06:00 | 68,6 a  | 68,8 a  | 68,7 a | 68,7 ab | 69,6 a | 67,6 b | 67,9 b | 69,4 a | 68,0 ab |
| 07:00 | 69,7 a  | 68,6 a  | 68,9 a | 69,2 a  | 69,3 a | 67,5 b | 67,9 a | 69,2 a | 68,2 a  |
| 08:00 | 71,2 a  | 70,2 ab | 69,7 b | 71,0 a  | 70,2 a | 68,0 b | 69,1 b | 70,6 a | 69,2 ab |
| 09:00 | 73,6 a  | 72,6 a  | 70,8 b | 73,2 a  | 72,5 a | 69,1 b | 70,9 b | 73,8 a | 70,9 b  |
| 10:00 | 74,9 a  | 75,5 a  | 71,9 b | 74,5 a  | 74,8 a | 70,3 b | 72,1 b | 76,3 a | 72,4 b  |
| 11:00 | 75,8 a  | 76,5 a  | 73,3 b | 75,4 a  | 75,9 a | 71,8 b | 73,5 b | 77,6 a | 74,0 b  |
| 12:00 | 77,1 a  | 77,5 a  | 74,8 b | 76,7 a  | 77,0 a | 73,4 b | 75,2 b | 78,8 a | 75,8 b  |
| 13:00 | 77,9 a  | 78,4 a  | 76,2 b | 77,9 a  | 78,2 a | 74,9 b | 76,6 b | 79,9 a | 77,2 b  |
| 14:00 | 79,0 a  | 79,3 a  | 77,1 b | 79,1 a  | 79,1 a | 76,0 b | 78,1 b | 80,6 a | 78,1 b  |
| 15:00 | 79,7 a  | 80,2 a  | 77,6 b | 79,9 a  | 80,0 a | 76,8 b | 78,8 b | 81,2 a | 78,7 b  |
| 16:00 | 80,0 a  | 81,0 a  | 77,9 b | 80,4 a  | 80,7 a | 77,2 b | 78,9 b | 81,7 a | 78,9 b  |
| 17:00 | 80,3 a  | 81,4 a  | 78,3 b | 80,7 a  | 81,0 a | 77,5 b | 78,8 b | 81,6 a | 78,8 b  |
| 18:00 | 80,9 a  | 81,2 a  | 77,9 b | 81,4 a  | 81,0 a | 77,2 b | 78,8 b | 81,2 a | 78,3 b  |
| 19:00 | 81,8 a  | 82,2 a  | 76,7 b | 81,9 a  | 81,7 a | 76,0 b | 78,8 b | 81,0 a | 76,8 c  |
| 20:00 | 79,7 a  | 80,4 a  | 75,1 b | 80,2 a  | 80,5 a | 74,3 b | 77,4 b | 80,0 a | 75,1 c  |
| 21:00 | 76,9 a  | 77,7 a  | 73,7 b | 77,5 a  | 78,1 a | 72,9 b | 75,2 b | 77,6 a | 73,6 c  |
| 22:00 | 74,8 a  | 75,3 a  | 72,7 b | 75,3 a  | 76,0 a | 71,2 b | 73,4 b | 75,6 a | 72,5 b  |
| 23:00 | 73,3 a  | 73,6 a  | 71,8 b | 73,8 a  | 74,3 a | 70,8 b | 72,1 b | 74,1 a | 71,6 b  |

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

QUADRO 3A - Valores médios da Carga Térmica Radiante (CTR), em W.m<sup>-2</sup>, para as fases de cada tratamento: de cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3).

