

RICARDO FONTES MOREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE RESFRIAMENTO E
AQUECIMENTO DE PISOS DE MATERNIDADES SUINÍCOLAS, VISANDO O
CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO DE MATRIZES E LEITÕES**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS –BRASIL
2003

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

T

M838d
2003

Moreira, Ricardo Fontes, 1958-

Desenvolvimento de sistemas de resfriamento e aquecimento de pisos de maternidades suinícolas, visando o conforto térmico e desempenho de matrizes e leitões / Ricardo Fontes Moreira.- Viçosa: UFV, 2003.

107p. : il.

Orientador: Haroldo Carlos Fernandes.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

1. Maternidade de suínos - Sistemas de acondicionamento térmico. 2. Sistemas de aquecimento em piso - Projetos e plantas. 3. Sistemas de resfriamento em piso - Projetos e plantas. 4. Maternidade de suínos - Conforto térmico. 5. Maternidade de suínos - Conforto ambiental. 6. Maternidade de suínos – Instalações. 7. Bioclimatologia animal. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 636.40831

CDD 20.ed. 636.40831

RICARDO FONTES MOREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE RESFRIAMENTO E
AQUECIMENTO DE PISOS DE MATERNIDADES SUINÍCOLAS, VISANDO O
CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO DE MATRIZES E LEITÕES**

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

APROVADA: 11 de março de 2003

Prof. Aloísio Soares Ferreira
(Conselheiro)

Prof. Jadir Nogueira da Silva

Prof.^a Cecília de Fátima Souza

Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva

Prof. Haroldo Carlos Fernandes
(Orientador)

A Deus.

A meus pais e irmãos.

À minha esposa, Leacyra.

Às minhas filhas, Larissa e Lívia.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pelo suporte financeiro.

À companhia Belgo Mineira, pela doação da tela para a confecção das placas.

À firma Polydrier, pelo empréstimo do equipamento utilizado para o aquecimento da água.

Ao professor Haroldo Carlos Fernandes, pela amizade e confiança, pelos ensinamentos transmitidos, pelo incentivo e pela orientação, durante o curso de pós-graduação e execução deste trabalho.

Aos professores conselheiros Aloísio Soares Ferreira, Jadir Nogueira da Silva e Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, pelas críticas e sugestões para o enriquecimento de nosso trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora, Professora Cecília de Fátima Soares e Dr. Francisco de Oliveira Silva.

Aos professores da área de energia Delly Oliveira Filho e José Helvécio Martins, em nome dos professores da Universidade, pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade.

Ao aluno de iniciação científica Alexandre de Melo Pereira, pela ajuda em todas as fases do experimento.

Ao Departamento de Engenharia Civil, pela oportunidade do desenvolvimento e construção das placas. Em especial, ao professor Lauro Gontijo Couto, pelo exemplo, pela amizade e confiança, pelos ensinamentos transmitidos e apoio durante a realização

do experimento. Aos funcionários: Hilário Moreira, José Carlos, João Tibúrcio, Tarcísio e demais funcionários, pelo auxílio na construção das placas.

Ao Departamento de Zootecnia, onde foi conduzido o experimento.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da UFV, “Tãozinho”, “Zé Bié”, Roberto, Marreco, Raimundo, Dedeco e em especial ao Chico e Vítor, pela ajuda indispensável.

Ao professor Fernando Pinheiro Reis, pelos ensinamentos transmitidos e ajuda nas análises estatísticas.

Ao professor Evandro de Castro Melo e aos alunos de Doutorado Ricardo Garcia e Darly Geraldo, pela ajuda e empréstimo do sistema de aquisição de dados automático.

Ao aluno de Doutorado Kedson Raul de Souza Lima, pela amizade, conhecimentos transmitidos e apoio durante a realização do experimento.

A Jeremias de Castro, Adriana Felix Iasbik e Rosangela Fontes Moreira pelo auxílio nas correções gramaticais.

À Prefeitura do Campus, representada pelo Pró-Reitor de Administração Luiz Eduardo Ferreira Fontes, Engenheiro Jefferson Machado Fontes, Chefe de Manutenção do Campus Geraldo Rodrigues, Chefe do Serviço de Almoxarifado Ari e demais funcionários, pelo apoio e fornecimento de material.

Aos funcionários do setor de refrigeração, pelo apoio na construção do sistema de refrigeração da água.

Aos funcionários do setor de Manutenção Hidráulica “Nonote”, “Sr. Pelé” e demais funcionários pelos serviços hidráulicos.

Aos funcionários do Laboratório de Mecanização Agrícola, Danilo Firmino, Marcelo do Carmo Freitas, Geraldão, Vantuil Guilhermino, pela boa convivência e ajuda nas fases de construção da caixa térmica.

Aos funcionários José Mauro Ferreira, José Galinari Sobrinho, Juvercindo, Marcos, Dona Maria, Edna Maria Soares, Jurandir, Joel Freitas, Chicão, Sr. Antônio, pela amizade e apoio durante toda a minha permanência no DEA.

Aos colegas da área de energia: Carlos Alberto, Paulo, Isnard, Sidney, José Marcio, Ney, Roberto Precci e Júlio César, pela convivência e amizade.

Enfim, a todos que direta e indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE PLACAS PRÉ-MOLDADAS DE ARGAMASSA ARMADA PARA CIRCULAÇÃO DE ÁGUA VISANDO SUA UTILIZAÇÃO EM MATERNIDADES DE SUÍNOS.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	23
CONSTRUÇÃO, MONTAGEM E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO DE PISO PARA MATERNIDADES DE SUÍNOS.....	25
1. INTRODUÇÃO.....	25
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	58
EFEITO DA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO DE PISOS, NO AMBIENTE TÉRMICO E NO DESEMPENHO DE MATRIZES LACTANTES E LEITÕES EM MATERNIDADE DE SUÍNOS.....	61
1. INTRODUÇÃO.....	61
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	64

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	85
RESUMO GERAL E CONCLUSÕES.....	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
APÊNDICE.....	96

RESUMO

MOREIRA, Ricardo Fontes, D.S. Universidade Federal de Viçosa, março de 2003.
Desenvolvimento de sistemas de resfriamento e aquecimento de pisos de maternidades suinícolas, visando o conforto térmico e desempenho de matrizes e leitões. Orientador: Haroldo Carlos Fernandes. Conselheiros: Aloísio Soares Ferreira e Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.

Com o objetivo de definir parâmetros para o projeto de sistemas de resfriamento e aquecimento de pisos, visando o conforto térmico de matrizes e leitões nas maternidades, este trabalho foi realizado nos Departamentos de Engenharia Agrícola (DEA), Engenharia Civil (DEC) e Zootecnia (DZO), da Universidade Federal de Viçosa. Inicialmente, três placas pré-moldadas de argamassa armada foram construídas, utilizando-se métodos distintos, visando à circulação de água resfriada para as matrizes e água aquecida para os leitões. A placa designada P_1 foi construída com vazios no formato de serpentinas, em seu interior. Para a placa P_2 , utilizou-se tubo corrugado de polietileno, em forma de serpentinas, embutidos na argamassa armada. Para a placa P_3 , adotou-se o mesmo método de construção da placa P_1 , variando-se apenas a área de circulação de água. A placa P_1 atingiu uma temperatura superficial de aproximadamente 1°C a mais que P_2 para uma mesma temperatura da água de entrada nas placas. No entanto, optou-se pela utilização da placa P_2 em razão de sua maior facilidade de construção e maior inércia térmica. Foram construídas 16 placas para os leitões e 8 para as matrizes, sendo as mesmas adaptadas sobre o piso de uma das salas da maternidade de suínos, no setor de suinocultura do Departamento de Zootecnia (DZO). Para aquecimento e resfriamento da

água a ser circulada nas placas, foram utilizados os sistemas a gás e um conjunto motor-compressor de refrigeração adaptado a uma caixa térmica, respectivamente. As avaliações de desempenho dos animais foram realizadas durante os meses de abril a junho, para os seguintes tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as matrizes (PRCA); e piso sem modificação na sala S₂, com animais (PSMCA). Os parâmetros térmicos avaliados foram: índice de temperatura de globo e umidade (ITGU); carga térmica radiante (CTR); umidade relativa do ar (UR); índice bioclimático (IBC) e temperaturas dos pisos. Os índices fisiológicos avaliados foram: frequência respiratória (FR); temperatura retal (TR) e temperaturas da pele, na parte inferior e superior do corpo das matrizes lactantes, quando em contato com o piso. Os índices zootécnicos avaliados foram o ganho de peso diário dos leitões (GPDL) e o peso médio dos leitões (PML). Os resultados para GPDL foram: PRCA 233 g/dia, PCARA 207 g/dia e PSMCA 182 g/dia; e para PML foram: PRCA 6,63 kg, PCARA 5,95 kg e PSMCA 5,43 kg, durante 21 dias na maternidade, sem complementação da alimentação com ração. Concluiu-se que o tratamento PRCA foi o que proporcionou as melhores condições térmicas ambientais e fisiológicas para as matrizes lactantes, seguido pelo tratamento PCARA.

ABSTRACT

MOREIRA, Ricardo Fontes, D.S. Universidade Federal de Viçosa, March of 2003.
Development of cooling and heating systems of the lactating cage floors, seeking the thermal comfort and performance of lactating sow and piglets. Adviser: Haroldo Carlos Fernandes. Committee Members: Aloísio Soares Ferreira and Ilda de Fátima Ferreira Tinôco.

With the main objective of supplying appropriate thermal parameters, and seeking the thermal comfort for lactating sow and piglets in the lactating cage, this work was carried out at the Federal University of Viçosa, MG, Brazil in the Science Agricultural Engineering, Civil Engineering and Animal science. Foostly, three premolded plates of mortar were built and armed using different processes of building aiming the circulation of cold water for lactating sow and heated water for the piglets. In the plate called P_1 , the circulation system for the water was built with emptiness in the format of serpentines in its interior. In the plate named P_2 , it was used corrugated tubes of polyethylene in form of serpentines, which were built-in the armed mortar. In the P_3 plate, it was adopted the same process of construction of P_1 with a variation in the area of circulation of water. The P_1 plate reached a surface temperature of approximately 1°C higher than P_2 , in the same temperature of the water entering the plates. However, plate P_2 was chosen to be used due to the fact that it was easier to be built and its higher thermal inertia. Sixteen plates were built for the piglets and 8 for the lactating sow, all of which were adapted on the floor of one of the rooms of the lactating cage in the Animal Science Department. For the heating and cooling of the circulating water in the plates, a gas system and a cooling compressor motor which were, respectively, adaptated to a thermal box were used. The evaluations of

the animals performance were carried out during the months of April to June for the following treatments: warmed floor for the piglets and cooled floor for the lactating sow (PCARA); floor without heating for the piglets and cooled floor for the lactating swine (PRCA) and floor without modification in the room S₂ with (PSMCA) animals. The evaluated thermal parameters were: globe temperature and humidity index (ITGU), radiant thermal load (CTR), relative humidity of the air (UR), bioclimatic index (IBC) and the floor temperatures. The evaluated physiologic indexes were: breathing frequency (FR), rectal temperature (TR) and the skin temperature of the lower and upper parts of the lactating swine body, when they were in contact with the floor. The evaluated zootecnical index were: the daily weight gain of the piglets (GPDL) and the average weight of the piglets (PML). The out comes for GPDL were: PRCA 233 g/day, PCARA 207 g/day and PSMCA 182 g/day and PML were: PRCA 6,63 kg, PCARA 5,95 kg and PSMCA 5,43 kg in 21 days in the lactating cage without addition of food with ration. It could be observed that the PRCA treatment provided the best environmental and physiologic thermal conditions for the lactating sow, followed by the PCARA treatment.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Com o crescente aumento populacional, todas as nações têm-se preocupado em elevar os índices de produtividade agrícola para suprir a crescente demanda de alimentos no mundo. Todavia, essa busca de aumento no índice de produtividade acarreta maior consumo de energia. Como as fontes de energia convencionais não renováveis encontram-se cada vez mais escassas, seu uso racional, por meio da substituição parcial ou total, tem-se tornado inevitável.

A suinocultura tem sido uma atividade de grande relevância econômica no complexo agroindustrial brasileiro. Segundo estudos realizados no CNPSA/EMBRAPA, a cadeia produtiva de suínos tem movimentado um valor superior a 8 bilhões de reais, ou cerca de 1,0 % do PIB do país, anualmente. A suinocultura está presente em cerca de 3,5 % das 5,8 milhões de propriedades rurais existentes no Brasil, com predominância de pequenas propriedades, e nessa atividade emprega-se um contingente significativo de mão-de-obra (TALAMINI, 1999).

A espécie suína é sensível a condições climáticas adversas, sendo que em climas frios, os suínos recém-nascidos são mais afetados, por causa da falta de mecanismos de controle termorregulatório próprio devido à pequena camada de gordura subcutânea e das poucas reservas corporais de glicogênio, enquanto que em climas quentes, os suínos adultos são os mais afetados, pois, à medida que adquirem maior camada de gordura subcutânea, tornam-se inábeis para dissipar o calor corporal (SVENDSEN e BILLE, 1981; PHILLIPS e PIGGINS, 1992). Essa adversidade de condições ambientais agrava-se principalmente na maternidade, onde encontra-se o maior problema da ambiência, pois, numa pequena área, coexistem dois elementos do ciclo de produção com exigências

térmicas bastante diferentes: os leitões, que necessitam de ambiente com temperatura em torno de 32°C, e as matrizes lactantes, que podem se estressar em ambiente com temperaturas ambientes superiores a 23°C.

Os suínos, como animais homeotérmicos, podem apresentar seu máximo potencial genético quando se encontram na zona de conforto térmico (temperatura ótima). Esta compreende a faixa de temperatura ambiente efetiva, na qual o calor produzido durante os processos de manutenção e de produção animal é igual ao calor perdido para o ambiente térmico, sem a necessidade de aumentar a taxa de produção de calor metabólico (MOUNT, 1968). Nesta condição o calor perdido para o ambiente é mínimo, e a retenção de energia máxima.

A zona de conforto térmico é dependente de diversos fatores, tais como: alguns ligados ao animal (como peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética) e outros ligados ao ambiente (como a temperatura, velocidade do vento, umidade relativa, tipo de piso e energia radiante). Devido a estes fatores tem-se constatado diferenças na literatura com relação às zonas de conforto térmico e aos limites da temperatura crítica superior e inferior para as diferentes categorias de suínos.

A ausência do bem-estar de animais criados para produção de carne, pode resultar em um produto de qualidade inferior e de menor valor comercial. No caso dos suínos pode haver uma maior incidência de carne com PSE (pálida, mole e exsudativa), DFD (escura, dura e seca) e com menor tempo de vida de prateleira. Os suínos produzidos sem as mínimas condições de bem-estar podem apresentar desde hematomas, ossos danificados, mudanças de comportamento até quadros mais crônicos de estresse. O bem-estar animal abrange itens como ambiência, manejo, nutrição, entre outros (QUEVEDO, 1999).

No caso da maternidade, o controle das condições ambientais tem sido mais complexo que nas demais instalações. O projeto da maternidade deve atender a microambientes específicos para matrizes e leitões. Entre as alternativas usuais no Brasil, para o conforto térmico dos leitões, são utilizados abrigos escamoteadores, vedados e aquecidos, por meio de lâmpadas ou resistências elétricas, instaladas próximas às cabeças dos animais, ou por meio de aquecimento do piso, via resistências elétricas. No caso de resfriamento para conforto térmico das matrizes, primeiramente são utilizados sistemas de ventilação forçada. Este sistema nem sempre é satisfatório, pois não reduz a

temperatura do ar. Outro sistema bastante difundido é o resfriamento evaporativo do ar, que consiste em incorporar vapor d'água diretamente a este, causando mudança em seu ponto de estado psicrométrico (aumento da umidade e redução da temperatura). Os tipos de sistemas evaporativos mais usuais são: o sistema de material poroso acoplado ao ventilador, que consiste em forçar a passagem do ar por uma parede de material poroso umedecido e o sistema de nebulização ou aspersão acoplado ao ventilador, que consiste na formação de gotículas de água extremamente pequenas, com maior superfície de exposição ao ar, o que, associado ao sistema de ventilação, assegura a evaporação rápida, maior superfície de abrangência e evita que ocorra precipitação (SARTOR, 1997; SILVA, 1999).

Pelo exposto, objetivou-se com este trabalho: desenvolver e avaliar sistemas de aquecimento e resfriamento de piso para as gaiolas individuais de maternidades suinícolas, visando o melhor conforto térmico e desempenho dos leitões e matrizes lactantes.

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÕES DE PLACAS PRÉ-MOLDADAS DE ARGAMASSA ARMADA PARA CIRCULAÇÃO DE ÁGUA, VISANDO SUA UTILIZAÇÃO EM MATERNIDADES DE SUÍNOS

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de argamassa armada é considerada uma das mais adequadas para os países em desenvolvimento, como o Brasil, porque é facilmente assimilável e propicia muitas modalidades de construções viáveis economicamente, principalmente no meio rural para construção de biodigestores, silos graneleiros, caixas d'água, abrigos para bezerros, comedouros e bebedouros para animais, pisos para criações, etc.

As peças de argamassa armada caracterizam-se pela sua flexibilidade, capacidade de suportar tensões mais elevadas de tração em serviço, leveza e resistência ao impacto. O material em si é impermeável e não necessita de outro revestimento rígido, embora possa receber, em alguns casos, pinturas de proteção e decorativas. A resistência e impermeabilidade dependem principalmente de cinco fatores: a forma, a armação, a argamassa, a aplicação e a cura (HOMEM, 1993).

As espessuras utilizadas atualmente variam de 15 a 40 mm, com cobrimentos de armaduras da ordem de 5 a 7 mm. A argamassa é constituída por cimento e agregado miúdo numa proporção básica de 1:2 e a relação água/cimento em torno de 0,4 , o que conduz a consumos de cimento na faixa de 500 a 700 kg/m³. As taxas de armadura variam desde valores em torno de 80 kg/m³ para elementos não estruturais até valores próximos a 250 kg/m³ para peças com fins estruturais (BALLARIN, 1987).

A permeabilidade dos concretos e das argamassas é uma propriedade extremamente importante, uma vez que reflete a capacidade do material de obstacularizar a penetração de líquidos e gases nocivos no seu interior.

A baixa permeabilidade a líquidos e gases é uma das mais importantes propriedades da argamassa, a ser conseguida geralmente com baixa relação água/cimento, consumo mais elevado de cimento, granulometria adequada do agregado, bom adensamento e cura adequada (NEVILLE, 1982; BUCHER, 1987; HANAI, 1992).

Para obter qualidades essenciais da argamassa tais como: facilidade de emprego quando fresca, resistência mecânica, durabilidade, impermeabilidade e constância de volume depois de endurecida, sempre tendo em vista o fator econômico, de acordo com PETRUCCI (1998), são necessários:

a) seleção cuidadosa dos materiais (cimento, agregado, água e aditivos) quanto a:

- tipo e qualidade;
- uniformidade.

b) proporcionamento correto:

- do aglomerante em relação ao inerte;
- da quantidade de água em relação ao material seco;
- do aditivo em relação ao aglomerante ou à água utilizada.

c) manipulação adequada quanto a:

- mistura;
- transporte;
- lançamento;
- adensamento.

d) Cura cuidadosa.

A grande influência da relação água/cimento deve-se ao fato de que ela determina a porosidade, maior à resistência da pasta e conseqüentemente da argamassa. A NBR – 11173, recomenda uma relação água/cimento máxima de 0,45. Entretanto, LIBÓRIO (1989) sugere limitar a relação água/cimento em 0,40.

Com base na experiência do grupo da Universidade de São Carlos, são sugeridos os seguintes parâmetros característicos de dosagem de argamassa, em valores prováveis:

- relação agregado miúdo/cimento: 2 a 3,2;
- relação água/cimento: 0,35 a 0,45;

- agregado miúdo: areia quartzosa e/ou britada;
- cimento: portland comum ou ARI (alta resistência inicial);
- consumo de cimento: 500 a 680 Kg/m³.

As proporções usuais de cimento e agregado miúdo verificado no mundo para argamassas destinadas à argamassa armada variam entre 1:1,5 e 1:3,0, o que conduz a consumos de cimento na faixa de 800 a 520 kg/m³ HANAI (1992). LIBÓRIO (1989) afirma ser possível confeccionar argamassas de boa qualidade com teores de cimento inferiores aos 700 kg/m³ normalmente divulgados, respeitando-se o limite mínimo de 450 kg/m³ e relação agregado/cimento máxima de 3,5.

As armaduras na argamassa armada podem ser divididas em duas classes:

- armadura difusa, constituída de telas de aço;
- armadura discreta, constituída de fios e barras de aço de pequeno diâmetro e, eventualmente, de tubos de aço.

A armadura difusa tem como funções principais resistir aos esforços de tração, limitar a abertura de fissuras (ou de microfissuras, no caso de armaduras mais densas, subdivididas e distribuídas) e favorecer o surgimento de uma configuração de fissuras pouco espaçadas.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas - IBTS, a tela pode ser definida como uma armadura de aço pré-fabricada formada por fios de alta resistência mecânica (aços tipo CA-50 e CA-60), soldados entre si em todos os pontos de cruzamento, constituindo malhas quadradas ou retangulares PAES (1994).

De forma sintética, pode-se distinguir as seguintes etapas na produção de elementos pré-fabricados:

- preparação das fôrmas;
- preparação e montagem das armaduras;
- preparação da argamassa;
- lançamento e adensamento da argamassa;
- cura;
- transporte e montagem (no caso de pré-moldagem);
- acabamento.

O sistema de aquecimento em piso de argamassa armada, com resistência elétrica, em instalações avícolas, tem-se mostrado valioso para reduzir o desconforto provocado

pelo frio, nos primeiros dias de vida das aves. Entretanto, o aprimoramento do mesmo e o desconhecimento dos benefícios desse sistema por parte dos produtores, em termos de aumento da produção, constituem problemas para a difusão desta técnica (ABREU, 1998).

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar protótipos de placas pré-moldadas de argamassa armada, com processos de fabricação distintos, para circulação de água aquecida ou resfriada, visando sua utilização em maternidades de suínos, para proporcionar conforto térmico para os leitões e matrizes lactantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram construídas três placas de argamassa armada para avaliação do comportamento térmico e definição das temperaturas ideais de entrada de água.

As placas foram construídas no Laboratório de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil e testadas no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

2.1. Construção das Placas

2.1.1. Placa com vazios no seu interior (P₁)

O material utilizado para construção desta placa foi a argamassa armada com traço 1:2:0,45. A placa foi construída com as seguintes dimensões: comprimento de 1,75 m, largura de 0,50 m e espessura de 0,075m. Na área central da placa foram deixados vazios, no formato de serpentina, para permitir circulação da água aquecida apenas na região de exposição das tetas das matrizes lactantes. Os vazios obtidos na parte central da placa ocuparam uma área de aproximadamente 0,55 m², obtidos com o auxílio de 9 tubos de 1m de comprimento por 0,035 m de diâmetro, perfazendo um total de aproximadamente 10 m lineares de vazios, de diâmetro de 0,035 m.

A placa foi construída em 3 etapas: primeiramente foi construída a parte central, posteriormente a construção das extremidades e finalmente a colagem das mesmas.

a) – Construção da parte central

Para moldagem da placa central, foi construída uma fôrma com o fundo de chapa de madeirit plastificada de 0,0015 m de espessura e, nas laterais, ripas de cedro de 0,0020 m de espessura. A fôrma foi construída com as seguintes dimensões internas: 1,00 m de comprimento, 0,50 m de largura e 0,075 m de altura. Foram efetuados 9 furos vazados em cada uma das extremidades com diâmetros de 0,035 m para passagem dos tubos. Os vazios foram obtidos por meio de tubos galvanizados de 0,035 m de diâmetro. Para armação foi utilizada tela eletro soldada EQ 120 (Belgo Mineira) de aço cozido com diâmetro dos fios de 0,0025 m e espaçamento dos fios 0,05 m. Na Figura 1 é mostrada a montagem do conjunto pronto para ser preenchido com a argamassa.



Figura 1 – Detalhe do conjunto fôrma, telas e tubos para confecção da parte central da placa P₁.

Para o cálculo do volume necessário de argamassa para o preenchimento da fôrma com as proporções necessária de cada componente, utilizaram-se as seguintes equações:

$$V_{PC} = V_{FC} - V_T \quad \text{eq.1}$$

em que

V_{PC} – volume de argamassa da parte central, m³;

V_{FC} – volume da parte interna da fôrma central, m³;

V_T – volume total dos tubos, m³.

$$V_{FC} = a_c \times b_c \times h_c \quad \text{eq.2}$$

em que

a_c – comprimento da parte interna da fôrma central, m;

b_c – largura da parte interna da fôrma central, m;

h_c – altura da parte interna da fôrma central, m.

$$V_T = n \times V_{TU} \quad \text{eq.3}$$

em que

n – número de tubos, adimensional;

V_{TU} – volume do tubo, m^3 .

$$V_{TU} = 0,7854 \times d^2 \times c \quad \text{eq.4}$$

em que

d – diâmetro do tubo, m;

c – comprimento do tubo, m^3 .

De posse do volume total de argamassa acrescido de 10 %, calculou-se a quantidade dos componentes, levando-se em consideração a proporção estipulada de 1:2:0,425.

Para cada $1 m^3$ de argamassa na proporção estipulada, calculou-se a quantidade de cimento pela equação:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{me_c} + \frac{2}{me_a} + \frac{0,425}{me_h}} \quad \text{eq.5}$$

em que

C – quantidade de cimento para $1 m^3$, $kg.m^{-3}$;

me_c – massa específica do cimento, kg;

me_a – massa específica da areia, kg;

me_h – massa específica da água, kg.

Após a obtenção da quantidade necessária de cimento para $1m^3$ de argamassa, calculou-se por meio de regra de três, a quantidade de cimento necessária para o volume de argamassa desejada.

Para o cálculo da quantidade de areia seca, multiplicou-se a quantidade de cimento encontrada pelo fator de proporcionalidade adotado, que neste caso é 2. Quando a areia se apresentava com algum teor de água, determinado com o medidor de umidade **speedy moisture tester**, era efetuada a correção da quantidade de areia por meio da equação:

$$P_s = \left(\frac{100}{100 + h} \right) P_h \quad \text{eq.6}$$

em que

P_s – peso da areia seca, kg;

P_h – peso da areia úmida, kg;

h – teor de umidade, em porcentagem.

O mesmo procedimento citado no parágrafo anterior foi adotado para a obtenção da quantidade de água, ou seja, quando a areia encontrava-se seca adotou-se o valor de 0,425, quando a areia apresentava algum teor de água efetuava-se a correção por meio do fator de correção obtido pela equação:

$$K = P_h - P_s \quad \text{eq.7}$$

em que

K – fator de correção, adimensional.

$$P_{CA} = P_{AS} - K \quad \text{eq.8}$$

em que

P_{CA} – peso da água corrigido, kg;

P_{AS} – peso obtido para areia seca, kg.

Após estabelecer-se as quantidades dos componentes da argamassa, estes foram misturados em uma betoneira para posterior preenchimento da fôrma. Na medida em que a fôrma ia sendo preenchida com a argamassa, sofria um processo de vibração para melhor adensamento da argamassa, com o objetivo de se evitar bolhas de ar que provocam vazios durante o processo de cura.

Feito o preenchimento da fôrma, à medida que a argamassa ia secando os tubos eram submetidos a movimentos circulares, com o intuito de se evitar que ficassem presos na argamassa até a sua retirada após algumas horas de secagem, com o objetivo de proporcionar os vazios na placa.

b) – Construção das extremidades da placa

Para moldagem das extremidades das placas, foram construídas fôrmas com fundos e laterais de chapa de madeirit plastificada de 0,0015 m de espessura. A fôrma foi construída com as seguintes dimensões internas: 0,41 m de comprimento, 0,50 m de largura e 0,075 m de altura. Foram efetuados 9 furos vazados em cada uma das

extremidades com diâmetros de 0,035 m para passagem dos pedaços de tubos corrugados de polietileno utilizados para interligar os vazios obtidos da placa central. Para a armação foi utilizada tela eletro soldada EQ 120 (Belgo Mineira) de aço cozido com diâmetro dos fios de 0,0025 m e espaçamento dos fios de 0,05 m. Na Figura 2 pode-se verificar a montagem do conjunto, pronto para ser preenchido com a argamassa para confecção de uma das extremidades. Com o intuito de se economizar argamassa com a conseqüente diminuição do peso final da placa, as extremidades não foram construídas completamente maciças, para tanto, utilizou-se blocos retangulares de isopor embutidos nas mesmas, com as seguintes dimensões: comprimento de 0,27m, largura de 0,47m e espessura de 0,05m.

Por meio das equações e procedimentos adotados para confecção da placa central, descritos em itens anteriores, efetuou-se paralelamente a confecção das partes das extremidades.

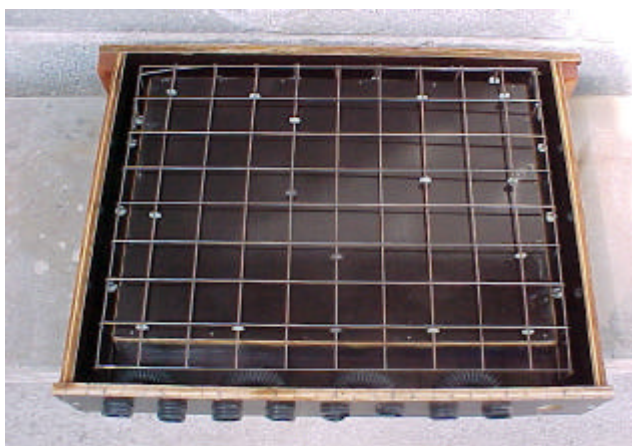


Figura 2 – Conjunto fôrma, armação e tubos corrugados para confecção das extremidades da placa 1.

c) – Colagem da placa

Após sete dias de cura as placas laterais foram encaixadas e coladas na parte central com o auxílio do Adesivo Epóxi de Alta Aderência SIKADUR-32, que é um adesivo estrutural fluido, constituído de dois componentes, resina epóxi e endurecedor. Primeiramente efetuou-se a mistura dos dois componentes nas devidas proporções recomendadas pelo fabricante até a obtenção de uma pasta homogênea. Posteriormente, aplicou-se em uma das superfícies uma camada de aproximadamente 2mm de espessura da pasta para promover a aderência das superfícies a serem unidas.

2.1.2. - Placa com tubos corrugados no seu interior (P₂)

O material utilizado foi a argamassa armada com traço 1:2:0,45. A placa foi construída com as seguintes dimensões: comprimento de 1,75m, largura de 0,50m e espessura de 0,075m. Com o intuito de se economizar argamassa e energia na operação, como na placa P₁, optou-se também por proporcionar o aquecimento apenas na área central da placa P₂. No interior da placa P₂, ao invés apenas dos vazios moldados na placa P₁, foram utilizados tubos corrugados com diâmetro de 0,035m, dispostos em forma de serpentinas para circulação da água, embutidos na placa. Os vazios obtidos no interior por meio dos tubos corrugados na parte central da placa ocuparam uma área de aproximadamente 0,55m², perfazendo um total de aproximadamente 10 m lineares de vazios com diâmetro de 0,035m, no interior da placa para circulação da água.

Os cálculos adotados para construção da placa P₂ foram semelhantes aos aplicados para a construção da placa P₁. Quanto à forma de construção, a placa P₂ foi construída de uma só vez, devido à possibilidade da utilização de tubos corrugados de polietileno embutidos na placa, para propiciar a circulação da água. Após a montagem do “esqueleto” (Figura 3) foram adotados os mesmos procedimentos de enchimento e cura utilizados na confecção da placa P₁.



Figura 3 – Conjunto completo de fôrma, armação, tubos corrugados e blocos de isopor para confecção da placa P₂.

2.1.3. - Placa com vazios no seu interior para matrizes (P₃)

O material utilizado foi a argamassa armada com traço 1:2:0,45. A placa foi construída com as seguintes dimensões: comprimento de 1,75m, largura de 0,50m e espessura de 0,075m. Foi construída com as mesmas características da placa P₁, diferenciando apenas em relação ao tamanho do volume vazado no interior da placa. A placa P₃ foi construída perfazendo um total de aproximadamente 15m lineares de vazio com diâmetro de 0,035m, obtidos por meio de 9 tubos de 1,60m de comprimento com 0,035m de diâmetro em contato com a argamassa armada, perfazendo aproximadamente 0,85m² de área para circulação da água com o objetivo de se conseguir o resfriamento em praticamente toda a placa, para troca de calor com as porcas.

O processo de confecção da placa P₃ foi similar ao utilizado para a placa P₁, variando apenas nas dimensões da parte central e das extremidades.

2.2. – Avaliações do comportamento térmico das placas

Para avaliações térmicas das placas, foi utilizada uma caixa d'água de amianto, de capacidade de 100 litros, que funcionou como reservatório para a água aquecida e resfriada. Foram conectadas a esta, conjuntos de válvulas e conexões de PVC interligados com mangueiras de plástico para circulação da água até as placas, conforme esquema da Figura 4.



Figura 4 – Montagem do sistema de circulação de água nas placas.

Para aquecimento da água utilizou-se um sistema de aquecimento a gás desenvolvido pela firma Polidryer, composto de um depósito de alimentação de água, um aquecedor a gás GLP de água e um boiler para armazenamento da água aquecida. Este conjunto pode ser visto na Figura 5. Na medida em que a água na saída do boiler atingia a temperatura desejada, ela era colocada na caixa para posterior circulação nas placas P_1 e P_2 .



Figura 5 – Vista geral do sistema de avaliação do comportamento térmico das placas

Para avaliações térmicas da placa P_3 , utilizou-se para o resfriamento da água, a deposição de blocos de gelo diretamente na água armazenada na caixa de amianto para posterior circulação desta na placa.

Os dados de temperatura das placas foram obtidos por meio de termopares colados em seis pontos de cada placa, Figura 6. As temperaturas das placas foram obtidas através da média das 60 leituras de cada ponto em intervalos de 60 segundos. Estes dados foram monitorados e armazenados por meio de um sistema de aquisição automático de dados da “National Instruments”, com o auxílio do programa de computador LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) versão 6i.

Após a opção pelo uso da placa P_2 , esta foi submetida a uma avaliação de temperatura de aquecimento, variando-se a temperatura de entrada da água na placa. Foram utilizadas as temperaturas de 38°C , 43°C e 47°C , a fim de se obter uma melhor avaliação do comportamento da placa, como também, uma representação de um modelo

ajustado de regressão capaz de simular o valor máximo de temperatura que a placa poderia atingir em função da temperatura de entrada da água. As leituras foram obtidas conforme a descrição feita no parágrafo anterior variando apenas o intervalo de tempo, ou seja, nesta avaliação as leituras foram feitas até a estabilização das temperaturas no ponto de máximo de aquecimento da placa.



Figura 6 – Montagem dos instrumentos de medições nos protótipos.

Para avaliação da placa P_3 , foram adotados os mesmos procedimentos das avaliações das placas P_1 e P_2 , com variação apenas dos intervalos de leituras, que neste caso específico foram de 30 em 30 segundos até a estabilidade da placa, ou seja, até a temperatura mínima alcançada pela placa.

Os dados foram analisados, ajustando-se modelos de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliação do desempenho térmico das placas

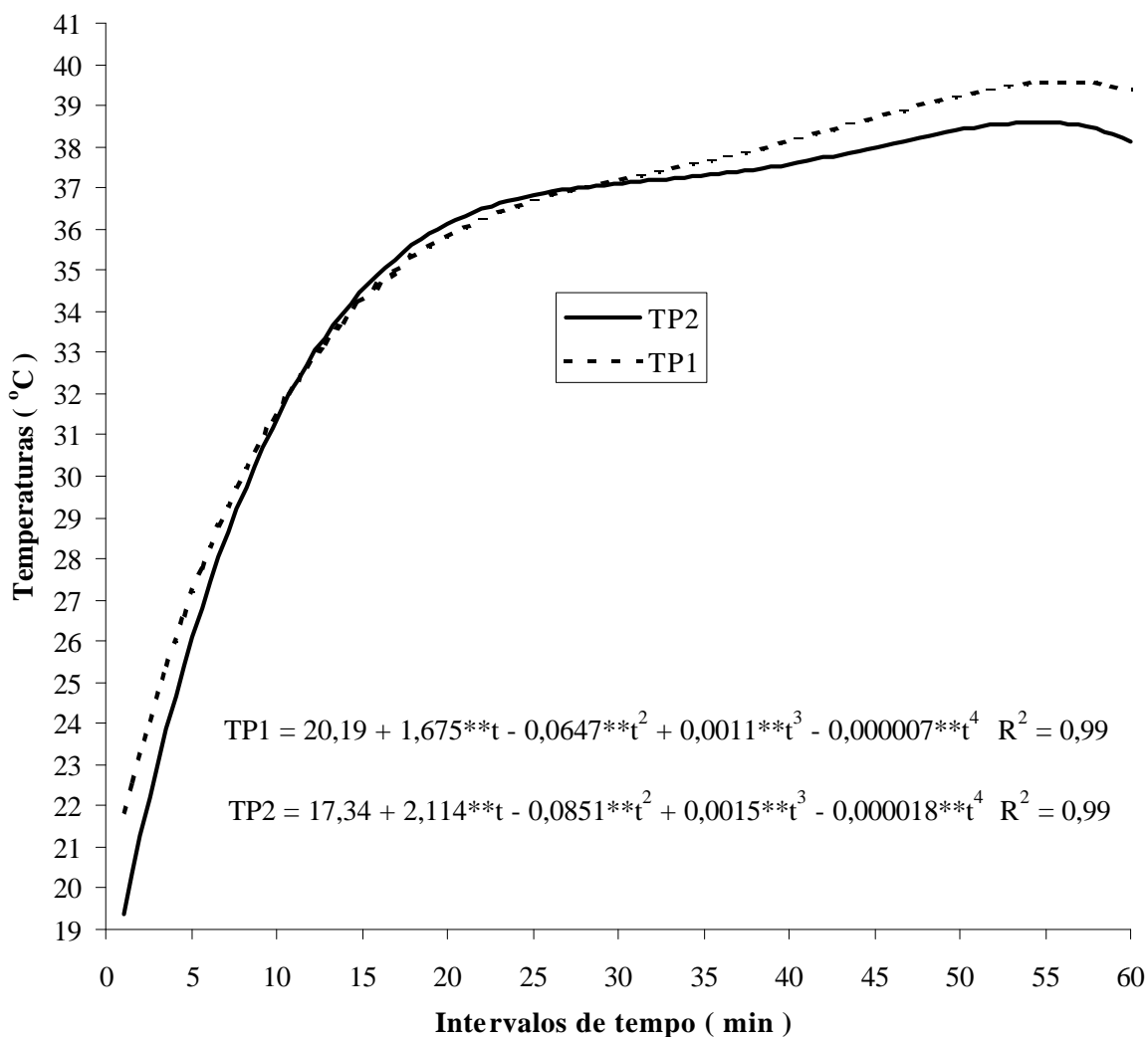
3.1.1. Temperatura do piso na condição aquecimento

As avaliações foram feitas para os tratamentos: piso construído apenas com vazios no seu interior (P_1) e piso construído com tubos corrugados no interior da placa (P_2).

Com base nos dados médios das temperaturas das placas, foram obtidas as equações de regressão, em função dos intervalos de tempo (Figura 7).

Pode-se observar comportamento semelhante entre os tratamentos para mesma temperatura de entrada da água nas placas a 47°C . Quando as placas atingiram suas temperaturas máximas e se estabilizaram, nota-se que a placa P_1 atingiu uma temperatura ligeiramente superior a da placa P_2 . Isto se deveu ao fato da placa P_2 ter em seu interior tubo corrugado, que funcionou como isolante, dificultando a troca de calor entre a água quente e a placa.

Pode-se observar que o gradiente de temperatura no momento de estabilização das placas foi de aproximadamente 1°C em favor do tratamento P_1 ; não sendo este valor suficiente para justificar a sua utilização, devido ao fato da mesma apresentar maior custo e maior dificuldade de construção.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 7 – Valores das temperaturas médias(T), em °C, do piso com apenas vazios em seu interior (P₁) e com tubos corrugados em seu interior (P₂) em função dos intervalos de tempo (t), em min, com uma temperatura de entrada da água nas placas a 47°C.

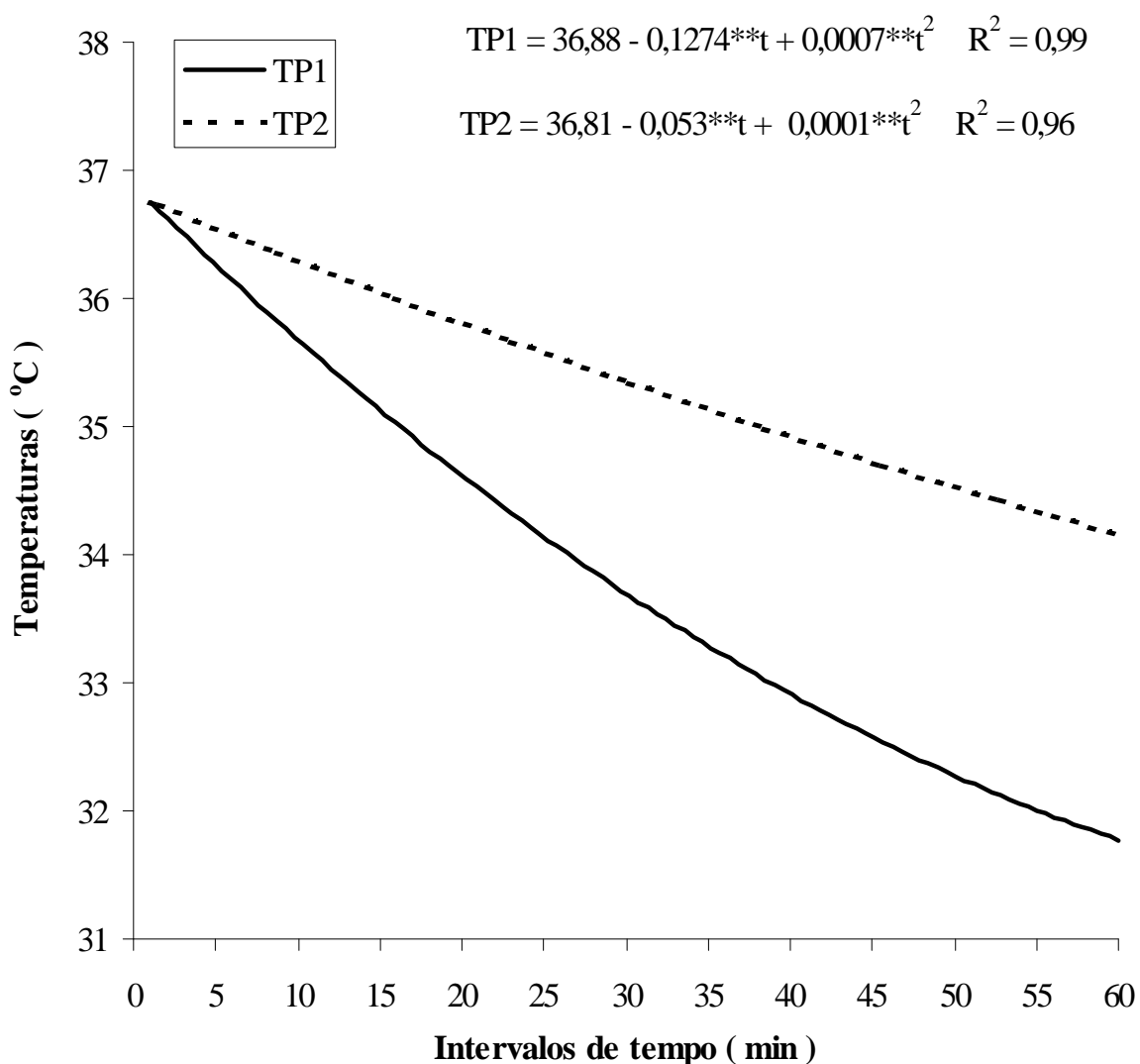
3.1.2. Piso na condição de resfriamento

Os tratamentos e variáveis analisadas foram os mesmos do item 3.1.1; o que modificou foi apenas a retirada da fonte de aquecimento.