| Hora  | T1       |          |         | T2       |          |         | T3      |         |         |
|-------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
|       | Fase1    | Fase 2   | Fase 3  | Fase 1   | Fase 2   | Fase 3  | Fase 1  | Fase 2  | Fase 3  |
| 00:00 | 532,1 a  | 543,4 a  | 535,6 a | 419,5 b  | 442,9 a  | 461,6 a | 450,5 a | 438,0 a | 353,0 b |
| 01:00 | 512,7 a  | 530,1 a  | 527,0 a | 427,3 b  | 440,5 ab | 453,9 a | 471,6 a | 432,3 b | 342,5 c |
| 02:00 | 484,7 b  | 507,8 a  | 518,2 a | 418,9 b  | 430,4 ab | 449,0 a | 448,7 a | 419,3 b | 342,0 c |
| 03:00 | 457,1 b  | 511,1 a  | 512,2 a | 403,9 c  | 427,4 b  | 450,1 a | 437,2 a | 423,4 a | 337,0 b |
| 04:00 | 455,2 c  | 483,0 b  | 511,9 a | 411,8 b  | 423,8 b  | 445,8 a | 471,9 a | 412,0 b | 338,8 c |
| 05:00 | 454,9 c  | 494,5 b  | 520,2 a | 427,6 b  | 428,7 b  | 458,0 a | 458,7 a | 413,7 b | 345,4 c |
| 06:00 | 446,9 b  | 510,3 a  | 489,6 a | 441,8 a  | 447,2 a  | 462,6 a | 454,6 a | 431,3 b | 351,6 c |
| 07:00 | 456,6 b  | 493,0 a  | 496,7 a | 458,9 a  | 453,9 a  | 469,0 a | 481,7 a | 441,7 b | 382,3 c |
| 08:00 | 526,1 b  | 553,9 a  | 562,4 a | 496,3 ab | 475,3 b  | 499,5 a | 537,2 a | 484,5 b | 418,8 c |
| 09:00 | 574,8 b  | 632,3 a  | 619,2 a | 525,4 a  | 510,1 a  | 525,7 a | 561,8 a | 516,6 b | 444,3 c |
| 10:00 | 611,8 b  | 676,5 a  | 658,1 a | 534,6 a  | 543,4 a  | 540,3 a | 562,9 a | 540,9 b | 468,3 c |
| 11:00 | 616,9 b  | 686,9 a  | 677,9 a | 563,9 a  | 555,8 a  | 563,9 a | 580,2 a | 575,1 a | 489,5 b |
| 12:00 | 636,4 b  | 712,2 a  | 705,5 a | 559,7 a  | 577,7 a  | 572,4 a | 564,7 b | 586,4 a | 503,0 c |
| 13:00 | 653,4 b  | 694,7 a  | 708,1 a | 565,4 a  | 562,4 a  | 582,2 a | 570,0 a | 564,2 a | 504,1 b |
| 14:00 | 675,3 b  | 697,1 a  | 698,9 a | 577,3 a  | 570,4 a  | 577,2 a | 590,6 a | 569,0 b | 509,5 c |
| 15:00 | 687,3 a  | 686,4 a  | 689,9 a | 580,8 a  | 571,2 a  | 562,3 a | 613,3 a | 562,4 b | 485,2 c |
| 16:00 | 659,1 a  | 646,6 ab | 635,8 b | 558,7 ab | 571,4 a  | 549,0 b | 587,2 a | 552,9 b | 459,0 c |
| 17:00 | 606,7 b  | 647,3 a  | 593,7 b | 529,7 a  | 539,7 a  | 523,9 a | 581,2 a | 539,8 b | 433,4 c |
| 18:00 | 526,2 c  | 560,7 b  | 585,1 a | 503,4 a  | 505,0 a  | 491,5 a | 555,6 a | 497,1 b | 393,8 c |
| 19:00 | 510,3 c  | 575,9 b  | 603,7 a | 481,1 a  | 474,2 a  | 479,5 a | 493,7 a | 461,7 b | 382,7 c |
| 20:00 | 600,7 ab | 619,8 a  | 591,4 b | 438,3 b  | 461,1 a  | 471,6 a | 442,1 a | 446,5 a | 381,8 b |
| 21:00 | 563,2 a  | 565,7 a  | 573,9 a | 438,8 b  | 448,1 b  | 472,0 a | 476,6 a | 447,7 b | 380,4 c |
| 22:00 | 500,1 b  | 569,8 a  | 556,9 a | 438,2 b  | 446,5 ab | 461,6 a | 466,3 a | 432,9 b | 372,2 c |
| 23:00 | 510,1 c  | 601,9 a  | 550,9 b | 435,2 b  | 443,6 ab | 459,9 a | 450,5 a | 428,9 b | 366,3 c |