Com base nos dados médios das temperaturas das placas, foram obtidas as equações de regressão, em função dos intervalos de tempo (Figura 8).

Pode-se observar que a placa P₂ apresentou uma maior inércia térmica, ou seja, conservou-se mais aquecida que a P₁ para um mesmo intervalo de tempo. Tal fato

ocorreu, provavelmente, porque ao se fechar à circulação de água nas placas, estas permaneceram com uma certa quantidade de água em seu interior. Com o passar do tempo esta água foi se resfriando, devido à troca de calor contínua com a placa. Como a placa P₂ tinha em seu interior o tubo corrugado, o mesmo passou a funcionar como uma barreira entre a água e a argamassa, dificultando a troca de calor entre ambas, mantendo assim, a água aquecida em seu interior por um maior período de tempo, o que proporcionou uma maior inércia térmica.



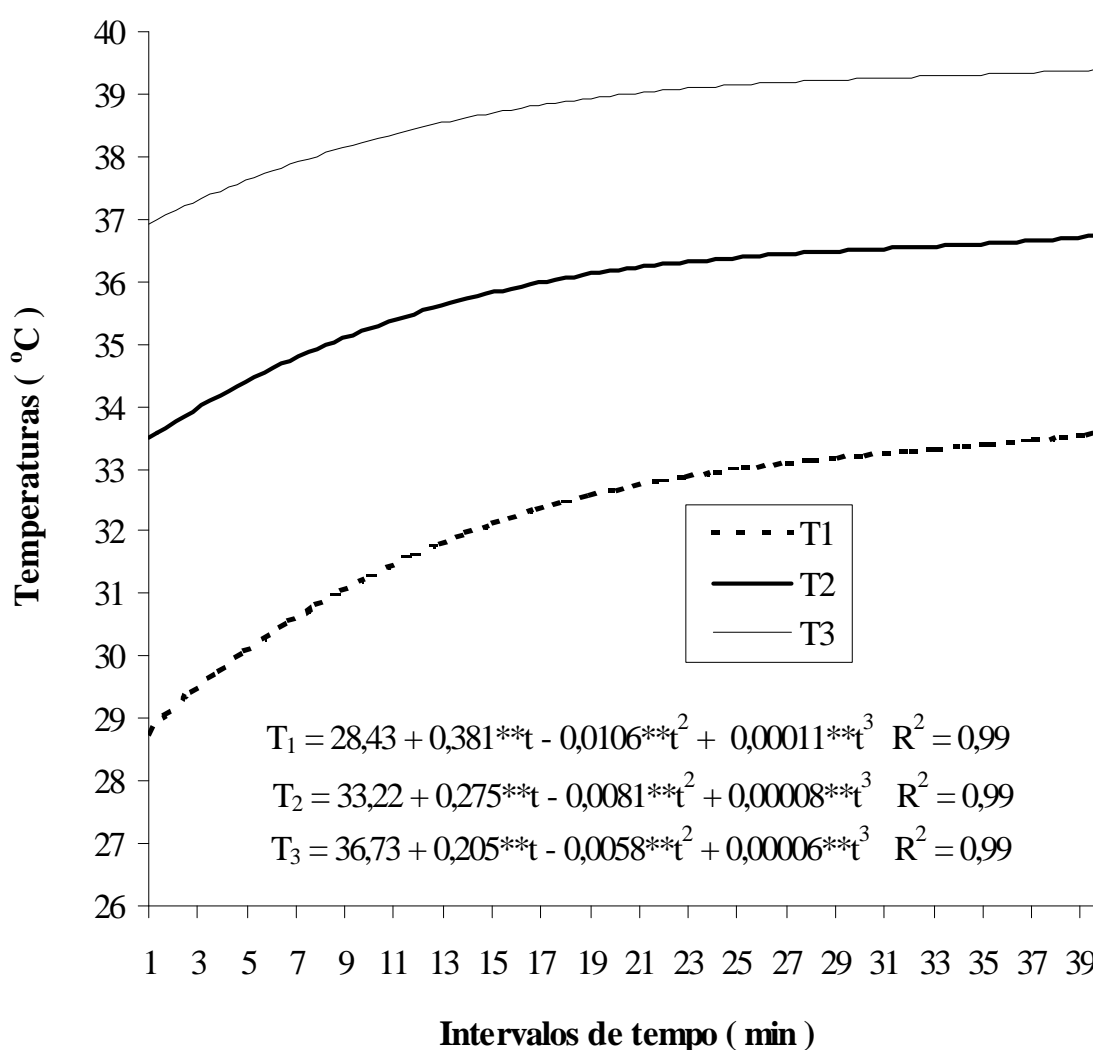
** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 8 – Valores das temperaturas médias (T), em °C, do piso com apenas vazios em seu interior (P₁) e com tubos corrugados em seu interior (P₂) em função dos intervalos de tempo (t), em minutos, com as placas sendo resfriadas.

3.2. Avaliações térmicas complementares da placa P₂

As avaliações complementares do piso foram conduzidas com base em variações das temperaturas de entrada da água no piso. Os tratamentos avaliados foram: temperatura de entrada da água no piso de 38°C (T₁P₂), temperatura de entrada da água no piso a 43°C (T₂P₂) e temperatura de entrada da água no piso a 47°C (T₃P₂).

Com base nos dados médios das temperaturas da placa, foram obtidas as equações de regressão, em função dos intervalos de tempo (Figura 9).



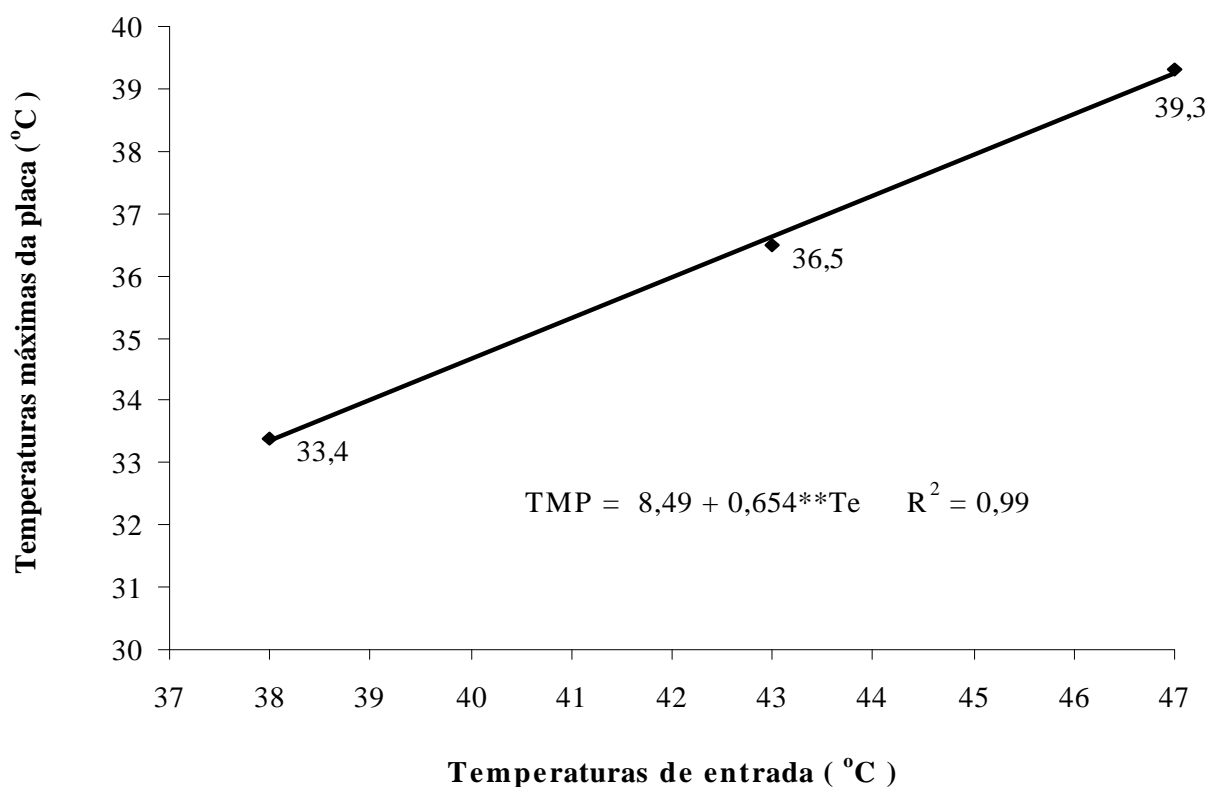
** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 9 - Temperaturas da placa (P₂), em °C, em função dos intervalos de tempo(t), em min, para as temperaturas de entrada da água na placa a 38°C (T₁), temperaturas de entrada da água na placa a 43°C (T₂) e temperatura de entrada da água na placa a 47°C (T₃).

Pode-se observar, por meio das curvas ajustadas, que o comportamento térmico da placa foi bastante semelhante com a variação da temperatura de entrada da água. Nota-se que à medida que se aumentou a temperatura da água, ocorreu uma redução no gradiente de temperatura da placa para os mesmos intervalos de tempo de circulação da água aquecida.

3.3. Equação de regressão ajustada para temperaturas máximas da placa em função da temperatura de entrada da água na placa

De posse das temperaturas máximas obtidas por meio das médias alcançadas no momento da estabilização da placa com temperaturas de entrada da água na placa a 38°C, 43°C e 47°C, construiu-se o gráfico de temperatura máxima que a placa pode alcançar (TMP), em função da variação da temperatura de entrada da água na placa (Te) (Figura 10).



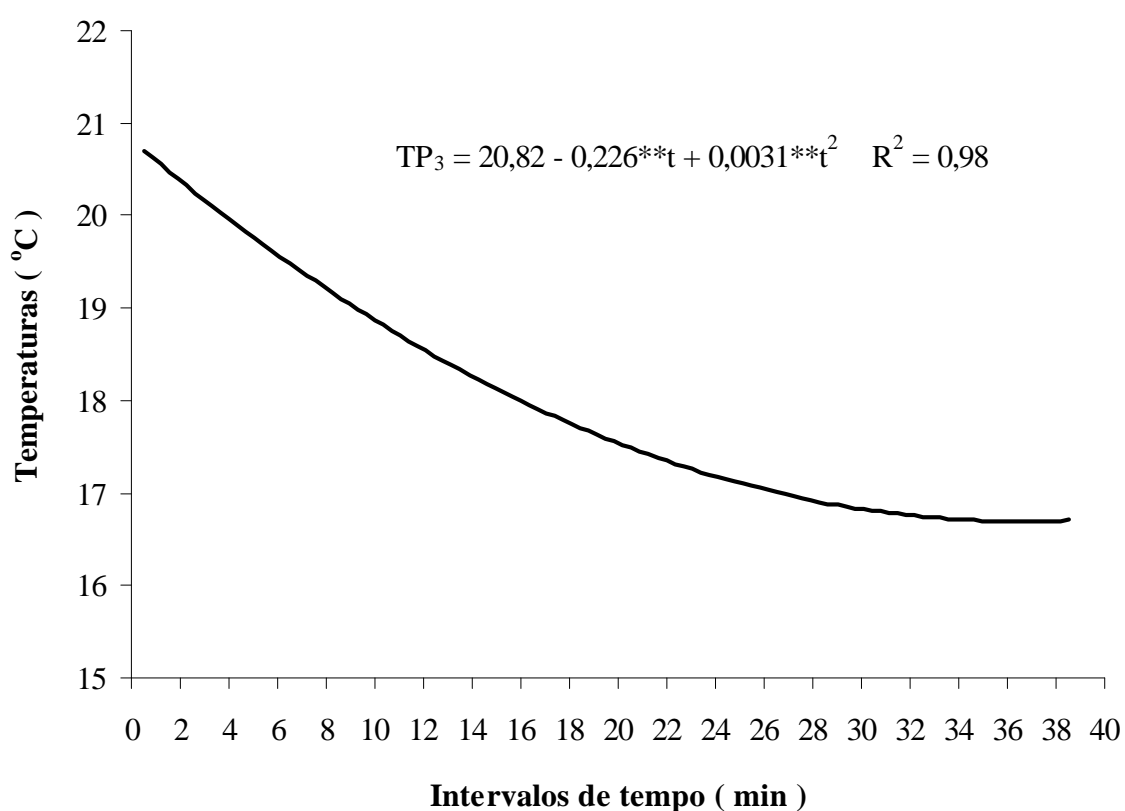
** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 10 - Temperatura máxima da placa (TMP), em °C, em função da variação da temperatura de entrada da água na placa (Te) em °C .

3.4. – Avaliações da placa (P₃)

Avaliou-se o comportamento da placa P₃, quando esta, foi submetida a uma temperatura de entrada da água a 13°C, até a obtenção do ponto de temperatura mínima, verificada por meio da estabilidade da temperatura da placa.

Pode-se notar na Figura 11, que a estabilidade foi alcançada aproximadamente 35 minutos após o início da circulação da água, intervalo de tempo que pode ser considerado baixo, para uma redução de aproximadamente 4°C na temperatura da placa.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 11 – Temperatura do piso da placa (TP₃), em °C, em função do intervalo de tempo (H), em minutos.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se com este trabalho desenvolver e avaliar placas pré-moldadas de argamassa armada para circulação de água, para serem adaptadas em pisos de maternidades de suínos, visando o conforto térmico das matrizes e leitões. Os experimentos foram realizados na Universidade Federal de Viçosa, nos Departamentos de Engenharia Agrícola (DEA) e Engenharia Civil (DEC). Foram construídas três placas para avaliação do comportamento térmico. A placa designada P_1 foi construída com vazios no formato de serpentinas, em seu interior, para circulação da água. Para a placa P_2 utilizou-se tubo corrugado de polietileno, em forma de serpentinas, embutidos na argamassa armada. Para a placa P_3 , adotou-se o mesmo método de construção da placa P_1 , alterando apenas a área de circulação de água, já que a mesma, foi construída visando sua utilização para matrizes. Os testes preliminares de desempenho e definição de temperaturas ideais de entrada nas placas foram realizados no laboratório de Construções Rurais e Ambiente do DEA, monitorados por meio de termopares inseridos nas placas. O controle e monitoramento da aquisição de dados foram realizados com o auxílio do programa LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) e equipamento “National Instruments”. Por meio de uma temperatura fixa de entrada da água a 47°C nas placas P_1 e P_2 obteve-se o gradiente de temperatura de aproximadamente 1°C da placa P_2 , superior a P_1 , quando ambas atingiram a máxima temperatura, confirmando um melhor desempenho da placa P_1 . Após atingir a temperatura máxima, as placas, foram submetidas a um processo de resfriamento por um período de uma hora, onde pôde-se constatar uma maior inércia térmica da placa P_2 . A placa P_3 quando submetida a uma temperatura de entrada da água a 13°C , atingiu uma temperatura de

aproximadamente 4°C abaixo da temperatura inicial, num intervalo de tempo de aproximadamente 35 minutos; tempo este que pode ser considerado pequeno e satisfatório.

Diante dos resultados citados acima pôde-se concluir que:

- As placas P₁ e P₂ apresentaram desempenhos semelhantes, porém em situações distintas; ou seja, uma no aquecimento e outra no resfriamento. Apesar da semelhança de desempenho, chegou-se à conclusão que a utilização da placa P₂ seria mais recomendável devido à maior facilidade de construção e seu menor custo.

- Baseados nos resultados das placas P₁ e P₂ quando submetidas ao resfriamento, pôde-se concluir que a placa P₃ se comparada com uma placa contendo tubo corrugado em seu interior, teria o mesmo comportamento; ou seja, a placa P₃ resfriaria primeiro como também aqueceria mais depressa. Diante disto, pôde-se concluir ser mais interessante utilizar a placa de tubo corrugado devido: a maior facilidade de construção e seu menor custo.

- O uso do tubo corrugado, apesar de funcionar como um isolante, com desempenho um pouco inferior, considerando-se o aquecimento e o resfriamento, proporcionou maior inércia térmica, facilitou a construção da placa, reduziu o custo de construção e proporcionou menor probabilidade de vazamento em caso de não se efetuar um bom adensamento no processo de fabricação.

CONSTRUÇÃO, MONTAGEM E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO DE PISO PARA MATERNIDADE DE SUÍNOS

1. INTRODUÇÃO

Fatores ambientais externos e o microclima dentro das instalações suinícolas exercem efeitos diretos e indiretos sobre os animais em todas as fases da criação, podendo resultar na redução da produtividade com conseqüentes prejuízos econômicos.

Estudos de desempenho de modelos de instalações mais utilizados pelos produtores revelam um quadro de desconforto térmico, com temperaturas e umidades excessivas e deficiência de ventilação, bem como aumento de incidência de doenças associadas à perda da qualidade do ar. Estes aspectos constituem um dos principais entraves para alcançar os 2,2 partos/porca/ano e os 21 suínos terminados/porca/ano, considerados como metas para a otimização econômica do setor (PERDOMO, 1995).

No caso da maternidade, o controle das condições ambientais é mais complexo do que nas demais instalações. O projeto deve atender a microambientes específicos para matrizes e leitões.

São diversas as formas de se atingir as condições de conforto dentro de uma sala de maternidade, sendo necessário, porém, buscar soluções práticas e econômicas, dentre elas utilizar os mecanismos naturais e artificiais de controle de temperatura e umidade do ar.

Os sistemas de controle de ambientes naturais são aqueles que se utilizam de manejo, controle, densidade e outros meios naturais, para eliminar o calor excessivo gerado dentro das instalações. Neste rol entram, as aberturas laterais, o tipo de telhado, manejo de cortinas, bem como o recobrimento de áreas circunvizinhas e sombreamento.

Outras alternativas de acondicionamento térmico natural são sugeridas para amenizar as condições térmicas ambientais de verão no interior dos alojamentos, tais como: escolha adequada do local, orientação longitudinal da instalação no sentido leste-oeste, cobertura reflectiva, cobertura vegetal ao redor das instalações, beirais amplos, pé-direito elevado, presença de lanternim e aberturas amplas para entrada e saída de ar (TINÔCO, 1995; BAÊTA e SOUZA, 1997).

Basicamente a ventilação por meios artificiais, segundo SILVA (1999), pode-se resumir em:

- Ventilação forçada: com o objetivo de aumentar a dissipação de calor por convecção e evaporação.
- Nebulização ou aspersão de água junto com ventilação objetivando reduzir a temperatura interna do ar ambiente, favorecendo as trocas sensíveis de calor (sistema de resfriamento evaporativo).

Basicamente os sistemas de climatização artificial podem ser acionados isoladamente ou em conjunto, ou seja, o funcionamento de ventiladores com nebulizadores, ou sistemas de aspersão.

Outros meios utilizados são: refrigeração da água de beber, isolamento térmico de tubulações e caixas d'água que venham a ser uma fonte adicional de calor nas instalações (PEREIRA, 1991).

Em pesquisas avaliando o efeito da ventilação localizada, próxima à região da cabeça das porcas, empregando ar resfriado (11°C) e da ventilação com ar externo, em 187 porcas em lactação, HEARD et al. (1986) concluíram que ambos os tratamentos permitiram o aumento do consumo alimentar em 5%, para todas as porcas. A ventilação com ar resfriado tendeu a aumentar o ganho de peso dos leitões. Os dois tratamentos conduziram a uma redução da taxa respiratória, sendo o tratamento com ar resfriado o que apresentou maior eficiência.

Estudando os efeitos da ventilação forçada com ar natural e ar resfriado (evaporativamente), localizado próximos à região da cabeça, e somente ar resfriado

(evaporativamente), sobre todo o corpo das porcas, TURCO (1993), obteve dados que evidenciaram, com base nos índices do ambiente térmico e nas respostas fisiológicas dos animais, que o tratamento com ventilação que empregava ar resfriado (evaporativamente), em todo corpo da porca, proporcionou melhores condições ambientais entre os tratamentos. Entretanto, verificou-se que nenhum dos tratamentos foi eficiente em eliminar o desconforto térmico nos horários mais quentes do dia.

Os resultados apresentados por (SARTOR, 1997; TEIXEIRAS et al. 1998), corroboram que os sistemas de resfriamento evaporativo em maternidades para suínos apresentaram vantagens, quando relacionados ao consumo de ração, água e ganho de peso. Porém, deve-se considerar que com relação ao ambiente, estes mecanismos poderão ser utilizados moderadamente, de forma a não alterar muito a umidade do ambiente. Uma das recomendações para o uso do sistema de resfriamento evaporativo é trabalhar com a intermitência ou acionamento em função de valores de temperatura e/ou umidade relativa do ambiente interno (SARTOR, 1997).

Para evitar perdas na criação de suínos durante os primeiros dias de vida, torna-se necessário fornecer aquecimento até que os mesmos adquiram adequada capacidade de termorregulação. Entre as alternativas usuais no Brasil, para o conforto térmico dos leitões, utiliza-se um abrigo escamoteador, vedado e aquecido, por meio de lâmpadas ou resistências elétricas, instaladas sobre a cabeça dos animais, ou aquecimento do piso por meio de resistências elétricas.

Analisando sistemas de aquecimento em piso, com resistência elétrica embutida em placas de argamassa armada e fibra de vidro e sistema convencional de campânula a gás sobre aves, ABREU (1998), conclui que os sistemas de aquecimento mostraram-se compatíveis em proporcionar conforto às aves. O sistema de aquecimento elétrico em fibra de vidro com cobertura de lona plástica proporcionou melhor desempenho e a placa de argamassa armada com cobertura de lona plástica, menor mortalidade na criação de frangos de corte.

Os sistemas utilizados para aquecimento de piso, por meio de resistências elétricas ou tubo com água, têm apresentado bons resultados na avicultura, em razão de permitirem uma distribuição uniforme de calor, ambiente mais seco e de não serem tóxicos. Contudo, os efeitos desses sistemas na suinocultura brasileira, necessário ao conforto térmico dos leitões nas maternidades, ainda não foram investigados.

Do exposto, o objetivo deste trabalho foi: propor e avaliar um sistema alternativo para aquecimento e resfriamento do piso, através de circulação de água aquecida e resfriada, em placas pré-moldadas dispostas sobre o piso dos leitões e das matrizes, visando o conforto térmico e aumento de produtividade de ambos.

2 . MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março a abril de 2002, no setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Município de Viçosa – MG. A cidade está localizada a uma latitude de 20° 45' 45" sul e longitude de 42° 52' 04" oeste, com altitude de 657m. O clima da região, de acordo com a classificação de KÖPPEN, é Cwa (quente, temperado, chuvoso, com estação seca no inverno e verão quente).

2.1. Características da Maternidade

A maternidade é composta de um galpão com quatro salas, com capacidade para oito porcas em cada, construído na orientação oeste a leste (Figura 1). Todas as salas apresentam as mesmas dimensões e o layout é mostrado na Figura 2.

Das quatro salas existentes, duas foram utilizadas e assim denominadas: sala com os pisos das baias modificados (S_1) e sala sem nenhuma modificação (S_2). As salas tinham as seguintes dimensões: 9,45m de largura por 8,75m de comprimento e 2,50m de pé direito, cobertura em duas águas, com inclinação de 30°, com telha de barro de 0,07m de espessura e ausência de lanternins; cinco aberturas laterais de 3,0m x 1,5m com telas de arame retorcido com diâmetro dos fios de 0,0025m, espaçamento de 0,05 m.

Cada sala é composta por 8 gaiolas individuais de parição, com 2,0m de comprimento e 1,60m de largura, separadas entre si por paredes de alvenaria, piso de concreto maciço em quase toda gaiola com exceção da parte do fosso de 0,25m de largura, 1,50m de comprimento e 0,40m de profundidade, protegido por piso ripado de ferro chato na parte traseira da gaiola. Em cada gaiola, construídos em alvenaria, há os

abrigos frontais com área igual $1,0\text{m}^2$. Em cada abrigo, para abertura e fechamento, utiliza-se chapas móveis de amianto, de forma a confinar o aquecimento por meio de lâmpadas incandescentes de 250 W. Para delimitação da área das matrizes utilizava-se grades confeccionadas com tubos de aço galvanizados.



Figura 1 – Vista externa do galpão de maternidade.



Figura 2 – Vista interna da sala da maternidade.

2.2. Montagem das placas, instalações dos equipamentos e especificações

2.2.1. Montagem das placas na sala S₁

Após as avaliações preliminares para escolha do tipo de placa que seria utilizada, deu-se início à construção das placas no laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa. Foram construídas 8 placas para porcas e 16 placas para os leitões com tubos corrugados embutidos em seu interior em forma de serpentinas para circulação de água.

As placas foram montadas nas baias, conforme representado na Figura 3. Entre elas foram colocados pedaços de madeira e de isopor, funcionando como isolantes e seções de expansão, com objetivo de se evitar a troca de calor entre as mesmas e de promover amortecimento devido a dilatação das mesmas. Sobre as madeiras foram adaptados pedaços de tubos de PVC que funcionaram como calhas para facilitar o escoamento da água dos bebedouros e urina das matrizes lactantes, evitando-se assim, a passagem de umidade para os pisos dos leitões.



Figura 3 – Conjunto das placas montadas sobre o piso das baias da maternidade.

2.2.2. Sistema de resfriamento de água

Foi construída uma caixa térmica com chapas galvanizadas de 0,00125m de espessura, com as seguintes dimensões internas: 0,48m de largura, 0,67m de comprimento por 0,60m de altura, com uma capacidade de aproximadamente 160 litros. A caixa foi revestida internamente com isolantes de aproximadamente 0,05m de lã de vidro e isopor nas partes laterais e fundo. Servindo de revestimento externo foi construída outra caixa de chapa galvanizada de 0,00125m, com as seguintes dimensões: 0,58m de largura, 0,77 m de comprimento por 0,65 m de largura.

O sistema para refrigeração da água foi composto por um conjunto de serpentinas de cobre de diâmetro interno de 0,006m. As varetas de cobre foram dobradas e montadas na forma de retângulo, perfazendo um total de sete conjuntos ligados e dispostos paralelamente entre si com um espaçamento de aproximadamente 0,010m. Os conjuntos foram montados no interior da caixa térmica com o objetivo de efetuar a troca de calor entre o fluido refrigerante e a água, posicionados a uma distância de aproximadamente 0,010m das paredes laterais e do fundo.

O compressor usado modelo FF 8,5 BKW da EMBRAKO, foi retirado de um refrigerador doméstico horizontal de 450 litros. O compressor FF 8,5 BKW tem as seguintes características:

Tensão – 115 V

Frequência – 60 Hz

Potência – ¼ HP

Consumo de Potência – 222 W

Consumo de Corrente – 2,85 A

Tipo de motor – LST – com baixo torque de arranque, para aplicação em sistema com tubo capilar.

Capacitor de arranque – 282 a 339 μ F

Capacidade de refrigeração – 2832 Btu/h \cong 830 W

O sistema de refrigeração foi instalado na parte superior da sala sobre travessões de madeira adaptados sobre as tesouras do telhado, conforme pode ser verificado na Figura 4.



Figura 4 – Sistema de refrigeração da água montado na sala S₁.

2.2.3. Sistema de aquecimento

O sistema de aquecimento de água utilizado foi um aquecedor a gás desenvolvido pela firma Polidryer. O sistema é composto de uma pequena fornalha alimentada por gás GLP, um depósito de água fria para alimentação do sistema e um reservatório de armazenamento da água quente, ligados entre si por tubos galvanizados de 0,019m, sem auxílio de isolantes térmicos, inclusive nos reservatórios de água quente. O sistema foi adaptado na parte externa da maternidade, conforme mostrado na Figura 5.



Figura 5 – Montagem do sistema de aquecimento de água.

2.2.4. Sistema de circulação de água

Para circulação da água foram utilizados tubos de aço galvanizado com diâmetros internos de 0,012m e 0,019m para o sistema de água quente e conjunto misto de tubos de PVC e tubos de aço galvanizado para água fria, com diâmetros semelhantes aos de água quente.

A circulação da água nas placas, tanto a aquecida quanto a resfriada, foi feita por gravidade, aproveitando a altura manométrica do local de instalação dos equipamentos.

Para o retorno da água para os depósitos de alimentação dos sistemas de aquecimento e resfriamento da água, utilizaram-se dois galões de polietileno reciclados, com capacidade de 100 litros cada, que armazenavam a água por um certo intervalo de tempo, para se evitar o funcionamento contínuo da bomba. Nestes depósitos, foram adaptadas chaves de nível inferior tipo bóia, Modelo CB-1007, que comandavam automaticamente as bombas encarregadas de efetuarem o retorno da água até os depósitos de alimentação dos sistemas de aquecimento e resfriamento da água. A chave de nível é composta por uma vareta de cobre que funciona como guia de uma bóia que se movimenta de acordo com o nível da água. Quando a bóia encontra-se com o anteparo localizado na parte superior da vareta, provoca o deslocamento do conjunto que aciona a bomba; quando a bóia encontra-se com anteparo inferior, provoca o desligamento da bomba automaticamente.

Para o transporte da água do reservatório auxiliar para o sistema de alimentação de aquecimento e resfriamento, utilizaram-se duas bombas hidráulicas com potência nominal de ¼ HP.

2.2.5. Instrumentos e medições

Os dados de avaliações do comportamento térmico foram obtidos com o auxílio de termopares, tipo cobre constantan, e foram transformados e armazenados por meio de um sistema de aquisição automático de dados da National Instruments, utilizando-se o programa de computador LabVIEW versão 6i e.

Para aquisição dos dados que não puderam ser obtidos pelo sistema automático, utilizou-se um termopar de contato, ligado a um termômetro digital Modelo SALVTERM-1200 K escala -50°C a +1350°C.

Para as avaliações do microclima das matrizes, foram instalados a 0,40m do piso, junto às grades de delimitação da região das mesmas, termômetros de globo negro. A 0,20m do piso, próximo à parede lateral da baia, foram instalados os outros termômetros de globo negro para avaliar o microclima dos leitões. Os globos negros consistiram de esferas de plástico, ocas, com diâmetro de 0,15m e espessura de 0,005m, pintadas externamente com tinta preta fosca, contendo em seu interior, como elemento sensor, um termopar de cobre constantan. Os termopares foram ligados ao sistema automático de aquisição de dados, programado para efetuar leituras a cada 30 minutos, durante o período de permanência dos leitões nas baias do nascimento ao desmame no vigésimo primeiro dia. Para obtenção da temperatura de bulbo úmido foi preso na ponta do termopar um cordão de algodão embebido em um vidro contendo em seu interior água destilada. Para obtenção da temperatura de bulbo seco utilizou-se apenas o termopar exposto ao ambiente, próximo do termopar umedecido. Os dados de temperatura de globo negro foram utilizados nos cálculos da temperatura radiante média (TRM), da carga térmica de radiação (CTR) e do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU); e os dados das temperaturas de bulbo úmido e bulbo seco para determinação da umidade relativa do ar (UR) e da (CTR). A velocidade do ar utilizada no cálculo da (CTR), foi registrada com o uso de um anemômetro digital com resolução de 0,01m/s.

2.2.5.1. Cálculo dos índices térmicos ambientais

Vários índices têm sido desenvolvidos e usados para prever as condições térmicas ambientais, dentre eles: o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e a carga térmica radiante (CTR).

O ITGU, proposto por BUFFINGTON et al. (1981) para se avaliar o ambiente térmico, incorpora os efeitos combinados da temperatura, umidade, velocidade do ar e da radiação.

$$ITGU = t_{gn} + 0,36 t_{po} - 330,08 \quad \text{eq.01}$$

em que

ITGU = índice de temperatura de globo e umidade, adimensional;

tgn = temperatura de globo negro, K

tpo = temperatura do ponto de orvalho, K.

A Carga Térmica Radiante (CTR) expressa a radiação total recebida de todos os espaços ou parte da vizinhança, e foi proposta por ESMAY (1969).

A CTR pode ser obtida a partir da equação de Stefan-Boltzmann, ou seja:

$$CTR = \sigma (TRM)^4 \quad \text{eq. 02}$$

em que

CTR = carga térmica de radiação, $W.m^{-2}$

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

TRM = temperatura radiante média, K.

A TRM pode ser obtida segundo a equação:

$$TRM = 100 \sqrt[4]{2,51 \cdot \sqrt{v} \cdot (Tgn - Tbs) + (Tgn / 100)^4} \quad \text{eq.03}$$

em que

v - velocidade do ar, m/s^{-1} ;

Tbs – temperatura de bulbo seco, K.

Segundo VIANELO e ALVES (1991) existem três métodos distintos para o cálculo da umidade relativa do ar: analítico, tabular e gráfico. Neste trabalho descreveu-se apenas o método analítico, devido à opção pelo seu uso, com o auxílio do Microsoft Excel.

Método Analítico – Com as temperaturas dos bulbos seco e úmido, obtém-se:

a) Depressão psicrométrica – que é a diferença entre a temperatura do bulbo seco e a temperatura do bulbo úmido, ou seja:

$$\Delta t = (tbs - tbu) \quad \text{eq.4}$$

em que

Δt – depressão psicrométrica, em K.

b) Pressão de vapor de saturação - obtida à partir da Equação de Clausius-Clapeyron. Esta equação, deduzida à partir de considerações rigorosas da Termodinâmica, pode ser simplificada para:

$$e_s = \exp \left(21,282 - \frac{5317}{t_{bs}} \right) \quad \text{eq.05}$$

em que

e_s – pressão de vapor de saturação, em mb.

Para obtermos a tensão de vapor de saturação para bulbo úmido, basta substituímos na equação 05, o valor da temperatura de bulbo seco pela temperatura de bulbo úmido.

c) Pressão de vapor - conhecidas a depressão psicrométrica e a pressão de vapor de saturação, podemos obter a pressão de vapor atual por meio da expressão:

$$e = e_{su} - A \times P (t_{bs} - t_{bu}) \quad \text{eq.06}$$

em que

e - pressão de vapor, em mmHg;

e_{su} – pressão de vapor de saturação na temperatura de bulbo úmido, mmHg;

A - constante psicrométrica para psicrômetro aspirado, $8,0 \times 10^{-4}$, adimensional;

P - pressão atmosférica local instantânea, mmHg.

d) Temperatura do ponto de orvalho - Na equação 6, se substituímos e_s por e , T passa a ser T_d . Tirando o valor desta variável, teremos a fórmula para o cálculo da temperatura do ponto de orvalho:

$$T_d = \frac{5317}{21,282 - \ln e} \quad \text{eq. 07}$$

em que

T_d - temperatura do ponto de orvalho, em K.

Na equação 07 a pressão de vapor (e), deve ser expressa em mb.

e) Umidade relativa do ar - Usando a tensão de vapor atual e tensão de vapor de saturação, obtém-se a umidade relativa.

$$UR = \frac{e}{e_s} \times 100 \quad \text{eq.08}$$

em que

UR - umidade relativa do ar, em porcentagem.

As temperaturas dos pisos foram obtidas de hora em hora por meio do termopar de contato, com o auxílio do termômetro digital, no intervalo das 8:00 às 18:00 horas, durante 17 dias. Para cada tratamento foram efetuados duas repetições.

As medidas das temperaturas das porcas foram efetuadas também por termopares de contato, de hora em hora, no intervalo das 8:00 às 18:00 horas, durante 17 dias; sendo cada tratamento com duas repetições. Para obtenção das temperaturas em cima e embaixo das porcas marcou-se um ponto próximo ao pernil traseiro da matriz lactante, com o intuito de se obter leituras mais uniformes. A opção pela localização de tal ponto foi ao acaso, com restrição apenas de não se utilizar local com músculos ou excesso de gordura.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas os tratamentos e as subparcelas os horários. Os resultados das variáveis foram interpretados por meio da análise de regressão linear simples.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Avaliações do ambiente térmico na região do piso das matrizes lactantes

3.1.1. Temperaturas do piso da matriz

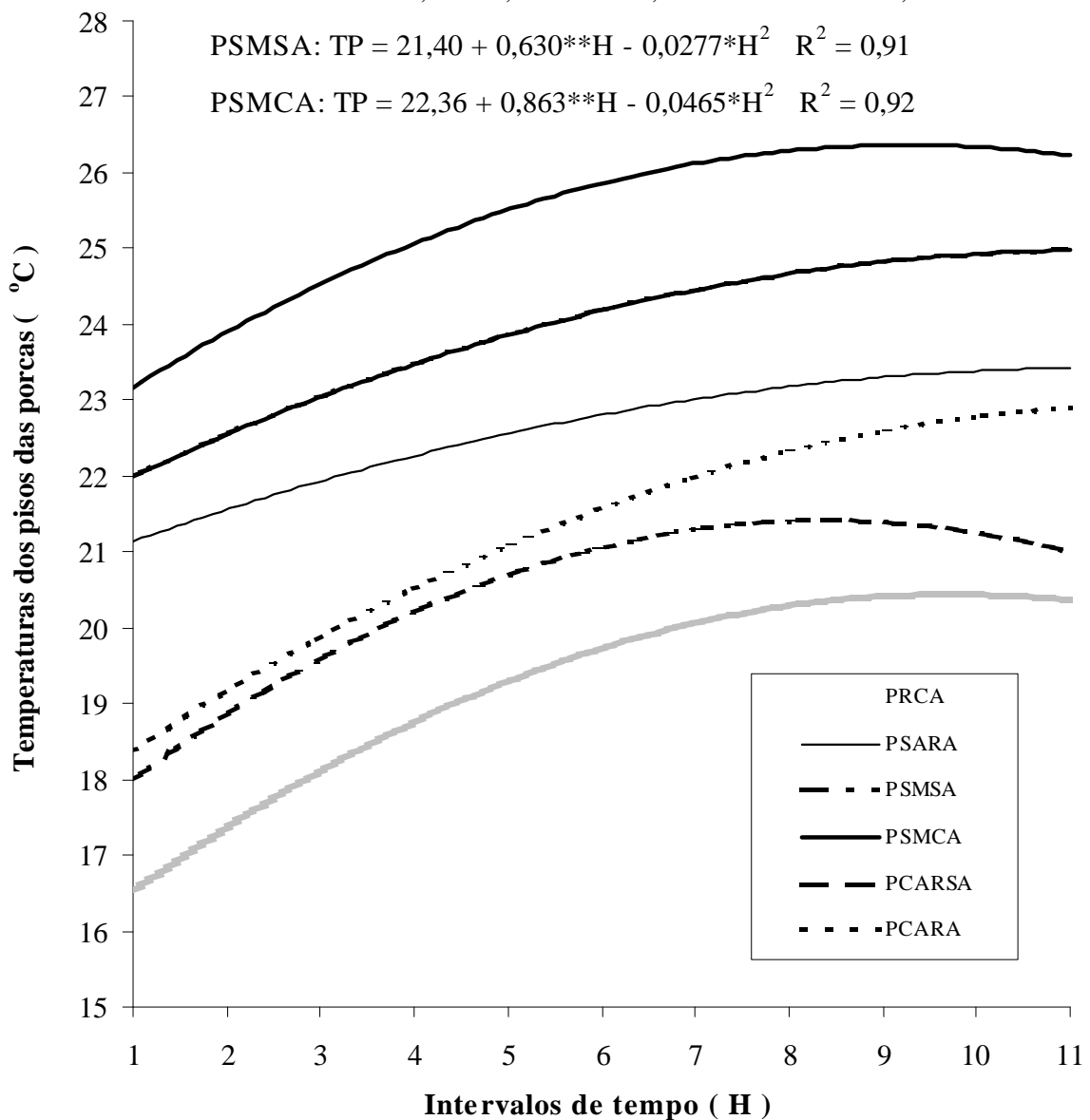
Foram analisadas as temperaturas dos pisos, no local das matrizes, das duas salas S_1 e S_2 ; sendo S_1 com modificações e S_2 sem modificações para os seguintes tratamentos: piso sem aquecimento dos leitões e resfriamento da matriz da sala modificada S_1 , sem animais (PSARA); piso aquecido dos leitões e resfriado da matriz, com animais (PCARA); piso aquecido dos leitões e resfriado da matriz, sem animais (PCARSA); piso resfriado da porca, com animais (PRCA); piso da sala sem modificação sem animais (PSMSA); piso da sala sem modificação S_2 , com animais (PSMCA).

Com base nos resultados experimentais, foram ajustadas as equações de regressão em função dos intervalos de tempo (Figura 6).

As análises foram efetuadas para as relações:

PCARA – PCARSA – esta relação mostrou o quanto foi acrescentado na temperatura do piso, no local da porca, com a presença dos animais, com a utilização do sistema de aquecimento do piso dos leitões e o resfriamento do piso das porcas. Foi observado que à medida que a temperatura ambiente foi se elevando, como era de se esperar, ocorreu uma elevação da temperatura do piso, devido à maior dissipação de calor da matriz.

PRCA: $TP = 15,57 + 1,004^{**}H - 0,0516^{**}H^2 \quad R^2 = 0,97$
 PCARSA: $TP = 16,99 + 1,054^{**}H - 0,0627^{**}H^2 \quad R^2 = 0,93$
 PCARA: $TP = 17,50 + 0,902^{**}H - 0,0374^{**}H^2 \quad R^2 = 0,98$
 PSARA: $TP = 20,68 + 0,479^{**}H - 0,0209^{**}H^2 \quad R^2 = 0,95$
 PSMSA: $TP = 21,40 + 0,630^{**}H - 0,0277^{**}H^2 \quad R^2 = 0,91$
 PSMCA: $TP = 22,36 + 0,863^{**}H - 0,0465^{**}H^2 \quad R^2 = 0,92$



* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 6 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para estimativa das temperaturas dos pisos no local das porcas (TP), em °C, em função da hora do dia, no intervalo das 8:00 às 18:00 horas, para os diferentes tratamentos.