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



QUADRO 4A - Valores médios da Umidade Relativa do Ar (UR), em %, para as fases de cada tratamento: cama de maravalha (T1), cama de casca de arroz (T2) e piso de concreto (T3), nas respectivas fases de observação.

| Hora  | T1     |         |        | T2      |        |         | T3      |        |        |
|-------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
|       | Fase 1 | Fase 2  | Fase 3 | Fase 1  | Fase 2 | Fase 3  | Fase 1  | Fase 2 | Fase 3 |
| 00:00 | 90,3 a | 89,8 a  | 93,8 a | 91,6 a  | 97,2 a | 96,1 a  | 91,1 a  | 88,6 a | 93,6 a |
| 01:00 | 90,2 a | 88,7 a  | 94,4 a | 95,6 a  | 98,1 a | 96,9 a  | 91,2 a  | 90,0 a | 94,5 a |
| 02:00 | 91,5 a | 90,9 a  | 94,5 a | 95,3 a  | 98,4 a | 96,3 a  | 92,5 a  | 91,6 a | 95,1 a |
| 03:00 | 92,3 a | 91,8 a  | 95,5 a | 96,6 a  | 98,8 a | 96,0 a  | 93,5 a  | 92,6 a | 95,6 a |
| 04:00 | 92,9 a | 92,3 a  | 95,8 a | 96,1 a  | 98,0 a | 96,2 a  | 93,9 a  | 93,3 a | 95,9 a |
| 05:00 | 93,5 a | 92,9 a  | 96,1 a | 96,2 a  | 97,9 a | 95,3 a  | 94,1 a  | 93,9 a | 96,3 a |
| 06:00 | 94,2 a | 93,8 a  | 96,2 a | 95,1 a  | 97,2 a | 94,0 a  | 94,7 a  | 94,5 a | 96,5 a |
| 07:00 | 93,4 a | 93,9 a  | 95,4 a | 92,7 a  | 96,3 a | 92,4 a  | 93,2 a  | 93,9 a | 95,7 a |
| 08:00 | 91,7 a | 91,2 a  | 92,8 a | 88,2 a  | 94,4 a | 90,1 a  | 90,9 a  | 90,6 a | 94,4 a |
| 09:00 | 90,4 a | 89,4 a  | 88,8 a | 82,7 b  | 91,5 a | 82,1 b  | 88,2 a  | 85,9 a | 90,6 a |
| 10:00 | 88,2 a | 86,7 a  | 83,0 a | 74,5 b  | 86,9 a | 75,0 b  | 84,0 a  | 81,2 a | 85,4 a |
| 11:00 | 85,8 a | 82,9 a  | 77,9 a | 75,1 ab | 83,3 a | 70,7 b  | 81,7 a  | 76,6 a | 79,3 a |
| 12:00 | 83,0 a | 79,5 ab | 74,3 b | 73,1 ab | 81,4 a | 67,7 b  | 79,2 a  | 73,3 a | 74,9 a |
| 13:00 | 77,7 a | 77,7 a  | 72,0 a | 71,6 b  | 81,9 a | 65,9 b  | 77,9 a  | 71,4 a | 74,9 a |
| 14:00 | 76,1 a | 75,5 a  | 71,4 a | 72,7 ab | 80,0 a | 66,5 b  | 78,7 a  | 70,4 a | 74,7 a |
| 15:00 | 74,3 a | 75,2 a  | 71,9 a | 64,3 b  | 77,8 a | 69,2 ab | 76,1 a  | 69,9 a | 75,6 a |
| 16:00 | 74,4 a | 75,8 a  | 74,1 a | 67,3 b  | 78,3 a | 73,0 ab | 77,1 a  | 69,4 a | 75,6 a |
| 17:00 | 75,5 a | 79,0 a  | 78,1 a | 72,0 b  | 82,2 a | 79,3 ab | 77,6 ab | 69,7 b | 79,1 a |
| 18:00 | 77,6 a | 81,8 a  | 83,1 a | 81,3 a  | 86,4 a | 87,8 a  | 79,0 ab | 74,1 b | 83,8 a |
| 19:00 | 81,3 a | 85,1 a  | 86,9 a | 87,2 a  | 90,2 a | 90,0 a  | 83,0 a  | 80,0 a | 87,0 a |
| 20:00 | 86,2 a | 87,9 a  | 89,3 a | 90,2 a  | 95,3 a | 92,1 a  | 86,6 a  | 85,1 a | 89,1 a |
| 21:00 | 88,5 a | 89,3 a  | 91,0 a | 90,8 a  | 96,8 a | 93,0 a  | 87,4 a  | 86,6 a | 90,7 a |
| 22:00 | 89,4 a | 89,4 a  | 92,3 a | 92,1 a  | 96,9 a | 94,2 a  | 88,8 a  | 88,0 a | 91,9 a |
| 23:00 | 90,2 a | 88,9 a  | 93,9 a | 90,9 a  | 97,3 a | 95,5 a  | 90,0 a  | 87,9 a | 93,0 a |