PCARSA - PRCA - mostrou o quanto elevou a temperatura do piso com a utilização do sistema com aquecimento do piso dos leitões simultaneamente com o

resfriamento do piso da matriz, sem animais, em relação ao piso da matriz resfriado sem o aquecimento do piso dos leitões, com animais. Pode-se verificar que o tratamento PRCA, mesmo com a presença da matriz, apresentou temperaturas menores do que o tratamento PCARSA, com um gradiente de aproximadamente 2°C. Como o experimento foi realizado num período de temperaturas bastante variadas, com maior incidência de temperaturas elevadas, pode-se inferir que com o decréscimo das temperaturas haverá uma tendência de melhora no microambiente das matrizes do tratamento PCARSA, devido à menor influência do sistema de aquecimento no microclima das matrizes; sendo que para o tratamento PRCA também poderá ocorrer uma melhora devido a uma melhor eficiência do sistema de resfriamento da água para circulação no piso, o que proporcionará um microclima favorável para matriz com uma piora no microambiente dos leitões.

PRCA - PCARA – Esta relação é bastante semelhante à anterior, diferenciando apenas devido à presença dos animais do tratamento PCARA. Nota-se que com relação à presença dos animais ocorre um acréscimo nas temperaturas à medida que a temperatura ambiente vai se elevando. Tal fato pode ser explicado devido à maior dissipação de calor dos animais e o aquecimento gerado pelas placas aquecidas.

PSARA – (PRCA, PCARSA e PCARA) – mostra o quanto o sistema é favorecido com a utilização dos sistemas propostos, com a presença ou não dos animais. Nota-se que o tratamento PRCA conseguiu reduzir a temperatura do piso de aproximadamente 4,5°C, mesmo com a presença dos animais.

PSARA – (PSMSA e PSMCA) – mostrou que o piso modificado apresentou uma temperatura menor, pelo fato de sempre armazenar uma certa quantidade de água no seu interior, que em contato direto com a placa retira o calor da mesma.

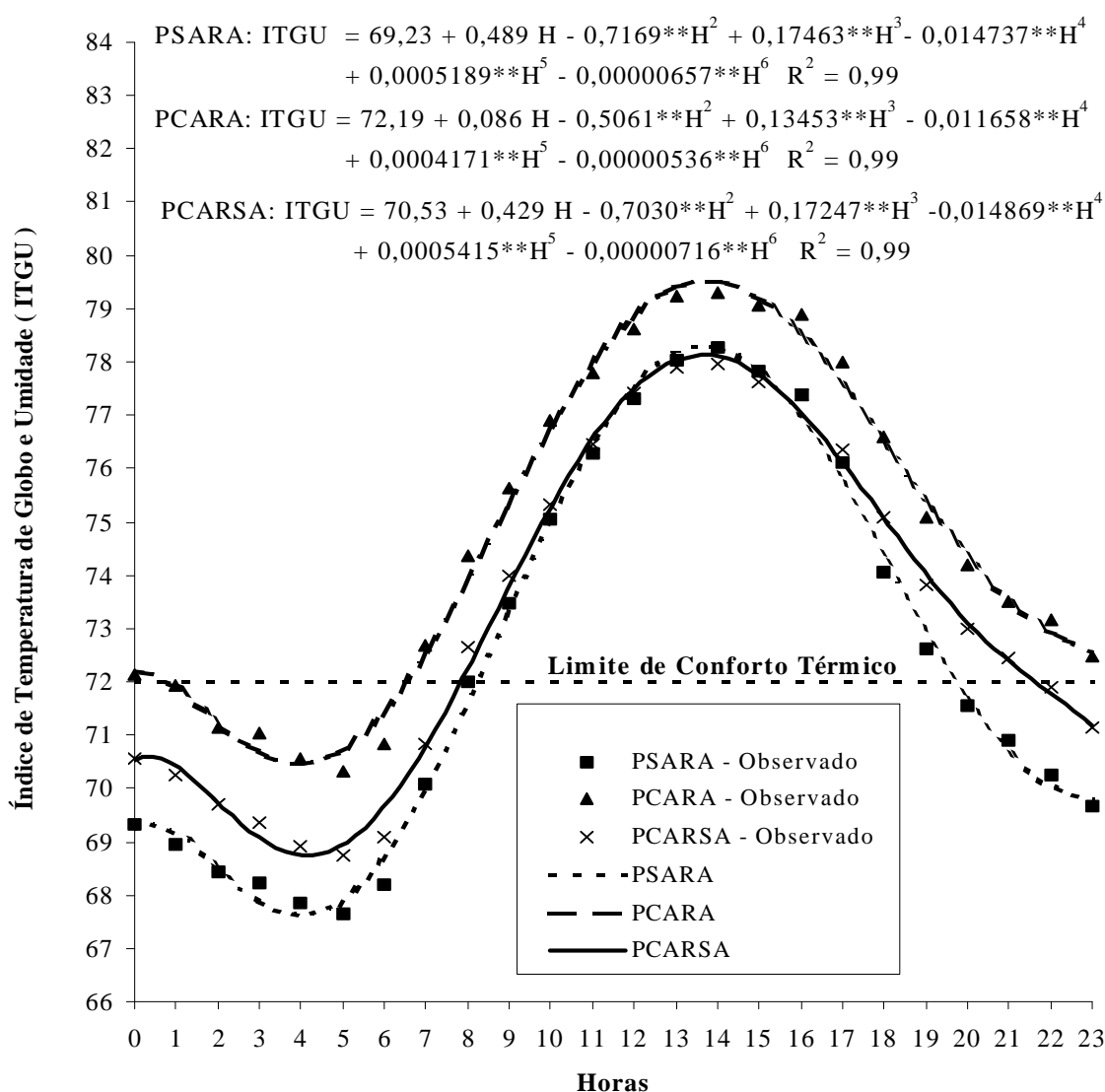
PRCA – PSMCA – o tratamento PRCA apresentou um gradiente de temperatura bastante significativo em relação ao PSMCA próximo dos 7°C, o que nos indica uma melhora considerável no conforto térmico da matriz, com o resfriamento do piso.

PCARA – PSMCA – mesmo com o aquecimento do piso dos leitões o tratamento PCARA apresentou um gradiente de temperatura do piso considerável em relação PSMCA; ou seja, em torno de 4°C nos horários de temperaturas mais elevadas, proporcionando um melhor conforto térmico para as matrizes do tratamento PCARA.

3.1.2. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU)

A avaliação do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) no microambiente da matriz foi realizada para os seguintes tratamentos na sala modificada S₁: piso sem aquecimento no local dos leitões e sem resfriamento no local da porca, sem animais (PSARA); piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da porca, com animais (PCARA); piso aquecido no local dos leitões e resfriado, no local da porca, sem animais (PCARSA).

Com base nos resultados experimentais, foram ajustadas equações de regressão em função da hora do dia (Figura 7).



* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 7 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R²) para estimativa do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), em função da hora do dia para os diferentes tratamentos.

Pode-se observar por meio da Figura 7, que todos os tratamentos apresentaram valores de ITGU acima do limite de conforto térmico citado por (NECOECHEA, 1986; TURCO, 1993; TURCO, 1995) que recomendam valores inferiores a 72. Já SARTOR (1997) com base na temperatura retal e na frequência respiratória das matrizes, obteve como limite superior de conforto térmico das matrizes valores de ITGU de 77.

Apesar das médias de ITGU terem atingido valores elevados, devido à maior incidência de altas temperaturas ambiental, não foi verificada através de observações diárias de comportamento das matrizes lactantes, nenhum sinal de desconforto térmico nas matrizes do tratamento PCARA, tais como: aumento da temperatura retal e aceleração da frequência respiratória; sendo necessário algumas vezes utilizar-se do artifício de forçar a matriz lactante a se levantar, devido ao conforto proporcionado pelo piso resfriado.

Os gradientes de ITGU entre os tratamentos podem ser analisados da seguinte forma: PSARA em relação a PCARSA indica o que foi acrescido no ITGU no microambiente da matriz com a utilização dos sistemas propostos; PCARA em relação a PCARSA indica o quanto foi acrescido no microclima da matriz com a presença de animais.

O acréscimo do gradiente do ITGU na relação entre os tratamentos PSARA e PCARA não foi significativo com a utilização do sistema proposto e a presença dos animais nos horários de temperaturas mais elevadas. O gradiente de ITGU foi um pouco mais elevado, apenas nos horários de temperaturas mais baixas, nos quais um sistema com aquecimento produz um maior impacto na temperatura da circunvizinhança do que um sem aquecimento; ou seja, quanto mais fria mais destacada será a diferença.

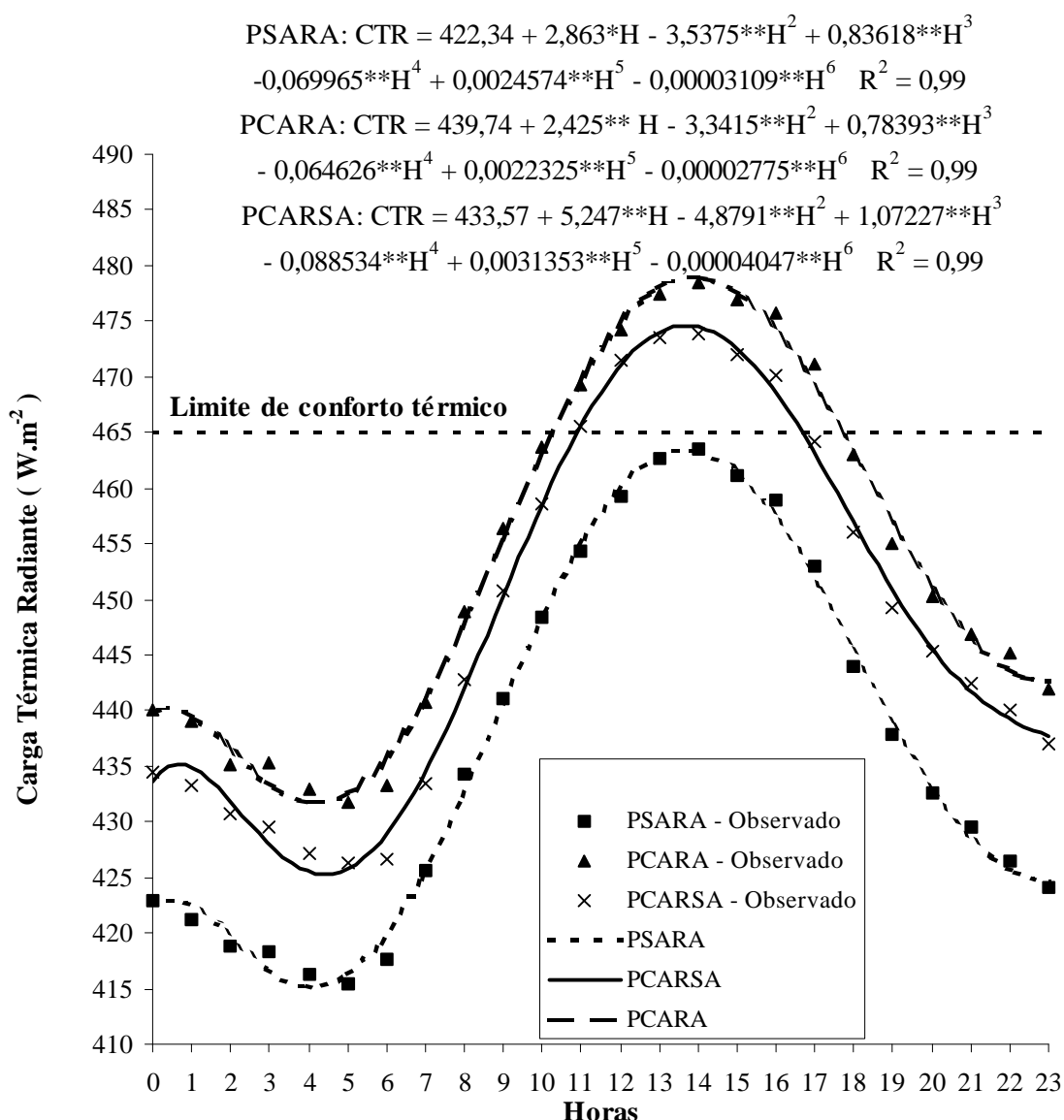
Quanto ao efeito do acréscimo do gradiente de ITGU em relação à presença do animal, descrito através da relação entre os tratamentos PCARA e PCARSA, não ocorreu uma elevação significativa na maior parte do dia a não ser nos horários mais frios e de temperaturas mais elevadas, onde haverá menor ou maior dissipação de calor pelo animal, respectivamente.

Na relação entre os tratamentos PSARA e PCARSA, que mostra o quanto foi acrescido no ITGU no microambiente na região da matriz com a utilização dos sistemas propostos, pode-se verificar um acréscimo mínimo, demonstrando que o sistema proposto não causou elevação significativa do ITGU no microambiente da matriz.

3.1.3. Carga térmica radiante (CTR)

A avaliação da carga térmica radiante (CTR) no microambiente da matriz foi realizada para os seguintes tratamentos na sala modificada S₁: piso sem aquecimento no local dos leitões e sem resfriamento no local da porca, sem os animais (PSARA); piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da porca, com os animais (PCARA); piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da porca, sem animais (PCARSA).

Com base nos resultados experimentais, foram ajustadas equações de regressão em função das horas do dia (Figura 8).



* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 8 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para estimativa da carga térmica de radiação (CTR), em $W \cdot m^{-2}$, em função da hora do dia para os diferentes tratamentos.

Segundo avaliações feitas por TURCO (1993), foi relatado como limite de conforto térmico a faixa de CTR de até 465 (Wm^{-2}). O valor de PSARA serviu para informar o valor de CTR no microambiente da baía da sala S_1 sem a presença dos animais e dos sistemas propostos. Pode-se verificar que este tratamento apresentou valores de CTR inferiores ao limite de conforto térmico, inclusive nos horários de temperatura ambiente mais elevada. Conclui-se que na condição da realização do experimento, a sala estava apresentando valor de CTR favorável sem a presença de animais.

Os tratamentos PCARA e PCARSA apresentaram valores acima do limite de conforto térmico nos horários das 10:00 às 18:00 horas; ou seja, no intervalo de maior elevação de temperatura do dia. Ambos os tratamentos apresentaram uma certa elevação em relação ao tratamento PSARA devido à adoção dos sistemas propostos e à presença dos animais. No caso do tratamento PCARA a elevação foi mais significativa devido à elevação da temperatura da matriz, gerando assim, uma maior dissipação de calor para o microambiente da matriz.

Os gradientes de CTR entre os tratamentos podem ser analisados de acordo com as relações: PSARA em relação a PCARSA que mostra o quanto foi acrescido no microambiente da matriz com a utilização dos sistemas propostos; PCARA em relação a PCARSA o quanto foi acrescido ao microambiente da matriz com a presença dos animais e PSARA em relação a PCARA o quanto foi acrescido no microambiente da matriz com a utilização dos sistemas propostos e a presença dos animais.

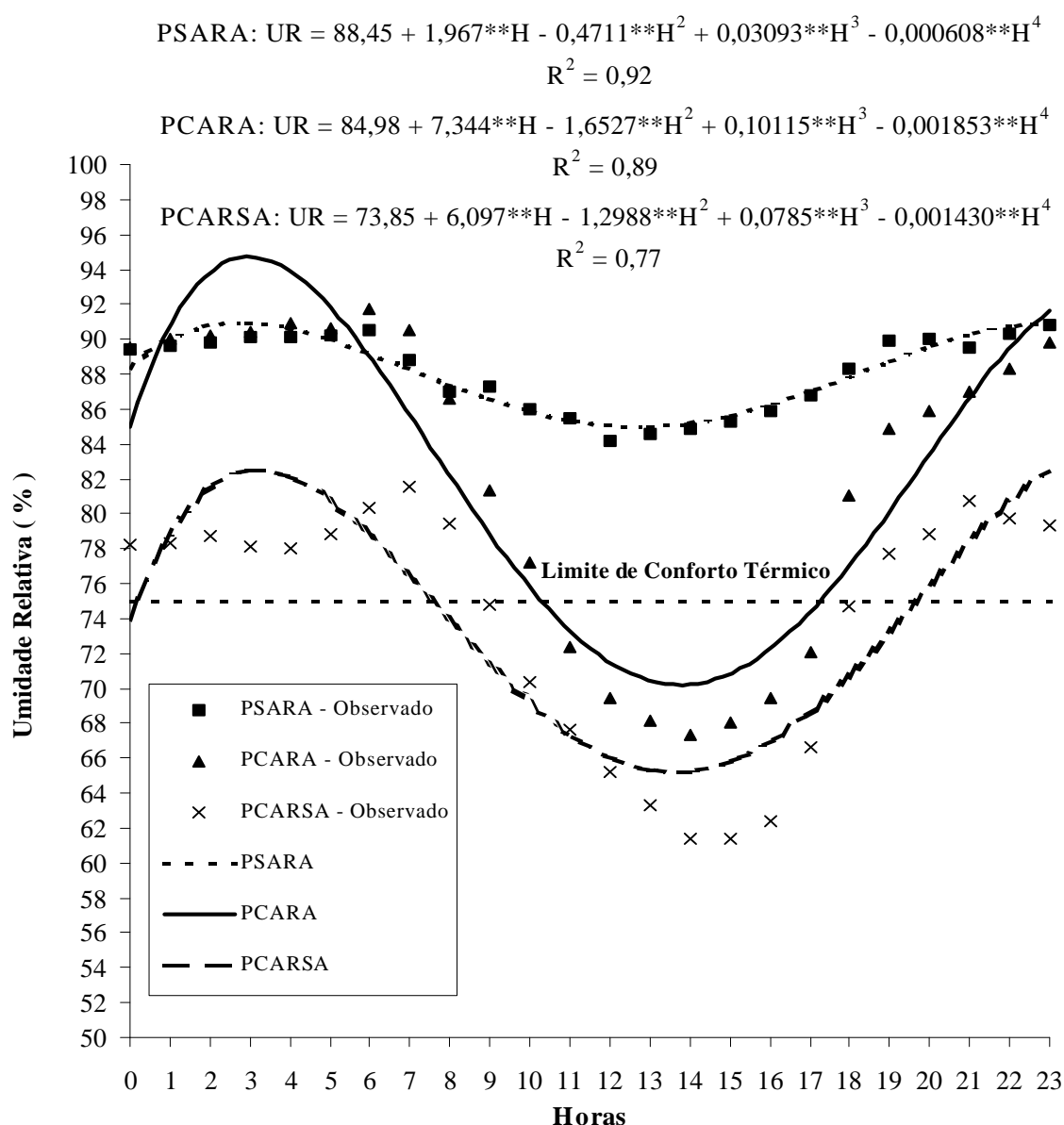
Analisando a CTR do tratamento PSARA em relação a PCARA e PCARSA, pode-se concluir que nos horários de temperaturas ambientes máximas e mínimas é que houve uma diferença significativa entre os tratamentos. Quanto ao período de temperatura ambiente mínima, os tratamentos PCARA e PCARSA apresentaram-se próximos do limite de conforto térmico, citado por TURCO (1993) e SARTOR (1997). Entretanto, nos períodos de temperaturas ambientes elevadas, ocorreu o inverso.

Analisando o tratamento PCARA em relação a PCARSA, pode-se notar apenas uma pequena elevação na CTR, causada pela presença dos animais. Este valor poderia ter sido maior sem a presença do sistema de refrigeração do piso, que proporcionou uma redução da temperatura dos animais, evitando-se assim uma maior dissipação de calor em sua circunvizinhança.

3.1.4. Umidade relativa do ar (UR)

As avaliações da umidade relativa do ar (UR) no microambiente da matriz foram realizadas para os seguintes tratamentos: piso sem aquecimento no local dos leitões e sem resfriamento no local da matriz, sem animais (PSARA); piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, com animais (PCARA) e piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, sem animais (PCARSA).

Com base nos resultados experimentais, foram ajustadas equações de regressão em função da hora do dia (Figura 9).



* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 9 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para estimativa da umidade relativa do ar (UR), em porcentagem, em função da hora do dia para os diferentes tratamentos.

Na Figura 9, pode-se observar que houve uma redução significativa da umidade relativa do ar nos tratamentos PCARA em relação a PSARA, com a utilização do sistema proposto intercalado com a presença do animal. No período das 6:00 às 24:00 horas ocorreu uma redução na UR no microclima destinado às matrizes, redução esta favorável à matriz, porque na época da realização do experimento os valores da umidade relativa do ar encontravam-se bem acima da considerada de conforto térmico para as matrizes citadas por VEIT e TROUTT (1982) que estabeleceram como valores ótimos de UR para porcas lactantes a faixa de 55 a 75%, já BENEDI (1986) cita que para temperatura do ar de até 27°C a UR considerada ótima para maternidade de suínos está compreendida na faixa de 70 a 80%.

A redução da umidade relativa nos tratamentos PCARSA em relação a PSARA foi ainda mais marcante. O acréscimo da UR nos tratamentos PCARA em relação PCARSA, indicou o quanto à presença dos animais provocou de acréscimo na umidade relativa no microambiente da matriz.

3.2. Avaliações térmicas das matrizes

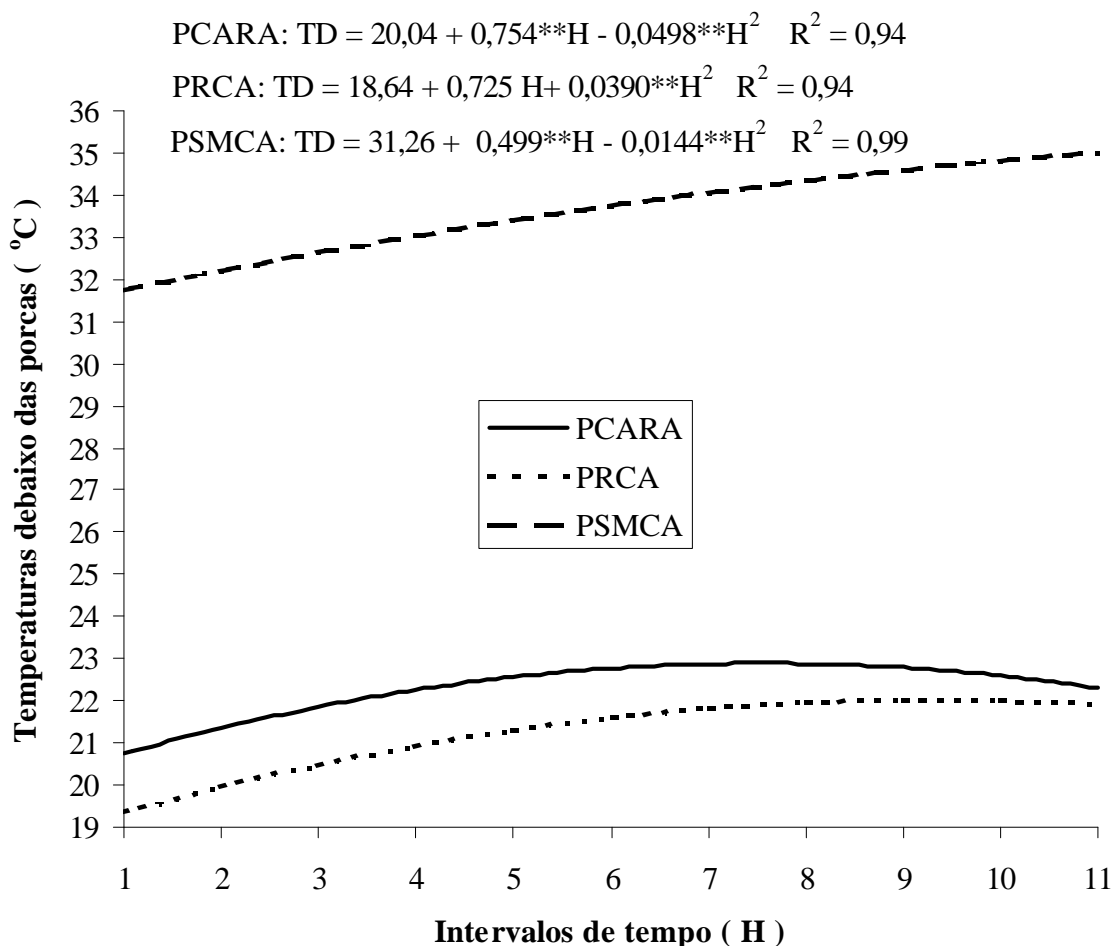
3.2.1. Temperaturas debaixo da matriz

As temperaturas médias debaixo das matrizes lactantes, foram analisadas para os seguintes tratamentos nas salas S₁ e S₂: piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, com animais (PCARA); piso sem aquecimento no local dos leitões e resfriado no local da matriz, com animais (PRCA) e piso sem modificações, com animais (PSMCA).

Com base nos resultados médios encontrados, foram ajustadas as equações de regressão (Figura 10).

Fazendo uma relação entre os tratamentos PCARA e PRCA em relação ao PSMCA, pode-se verificar o quanto foi melhorado o ambiente térmico das matrizes com a utilização do sistema proposto, que proporcionou um melhor desempenho das mesmas. As médias obtidas de peso dos leitões para essas matrizes foram: 7,33kg PRCA, 6,68 kg PCARA e 4,61 kg PSMCA.

Quanto à relação PCARA – PRCA ocorreu um comportamento semelhante com uma pequena elevação da temperatura debaixo da porca no tratamento PCARA, devido à elevação da temperatura do microambiente da matriz gerado pelo aquecimento do piso ao seu redor.



* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

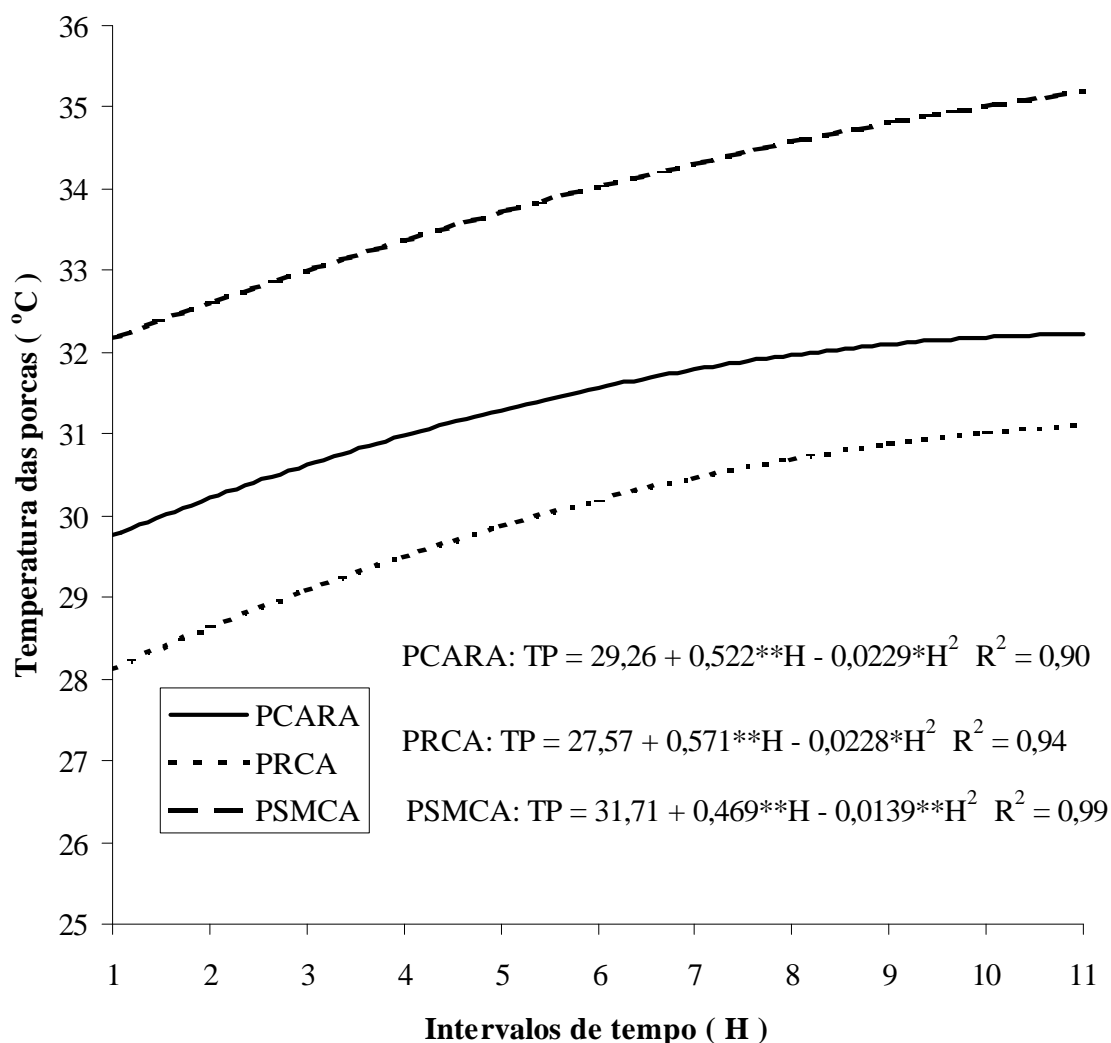
Figura 10 - Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para estimativa das temperaturas debaixo da porca (TD), em °C, em função da hora do dia no intervalo das 8:00 às 18:00 horas, para os diferentes tratamentos.

3.2.2. Temperatura na parte superior da matriz

As temperaturas médias na parte superior das matrizes lactantes foram analisadas para os seguintes tratamentos: piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, com animais (PCARA); piso sem aquecimento no local dos leitões e resfriado no

local da matriz, com animais (PRCA) e piso sem modificação sala S₂, com animais (PSMCA).

Com base nos resultados médios encontrados, foram ajustadas as equações de regressão em função dos intervalos de tempo (Figura 11).



* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 11 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para estimativa da temperatura da porca (TP), em °C, em função da hora do dia nos intervalos de 8:00 às 18:00 horas, para os diferentes tratamentos.

De acordo com a Figura 11, a relação entre os tratamentos PCARA – PRCA mostra o quanto é acrescido na temperatura da matriz com a presença do sistema de aquecimento dos leitões simultaneamente com o resfriamento do piso da matriz. Pode-se

verificar um acréscimo no gradiente da temperatura de aproximadamente 2°C, devido à elevação da temperatura do microambiente da matriz gerado pelo aquecimento dos pisos laterais dos leitões.

Na relação entre os tratamentos PRCA – PSMCA, pode-se verificar o quanto o sistema de resfriamento do piso abaixou a temperatura da porca em relação ao sistema sem modificação, conseguindo reduzir a temperatura da porca em repouso no piso de aproximadamente de 4°C na temperatura da parte superior da matriz lactante; valor este que pode ser melhorado ainda mais com a utilização de um sistema de resfriamento da água mais eficiente do que o utilizado.

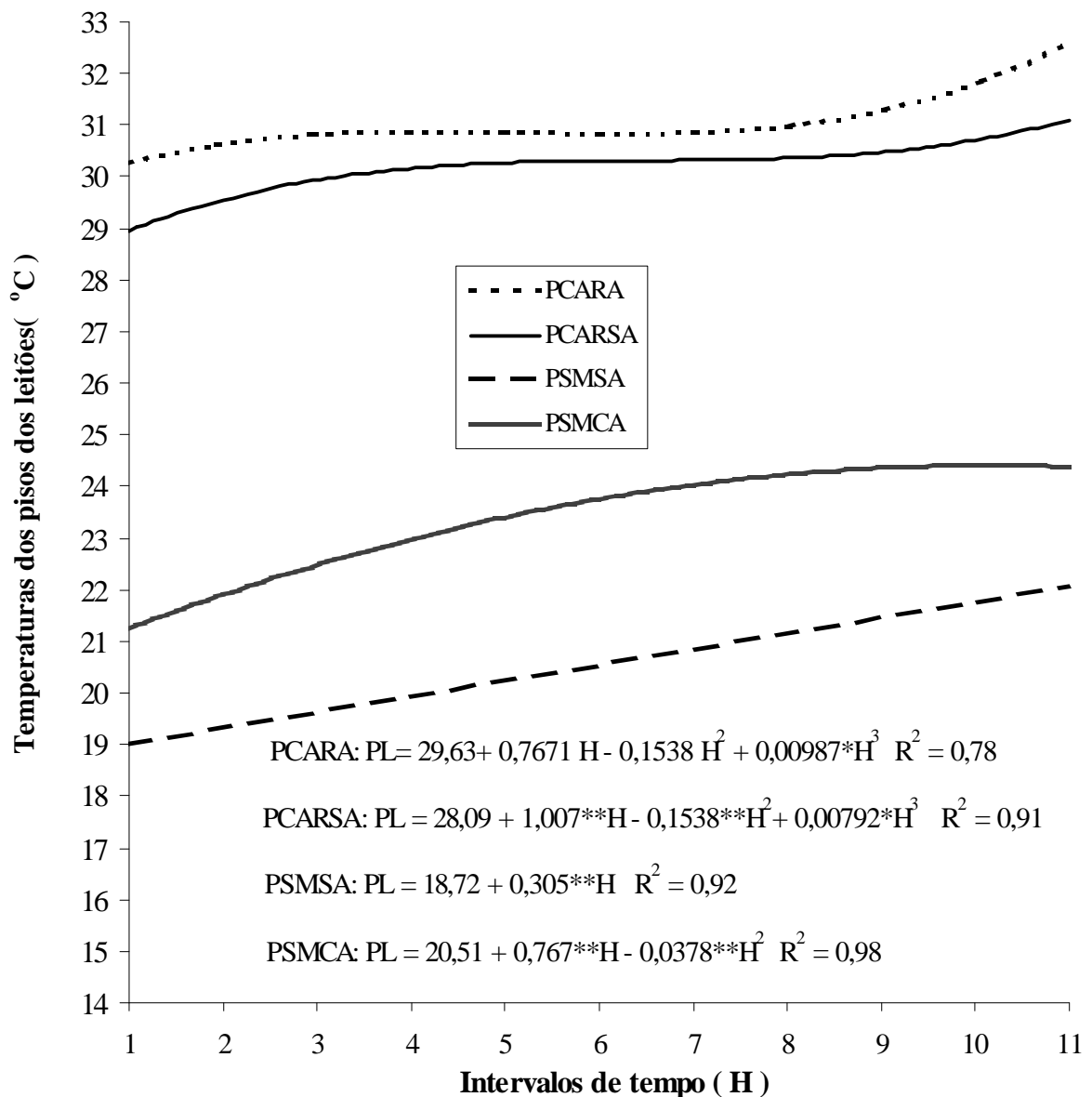
Para a relação PCARA – PSMCA, pode-se observar também a ocorrência de uma redução na temperatura da matriz no tratamento PCARA. A redução foi um pouco menor do que a relação citada anteriormente, devido ao acréscimo da temperatura gerada pelas placas aquecidas na circunvizinhança do microambiente da matriz. A redução na temperatura da matriz no tratamento PCARA em relação ao PSMCA poderá ser ainda mais significativa com a melhoria da eficiência do sistema de resfriamento da água, um melhor controle da temperatura de aquecimento da placa através da redução da temperatura de aquecimento com o passar dos dias de nascimento dos leitões, redução da temperatura de aquecimento das placas nos dias de temperaturas mais elevadas, além de só utilizar o sistema de aquecimento à noite e nos horários de menores temperaturas ambientes.

3.3. Avaliações do ambiente térmico na região dos pisos dos leitões

3.3.1. Temperaturas dos pisos, na região dos leitões

As análises dos pisos dos leitões foram efetuadas para os seguintes tratamentos nas salas S₁ e S₂: piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, com animais (PCARA); piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, sem animais (PCARSA); piso dos leitões sem modificação, com animais (PSMCA) e piso dos leitões sem modificação, sem animais (PSMSA).

Com base nos resultados experimentais, foram ajustadas as equações de regressão em função dos intervalos de tempo (Figura 12).



* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 12 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para estimativa da temperatura dos pisos dos leitões (TL), em °C, em função da hora do dia nos intervalos das 8:00 às 18:00 horas, para os diferentes tratamentos.

Pode-se verificar na Figura 12, que os tratamentos PCARA e PCARSA conseguiram proporcionar uma temperatura dentro da faixa de conforto térmico para os leitões; ou seja, houve uma melhora muito significativa no microambiente dos pisos dos leitões.

Como a temperatura ambiente na ocasião do experimento estava elevada, pode-se afirmar diante dos resultados obtidos, que em épocas de temperaturas baixas, o microclima dos pisos, no local dos leitões, com a utilização dos sistemas propostos serão capazes de fornecer temperatura bem próxima da encontrada dentro do abrigo de aquecimento utilizado na maioria das maternidades. Isto evitaria choque térmico nos leitões quando necessitassem sair dos abrigos para se alimentarem.

Na sala S₂, representados pelos tratamentos PSMCA e PSMSA, pode-se verificar que a presença dos animais proporcionou um acréscimo significativo na temperatura do piso, principalmente nos horários de temperaturas mais elevadas devido à troca de calor entre o animal e o piso. Na sala S₁, onde se utilizou o sistema proposto representado pelos tratamentos PCARSA e PCARA, a diferença não foi significativa devido ao fato do piso no local da matriz ter sido resfriado, diminuindo assim, o acréscimo de temperatura no microambiente da gaiola.

3.3.2. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU)

Foi analisado o ITGU no microambiente dos pisos dos leitões para os seguintes tratamentos na sala com modificações S₁: piso sem aquecimento e resfriamento, sem animais (PSARA); piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, com animais (PCARA); e piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, sem animais (PCARSA).

Com base nos resultados experimentais, foram ajustadas as equações de regressão em função da hora do dia (Figura 13).

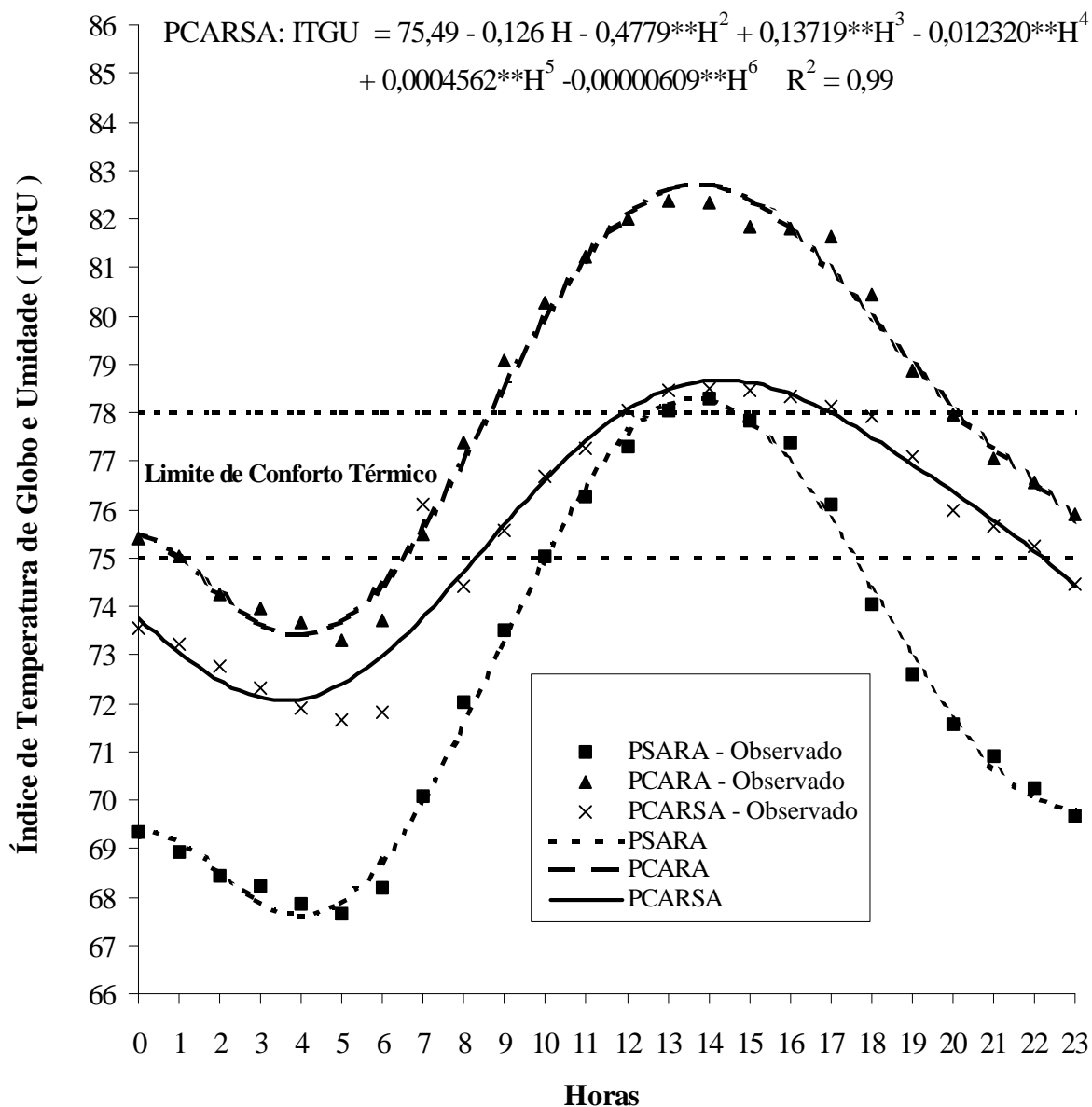
Na relação entre os tratamentos PSARA e PCARSA, houve uma diferença significativa, principalmente nos horários mais frios, o que nos indicou uma boa melhora no valor do ITGU com a utilização do sistema de aquecimento para os leitões. O tratamento PCARSA nos intervalos de 8:00 às 21:00 horas, apresentou valores de ITGU dentro da faixa citada por TURCO (1993) nos intervalos restantes. Apesar de não ter atingido valores dentro da faixa de conforto, apresentou valores mais próximos do que os do tratamento PSARA; ou seja, alcançou valores bem mais favoráveis aos leitões.