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

QUADRO 5A - Resumo das Análises de Variância referentes ao efeito dos Tratamentos, Fases, Horários de observação, interações Fase x Tratamento, Hora x Tratamento e Hora x Fase x Tratamento, em relação à Temperatura de Pele dos animais e Temperatura de Superfície.

| FV                          | GL          | Quadrados Médios    |                           |
|-----------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|
|                             |             | Temperatura de pele | Temperatura de superfície |
| Tratamento                  | 2           | 0,7506**            | 12,3026**                 |
| Resíduo A                   | 9           | 0,3441              | 2,0255                    |
| Fase                        | 2           | 0,0126              | 5,7310**                  |
| Fase x Tratamento           | 4           | 0,1676              | 0,6493                    |
| Resíduo B                   | 18          | 0,0925              | 0,1995                    |
| Horário                     | 1           | 292,4168**          | 401,3890**                |
| Horário x Tratamento        | 2           | 0,7872**            | 5,7010**                  |
| Horário x Fase              | 2           | 8,1527**            | 7,9293**                  |
| Horário x Fase x Tratamento | 4           | 0,1481              | 0,3376                    |
| Resíduo                     | 27          | 0,1013              | 0,7356                    |
| C.V. (%)                    | Parcela     | 1,8056              | 5,2852                    |
| C.V. (%)                    | Sub-parcela | 0,9359              | 1,6587                    |

\*\* Significativo a 1% de Probabilidade.

QUADRO 6A - Resumo das Análises de Variância referentes ao efeito dos Tratamentos, Fases, interação Fase x Tratamento, em relação ao Ganho de peso (GP), Consumo de ração (CR), Conversão alimentar (CA) e Consumo de água (CAg).

| FV                | GL          | Quadrados Médios |         |         |          |
|-------------------|-------------|------------------|---------|---------|----------|
|                   |             | GP               | CR      | CA      | CAg      |
| Tratamento        | 2           | 0,0487*          | 0,0630  | 0,0532  | 0,5858   |
| Resíduo A         | 9           | 0,0026           | 0,0359  | 0,0300  | 2,9031   |
| Fase              | 2           | 0,1203           | 3,7320* | 3,7320* | 13,6233* |
| Fase x Tratamento | 4           | 0,0061*          | 0,0526  | 0,0526  | 2,4812*  |
| Resíduo B         | 18          | 0,0018           | 0,0252  | 0,0282  | 0,6181   |
| C.V. (%)          | Parcela     | 6,8100           | 9,6500  | 8,8249  | 24,1100  |
| C.V. (%)          | Sub-parcela | 5,6381           | 8,0953  | 8,5550  | 11,1260  |

\* Significativo a 5% de Probabilidade.