Na relação entre os tratamentos PCARA e PCARSA, que indicou o quanto à presença dos animais elevou o valor do ITGU, pode-se notar que no período de maior

temperatura, houve uma diferença maior, devido principalmente à dissipação de calor pela matriz e leitões.

$$\text{PSARA: ITGU} = 69,23 + 0,489 H - 0,7169^{**}H^2 + 0,17463^{**}H^3 - 0,014737^{**}H^4 + 0,0005189^{**}H^5 - 0,00000657^{**}H^6 \quad R^2 = 0,99$$

$$\text{PCARA: ITGU} = 73,58 - 0,039 H - 0,4475^{**}H^2 + 0,11649^{**}H^3 - 0,010197^{**}H^4 + 0,0003769^{**}H^5 - 0,00000509^{**}H^6 \quad R^2 = 0,99$$



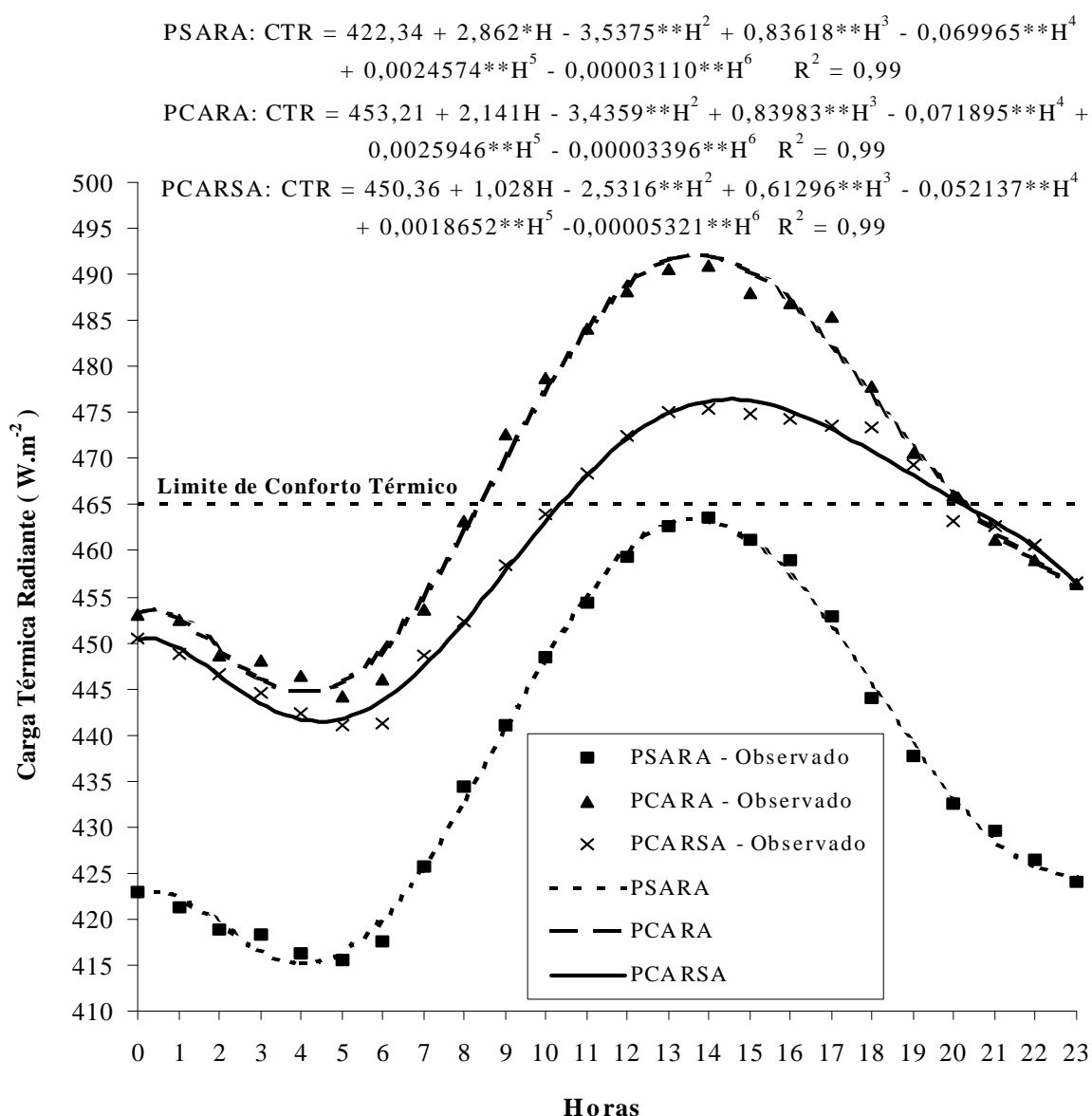
* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 13 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para estimativa do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), em função da hora do dia para os diferentes tratamentos.

3.3.3. Carga térmica radiante (CTR)

Foram verificadas as cargas térmicas radiantes (CTR) no microambiente da região dos pisos dos leitões para os seguintes tratamentos na sala modificada S₁: piso sem aquecimento e sem resfriamento, sem animais (PSARA); piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, com animais (PCARA) e piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local das porcas, sem animais (PCARSA).

Com base nos resultados experimentais, foram ajustadas as equações de regressão em função da hora do dia (Figura 14).



* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 14 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para estimativa da carga térmica de radiação (CTR), em $W \cdot m^{-2}$, em função da hora do dia para os diferentes tratamentos.

Adotando-se as mesmas relações e interpretação do ITGU, analisou-se os gradientes da CTR no microambiente dos pisos dos leitões para: PSARA em relação à PCARSA significando o quanto foi acrescido em função da utilização dos sistemas propostos; PCARA em relação à PCARSA o quanto foi transferido dos animais e PSARA em relação à PCARA o quanto foi acrescido com a utilização dos sistemas propostos e a presença dos animais.

Analisando PSARA em relação a PCARA e PCARSA, pode-se verificar que em todos os horários ocorreu uma elevação da CTR; elevação esta, favorável para os leitões. Como pode-se notar na Figura 14, em todos os horários os tratamentos PCARA e PCARSA apresentaram-se com valores de CTR mais próximos do limite de conforto térmico do que o tratamento PSARA.

Na relação entre os tratamentos PCARA com PCARSA, pode-se notar que a elevação do gradiente de CTR no horário de maior temperatura ambiente foi mais acentuada devido à presença dos leitões e maior dissipação de calor das porcas decorrentes da elevação da temperatura. Como citado no item anterior, esta elevação só não foi maior devido ao sistema de resfriamento do piso da matriz que não permitiu uma maior elevação de sua temperatura.

3.3.4. Umidade relativa do ar (UR)

A umidade relativa do ar (UR), no microambiente da região dos pisos dos leitões foram analisadas para os seguintes tratamentos na sala S_1 : piso sem aquecimento e resfriamento, sem animais (PSARA); piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, com animais (PCARA) e piso aquecido no local dos leitões e resfriado no local da matriz, sem animais (PCARSA).

Com base nos resultados experimentais, foram ajustadas as equações de regressão em função da hora do dia (Figura 15).

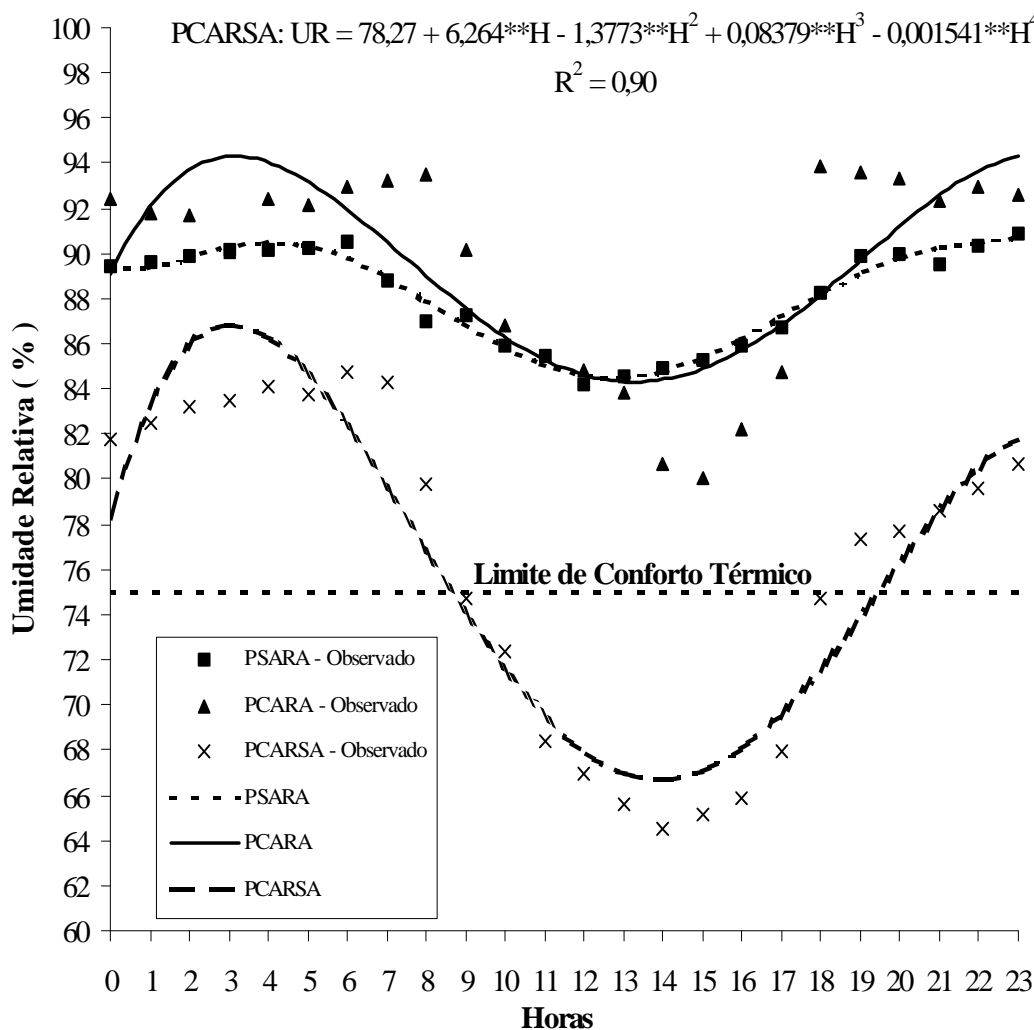
Por meio da Figura 15, pode-se observar que não houve diferença significativa entre os tratamentos PSARA e PCARA. Isto significa que com a utilização do sistema proposto, intercalado com a presença dos animais, ocorreu um pequeno acréscimo da UR apenas no período de temperaturas mais baixas, devido à dificuldade de controle permanente do sistema de aquecimento, durante o período da noite e da madrugada.

Durante o período de maior aquecimento, a situação chegou a ser invertida, devido à maior temperatura do ambiente, maior controle do sistema de aquecimento do piso e à dissipação de calor gerado pelos animais.

$$\text{PSARA: UR} = 89,55 - 0,697 H + 0,6618^{**}H^2 - 0,15318^{**}H^3 + 0,013277^{**}H^4 - 0,0004911^{**}H^5 + 0,00000659^{**}H^6 \quad R^2 = 0,97$$

$$\text{PCARA: UR} = 89,12 + 3,727^{**}H - 0,8112^{**}H^2 + 0,05054^{**}H^3 - 0,000952^{**}H^4 \quad R^2 = 0,62$$

$$\text{PCARSA: UR} = 78,27 + 6,264^{**}H - 1,3773^{**}H^2 + 0,08379^{**}H^3 - 0,001541^{**}H^4 \quad R^2 = 0,90$$



* e ** Significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 15 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para estimativa da umidade relativa do ar (UR), em porcentagem, em função da hora do dia para os diferentes tratamentos.

O tratamento PCARSA permitiu na região dos pisos dos leitões, UR bem abaixo das demais, pelo fato de não ter existido em seu microclima, interferência de mudanças provocadas pelos animais. Como a placa estava aquecida, a influência da placa resfriada não foi muito marcante, o que ocasionou um ambiente com UR menor devido o aquecimento ter provocado a evaporação das moléculas de água existentes em sua volta.

Segundo DIVIDICH (1982) e KELLY et al. (1994) a umidade relativa ideal para os leitões deve estar entre 50 e 75%, faixa esta, só alcançada pelo tratamento PCARSA, no período de temperaturas mais elevadas.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar os efeitos do emprego dos sistemas propostos de aquecimento e resfriamento do piso em maternidades de suínos, com base nos resultados de conforto térmico do ambiente e o conseqüente efeito sobre o desempenho dos leitões e matrizes lactantes. O experimento foi conduzido no período de março a abril de 2002, no setor de suinocultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram utilizadas duas salas denominadas como: sala com os pisos das baias modificados (S_1) e salas sem nenhuma modificação (S_2). Foram construídas e montadas nas gaiolas individuais de parição 8 placas pré-moldadas para porcas e 16 placas pré-moldadas para os leitões, de argamassa armada com tubos corrugados embutidos em seu interior em forma de serpentinas para a circulação de água. As fontes energéticas para o aquecimento e resfriamento das placas foram: aquecimento a gás e sistema de refrigeração com água circulante proveniente de uma caixa térmica, resfriada por meio de um conjunto motor compressor de refrigeração. Foram avaliados os seguintes tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas, com animais (PCARA); piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas, sem animais (PCARSA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas, com animais (PRCA); piso sem modificação S_2 , sem animais (PSMSA) e piso sem modificação S_2 , com animais (PSMCA). Para as avaliações térmicas do microclima das baias, foram instalados a 0,40m do piso junto às gaiolas, sensores de cobre constatan, ligados ao sistema automático de aquisição de dados, programado para obtenção e armazenamento de leituras a cada 30 minutos: das temperaturas de globo negro, temperaturas de bulbo úmido, temperaturas de bulbo seco e velocidade do ar, para o cálculo do índice de

temperatura de globo e umidade (ITGU), carga térmica radiante (CTR), umidade relativa do ar (UR), para quantificar o microclima das matrizes; e a 0,20m do piso próximo a parede lateral da baia, os outros equipamentos para quantificar o microclima dos leitões. As temperaturas dos pisos e das matrizes foram obtidas por meio do termopar de contato com o auxílio do termômetro digital de hora em hora no intervalo das 8:00 às 18:00 horas durante 17 dias, sendo cada tratamento com duas repetições. Os dados obtidos foram analisados por meio do delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas os tratamentos e as subparcelas os horários. Os resultados das variáveis foram interpretados por meio da análise de regressão linear simples.

A partir dos resultados chegou-se às seguintes conclusões:

- Apesar dos valores dos índices ambientais terem apresentado algumas vezes acima dos valores da faixa de conforto térmico, citados por alguns autores, não foram verificadas mudanças fisiológicas e comportamentais das matrizes dos tratamentos PRCA e PCARA; portanto, pode-se concluir que, com o uso do sistema de resfriamento do piso pode-se adotar um limite superior acima do encontrado por outros autores em experimentos semelhantes.

- O sistema de resfriamento do piso proporcionou resultados satisfatórios, tanto para os sistemas que utilizaram somente o resfriamento do piso PRCA, como os que utilizaram o sistema de aquecimento simultaneamente com o resfriamento do piso PCARA. Em ambas as situações não foi observado desconforto térmico nas matrizes quando o sistema atendeu à demanda de temperatura ideal, quando da avaliação isolada de 3 matrizes em testes preliminares, o que proporcionou bons resultados traduzidos pelas médias obtidas de peso dos leitões para os tratamentos PRCA 7,33 kg, PCARA 6,68 kg e PSMCA 4,61 kg.

- Com base nas temperaturas na parte inferior e superior das matrizes, obtida com a utilização dos sistemas propostos, representados pelos tratamentos PCARA e PRCA, pode-se concluir que ambos os sistemas foram bastante eficientes, que sua maior ou menor eficiência só dependerá do controle da temperatura de entrada de água na placa; ou seja, só dependerá da eficiência do sistema de aquecimento e resfriamento da água.

- O tratamento PCARA poderá fornecer dados ainda mais favoráveis ao conforto dos leitões, com valores mais uniformes e próximos dos limites de conforto térmico em

todos os horários do dia através da: utilização de um sistema mais eficiente de aquecimento com controle automático de temperatura, melhora no microclima da sala por meio de fechamento e abertura de cortinas, reduções graduais das temperaturas das placas à medida que os leitões vão se desenvolvendo e somente utilizar o aquecimento nos horários noturnos e em períodos de menores temperaturas.

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO DE PISOS, NO AMBIENTE TÉRMICO E NO DESEMPENHO DE MATRIZES LACTANTES E LEITÕES EM MATERNIDADES PARA SUÍNOS

1. INTRODUÇÃO

As exigências ambientais de porcas e leitões são tão diferentes que parecem pertencentes a espécies distintas. De um lado, os animais jovens com sensibilidade ao frio, decorrente de uma grande superfície específica, poucos e esparsos pêlos, praticamente desprovidos de gordura subcutânea (1 a 2%), escassas reservas de glicogênio e gordura, que configuram um quadro pouco eficiente na luta contra o frio e de outro, um animal adulto, com significativa espessura de toucinho que lhe confere alta capacidade de isolamento e, portanto, grande sensibilidade ao calor (SVENDSEN e BILLE, 1981).

Um ambiente estressante provoca várias respostas, dependendo da capacidade do animal para adaptar-se. Em determinadas situações ambientais, o animal pode manter as suas funções vitais (manutenção, reprodução e produção) e, em outras, estabelece prioridades. É importante mencionar que a função vital prioritária do animal é a manutenção (sobrevivência). Mas, tanto a manutenção, quanto à reprodução e a produção estão sendo suprimidas à medida que o ambiente torna-se mais severo (BAËTA e SOUZA, 1997).

Os estressores ambientais podem afetar o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais, através da elevação das taxas de corticosteróides plasmáticos, os quais, podem alterar o estado imunitário, diminuir a resistência a infecções, aumentar o catabolismo e

interferir na absorção de nutrientes (DANTZER e MORMEDE, 1981). Esses hormônios podem reduzir a função dos granulócitos, monócitos, linfócitos, bem como, do nível de hemoglobina e complementos do sangue.

O estresse climático agrava a produção de calor endógeno de fêmeas em lactação e gestação. Altas temperaturas e elevadas taxas de produção de calor metabólico podem afetar o balanço térmico, comprometer o sistema neuroendócrino e a função reprodutiva (STEINBACH, 1976). Na termoneutralidade e com um nível de alimentação constante, as perdas de calor são mínimas e a retenção de energia é máxima, mas em resposta ao frio há aumento da produção calórica e redução da retenção, em função do acréscimo das exigências suplementares para a termorregulação.

As fêmeas quando submetidas ao estresse por calor passam a desenvolver uma respiração mais superficial e pouco eficiente para dissipar o calor corporal, em virtude do menor tempo disponível para a saturação do ar expirado. Esses animais, para manter a temperatura corporal constante, aceleram a respiração, aumentam a sudorese, reduzem a ingestão de alimentos e aumentam a ingestão de água. No caso das fêmeas lactantes, ocorre ainda redução de quantidade do leite produzido, inibição ou atraso do comportamento estral, decréscimo na taxa de concepção e aumento da mortalidade embrionária (EDWARDS et al. 1968; CURTIS, 1983; PERDOMO et al. 1985; XUE et al. 1992).

As variações da temperatura retal e da frequência respiratória estão associadas à temperatura ambiente, variando em função da hora do dia (menores valores pela manhã e maiores à tarde) e após a ingestão de água e alimento pelos animais. CARVALHO (1981), considerou como padrão fisiológico normal para matrizes em lactação, a temperatura retal entre 37,8 e 39,4°C e a frequência respiratória na faixa de 10 a 40 movimentos respiratórios por minuto. O aumento na frequência respiratória superior a 180 movimentos respiratórios por minuto faz com que os pulmões e a caixa torácica entrem em ressonância (acrécimo dos espaços mortos) e produzem uma respiração ruidosa em consequência da má ventilação (ROSSEAU et al., 1989).

Nas matrizes, as altas temperaturas dentro das instalações influenciam negativamente a eficiência reprodutiva. Em locais onde as temperaturas no verão foram superiores à 24°C, verificou-se diminuição da fertilidade das fêmeas suínas, altas porcentagens de retorno ao cio (LOVE et al., 1995), atraso da maturidade sexual

(FLORES et al., 1989) e maior mobilização de gordura corporal durante a lactação (BARB et al., 1991). Ao contrário em regiões onde os dias quentes não ultrapassaram a temperatura de 24°C, não foram observados efeitos significativos da alta temperatura sobre a fertilidade e taxa de concepção das fêmeas (LOVE et al., 1995).

A manutenção da homeotermia de leitões durante o frio ocorre pelo aumento da produção de calor metabólico e pela ativação simultânea da vasoconstrição periférica, resultando em decréscimo da diferença de temperatura entre a pele e o ambiente e, pelo aumento do isolamento tecidual.

A perda de calor do leitão logo após o nascimento tem como conseqüências, aumento da taxa metabólica do animal, desvios de nutrientes, pois parte da energia utilizada para produção será utilizada na manutenção da temperatura corporal, maior susceptibilidade às infecções enterogênicas e morte nas primeiras horas de vida (MORES et al., 1998).

MUIRHEAD e ALEXANDER (1997) citam os seguintes valores normais de taxa respiratória e temperatura normal para os leitões no nascimento em condições de conforto térmico 40 a 50 movimentos/minuto e 39,0°C e durante a lactação 30 a 40 movimentos/minuto e 39,2°C, respectivamente.

A flutuação na temperatura interna gera estresse permanente, com repercussões na frequência e persistência das diarréias. BALSBAUGH et al. (1986) ao estudarem o efeito da diarréia sobre a resistência de leitões ao esfriamento ambiental, observaram uma redução na habilidade animal para a manutenção de sua temperatura corporal.

Com a redução da temperatura de 30 a 32°C para 18-20°C, provoca uma diminuição do consumo de colostro (17,6 para 12,3 g), da temperatura retal e gera um acréscimo da produção de calor, segundo (DIVIDICH e NOBLET, 1981). Nestas condições, ocorre uma mobilização intensa das reservas corporais, diminuição da imunidade passiva e redução do vigor animal, face ao débito energético.

Do exposto, objetivou-se com este trabalho: avaliar o comportamento, conforto e a produtividade dos leitões e das matrizes lactantes, com a utilização dos sistemas de aquecimento e resfriamento dos pisos.

2 . MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de abril a junho de 2002, no setor de suinocultura do Departamento de Zootecnia (DZO), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Município de Viçosa-MG, localizado a uma latitude de 20° 45' 45" sul e longitude de 42° 52' 04", oeste, com altitude de 657 m. O clima da região, de acordo com a classificação de KÖPPEN, é Cwa (quente, temperado, chuvoso, com estação seca no inverno e verão quente).

Foram utilizadas as duas salas descritas no Capítulo 2, como também, a utilização dos mesmos equipamentos para aquecimento e resfriamento dos pisos.

Os tratamentos experimentais analisados foram: piso sem aquecimento dos leitões e resfriado das matrizes, com animais (PRCA); piso aquecido dos leitões e resfriado das matrizes, com animais (PCARA); piso sem modificação, com animais (PSMCA).

Para a obtenção dos dados representativos do ambiente interno das salas, foram instalado nas partes central de cada sala, um termômetro de globo negro contendo em seu interior o elemento sensor de um termômetro de vidro, com escala externa de leitura graduada de -10 a +110°C e resolução de 1°C e um higrômetro composto com termômetros com escala de leitura externa de -10 a +50°C e resolução de 1°C posicionados 1,50m do piso, para a obtenção das temperaturas de globo negro, bulbo úmido e bulbo seco, respectivamente. As leituras foram obtidas de hora em hora no intervalo de 8:00 às 18:00 horas durante todos os dias até o desmame. Os dados de temperatura de globo negro foram utilizados para os cálculos da temperatura radiante média (TRM), da carga térmica de radiação (CTR) e do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), e os dados das temperaturas de bulbo úmido e bulbo seco para

determinação da umidade relativa do ar (UR) e da (CTR). A velocidade do ar utilizada no cálculo do índice bioclimático (IBC) e (CTR), foi registrada com o uso de um anemômetro digital, com resolução de 0,01m/s.

Para a coleta dos dados térmicos de cada gaiola foram utilizados os mesmos métodos e equipamentos destinados para aquisição dos dados do Capítulo 2. As medidas das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido foram obtidas apenas para a altura de 0,40m do piso da gaiola. Os dados foram registrados durante os 21 dias de permanência das porcas nas gaiolas, com leituras de uma em uma hora, durante as 24 horas. Com base nos dados coletados em cada horário, para cada tratamento, foram calculado o ITGU, a CTR e a UR, utilizando-se as equações 1 a 8 citadas no Capítulo 2.

O índice desenvolvido para suínos, denominado de índice bioclimático (IBC), elaborado a partir da equação de Petit e relatado por TEXIER et al. (1979), que se baseia na sensação térmica do animal em função do equilíbrio existente entre a temperatura de bulbo seco (Tbs, °C) ou de globo negro (Tgn, °C), da umidade relativa do ar (UR, %), da velocidade do vento (v, m/s), da variação do peso do animal (P, kg) e da temperatura retal (TR, °C), e é expressa pela seguinte equação:

$$IBC = 0,89Tbs + 0,05UR - 1,81v + 0,02P - 0,543TR \quad \text{eq.01}$$

Foram utilizadas 15 matrizes mestiças Landrace x Large White, alojadas aleatoriamente nas salas de maternidade em torno de quatro dias antes da parição. Antes do parto, cada animal recebeu 2 kg de ração por dia. No dia do parto, as mesmas não foram alimentadas. A partir do segundo dia pós-parto, todas as porcas receberam 2,5 kg de ração na parte da manhã e 2,5 kg na parte da tarde, seguindo este arraçoamento até a desmama no vigésimo primeiro dia pós-parto.

Os leitões, ao nascerem, receberam os cuidados necessários recomendados por (SOBESTIANSKY et al., 1987). Tentou-se equalizar em 10 o número de leitões de cada porca, número este, que não foi possível ser alcançado por todas as matrizes, devido ao número reduzido de porcas disponíveis na granja na época da realização do experimento para o remanejamento dos leitões. Os leitões não receberam ração desde o nascimento até o desmame que ocorreu no vigésimo primeiro dia; não receberam ração, alimentando apenas com o leite fornecido pelas matrizes lactantes.

As temperaturas retais e as frequências respiratórias das matrizes foram obtidas todos os dias, a partir do terceiro dia após o parto até no dia anterior ao desmame. As leituras foram efetuadas às 7:00 horas, para caracterizar as respostas fisiológicas no período da manhã, e às 14:00 horas, para caracterizar o período da tarde. O registro do ganho de peso dos leitões (GP) foi feito por meio da pesagem, a cada sete dias, desde o primeiro dia pós-parto até a desmama, aos 21 dias.

Utilizou-se o modelo em Parcelas Subdivididas com três tratamentos nas parcelas, dispostas no delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. Para as variáveis índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), carga térmica de radiação (CTR) e umidade relativa do ar (UR) o tempo de medição em horas; constituíram as subparcelas. Para a variável frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e índice bioclimático das matrizes (IBC) as subparcelas foram constituídas pelos dois períodos (manhã e tarde). O peso médio dos leitões aos 21 dias de idade (PML) e o ganho médio de peso diário dos leitões (GMDL), foram analisados, tendo como subparcelas os três intervalos de idade: 0-7, 7-14, 14-21 dias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliação do ambiente térmico

Os dados do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), da carga térmica de radiação (CTR) e da umidade relativa do ar (UR), em função da hora do dia (H) correspondentes aos tratamentos experimentais das salas S₁ e S₂: piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para matriz, com animais (PRCA); piso aquecido para os leitões e resfriado para a matriz, com animais (PCARA) e piso sem modificação sala S₂, com animais (PSMCA); com cinco repetições. Os resumos das análises de variância desses dados são apresentados no Quadro 1 e o quadro da análise de regressão polinomial no Quadro 1C do apêndice C.

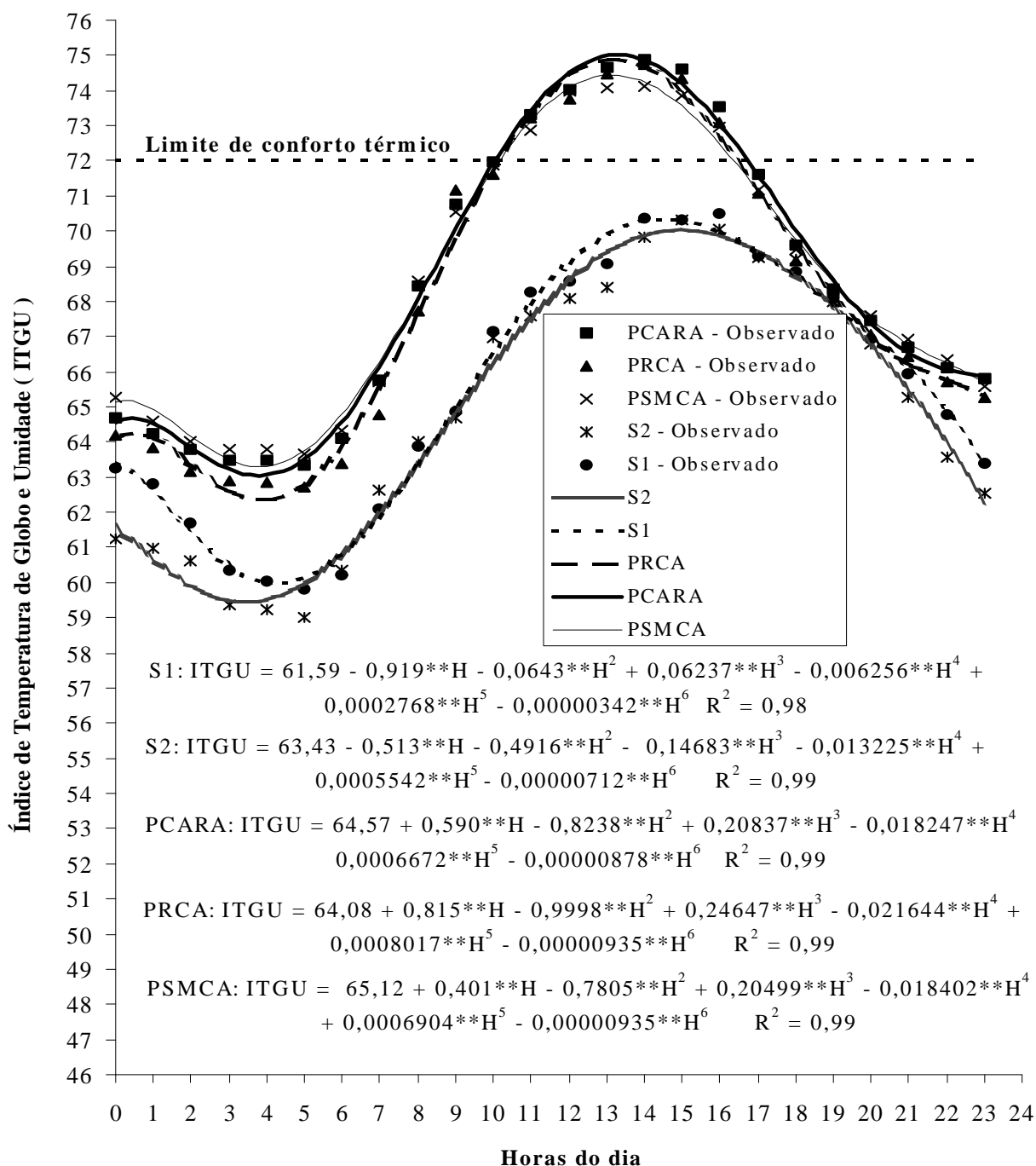
Quadro 1 – Resumo das análises de variância referentes aos efeitos do tratamento (T) e da hora do dia (H), com relação à média do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), da carga térmica de radiação (CTR), em W.m², e da umidade relativa do ar (UR), em porcentagem

FV	GL	Quadrados médios		
		ITGU	CTR	UR
Trat.	2	7,2569	259,5936	1326,933
Resíduo A	12	63,6655	2176,236	516,5383
H	23	252,2556**	5409,217**	418,3625**
T x H	46	0,3727	3,6243	8,0801
Resíduo B	276	0,8153	17,1711	13,1645
CV %	Parcela	11,67	11,04	28,24
	Subparcela	1,32	0,98	4,51

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

3.1.1. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU)

No Quadro 1, observa-se que, com relação ao ITGU, não houve diferença significativa entre os tratamentos (T) e interação TxH, a 5% de probabilidade. Houve diferença significativa apenas nas horas do dia (H), para a 1% de probabilidade.



** Significativo a 1% de probabilidade

Figura 1 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para a estimativa do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), em função da hora do dia (H), para os tratamentos avaliados.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, sendo que o modelo que melhor se ajustou foi o de sexto grau. A Figura 1 mostra os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os três tratamentos e do ambiente interno das salas S₁ e S₂, em função da hora do dia.

Estudando os efeitos da ventilação e do resfriamento evaporativo para as porcas em lactação, TURCO (1993) observou que o ITGU crítico superior foi em torno de 72, corroborado pelo aumento da frequência respiratória e temperatura retal, o que evidenciou a ocorrência de desconforto térmico.

Observa-se, na Figura 1 e Quadro 2C do apêndice C, que, no período das 10:00 às 17:00 horas, todos os tratamentos apresentaram valores de ITGU superiores a 72, acima do limite superior de conforto térmico citado por TURCO (1993). Nos intervalos citados acima, por meio de observações de mudanças comportamentais das porcas, como: aceleração na frequência respiratória, diminuição no consumo de ração e maior consumo de água. Não foi verificado nenhum dos sintomas citados acima nos animais dos tratamentos PRCA e PCARA mesmo tendo seus microambientes apresentado valores de ITGU's acima do limite superior de conforto térmico das porcas, citados por TURCO (1993). Já os animais do tratamento PSMCA nos mesmos intervalos, apresentaram com certa frequência, aumento na frequência respiratória e consumo de água, indicando desconforto para os animais com valores de ITGU's acima dos valores encontrados por TURCO (1993). Donde pode-se concluir que para as matrizes dos tratamentos PRCA e PCARA podem-se adotar um valor de limite superior mais elevado. Quanto ao valor exato, não foi possível definir neste experimento devido ao número reduzido de porcas utilizadas.

Apesar de não ter sido observado estatisticamente diferença significativa a 5% de probabilidade entre os tratamentos, PSMCA apresentou menor valor de ITGU nos horários de temperaturas mais elevadas do dia. O tratamento PCARA apresentou um valor mais elevado do ITGU devido ao acréscimo de mais um fator de aquecimento no microambiente da matriz gerado pelo aquecimento do piso dos leitões, o mesmo ocorrendo em relação a PRCA, porém em menor intensidade, provocada indiretamente pelo aumento da temperatura do microambiente das baias gerados pelo tratamento PCARA, já que os mesmos, foram avaliados na mesma sala e nos mesmos horários.

Esperava-se um gradiente de ITGU mais elevado entre os tratamentos PSMCA em relação a PRCA e PCARA, o que não ocorreu em razão da redução do calor gerado pelas matrizes lactantes, devido à redução de suas temperaturas, obtidas através do sistema de resfriamento do piso.

Quanto aos valores de ITGU das salas S_1 e S_2 , ambas apresentaram abaixo do limite superior de conforto térmico citado por TURCO (1993) durante todos os horários do dia, indicando que as características construtivas das salas foram eficientes para fornecer um ambiente adequado durante a realização do experimento no microclima das salas. O mesmo não pode ser dito em relação ao microclima das baias, que conforme pode ser visto na Figura 1 pela diferença entre os ITGU's das salas e o das baias representados pelos tratamentos, onde pode-se verificar uma elevação relevante do ITGU, causado pela: presença dos animais, fontes de aquecimento e principalmente pelo sistema de baia fechada por pequenas paredes de alvenaria ao seu redor.

Pode-se verificar que não houve diferença significativa entre os ITGU's de cada sala. Nota-se que nos horários de menores temperaturas o ITGU da sala S_1 apresentou valores superiores ao da sala S_2 devido ao aquecimento do microambiente da sala provocado pela presença do sistema de aquecimento das placas. Nos horários de temperaturas mais elevadas a sala S_1 apresentou valores menores em relação à sala S_2 , devido o sistema de resfriamento do piso ter proporcionado uma redução nas temperaturas das matrizes da sala S_1 , gerando assim, uma menor dissipação de calor das matrizes da sala e, conseqüentemente um menor valor de ITGU no microambiente.

3.1.2. Carga térmica radiante (CTR)

No Quadro 1, observa-se que, com relação a CTR, não houve diferença significativa entre os tratamentos (T) e interação TxH, a 5% de probabilidade. Houve diferença significativa apenas nas horas do dia (H), a 1% de probabilidade.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, sendo que o modelo que melhor se ajustou foi o de sexto grau. Na Figura 2 são mostrados os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os três tratamentos e do ambiente interno da salas S_1 e S_2 em função da hora do dia.

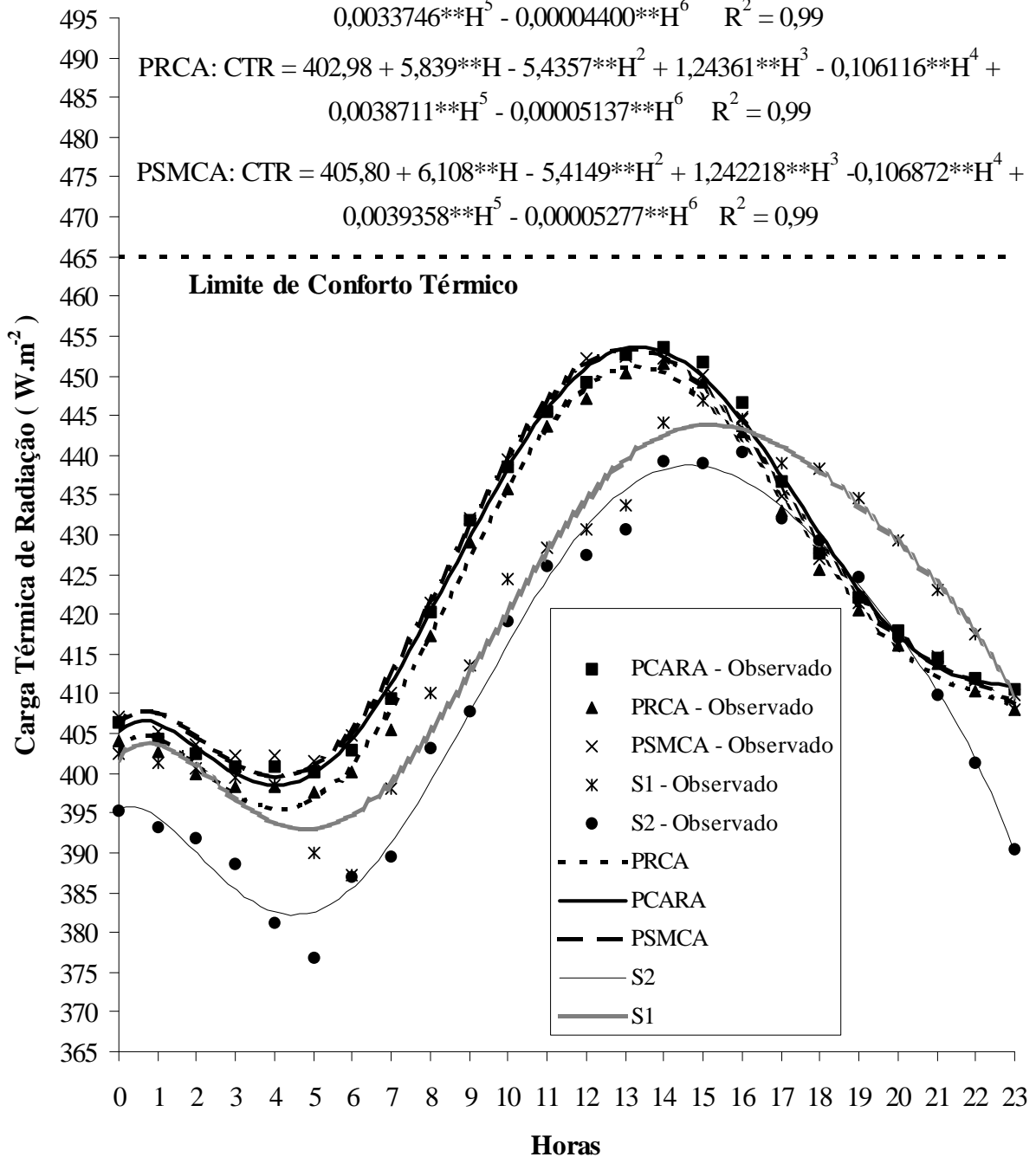
$$S1: CTR = 401,74 + 5,718**H - 4,7258**H^2 + 0,96515**H^3 - 0,076452**H^4 + 0,0026356**H^5 - 0,00003637**H^6 \quad R^2 = 0,97$$

$$S2: CTR = 395,53 + 2,102**H - 4,0673**H^2 + 0,96235**H^3 - 0,080936**H^4 + 0,0029265**H^5 - 0,00004125**H^6 \quad R^2 = 0,99$$

$$PCARA: CTR = 405,24 + 4,729**H - 4,7095**H^2 + 1,09952**H^3 - 0,093608**H^4 + 0,0033746**H^5 - 0,00004400**H^6 \quad R^2 = 0,99$$

$$PRCA: CTR = 402,98 + 5,839**H - 5,4357**H^2 + 1,24361**H^3 - 0,106116**H^4 + 0,0038711**H^5 - 0,00005137**H^6 \quad R^2 = 0,99$$

$$PSMCA: CTR = 405,80 + 6,108**H - 5,4149**H^2 + 1,242218**H^3 - 0,106872**H^4 + 0,0039358**H^5 - 0,00005277**H^6 \quad R^2 = 0,99$$



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 2 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para a estimativa da carga térmica radiante (CTR), em $W.m^{-2}$, em função da hora do dia (H), para os tratamentos avaliados.

TURCO (1993) observou que a CTR crítica superior é em torno de 465 W.m^{-2} , corroborado pelo aumento da frequência respiratória e temperatura retal, o que evidenciou a ocorrência de desconforto térmico.

Observa-se, na Figura 2 e no Quadro 3C do apêndice C, que nenhum dos tratamentos apresentou valores acima do limite crítico superior de conforto térmico estimado por TURCO (1993), indicando que durante a realização do experimento as instalações das salas foram suficientes para eliminar o desconforto térmico em relação a CTR, inclusive no interior das baias.

Apesar de não ter sido encontrado estatisticamente diferença significativa entre os tratamentos, pode-se notar que o tratamento PRCA apresentou os menores valores de CTR. Os tratamentos PSMCA e PCARA apresentaram valores praticamente iguais, ligeiramente superiores ao CTR do tratamento PRCA.

Por ter sido observado diferenças de comportamento dos animais como citado no item 3.1.1, pode-se verificar que os valores obtidos durante o experimento da CTR, não atingiram valores capazes de influenciar negativamente no comportamento das matrizes lactantes dos três tratamentos, mesmo nos horários de temperaturas elevadas, tomando-se como parâmetros os valores de limite de conforto térmico citado por TURCO (1993).

Os valores de CTR's encontrados tanto nos microambientes das salas como das baias, mostraram que as características construtivas das salas foram eficientes em interceptar parte da carga térmica sobre as instalações, durante o período experimental em todos os horários do dia, inclusive nos horários de maior incidência solar.

3.1.2. Umidade relativa do ar (UR)

No Quadro 1, observa-se que, com relação à UR, não houve diferença significativa entre os tratamentos (T) e interação TxH, a 5% de probabilidade. Houve diferença significativa apenas nas horas do dia (H), a 1% de probabilidade.

Com base nos resultados experimentais, foram obtidas as equações de regressão, em função da hora do dia, sendo que o modelo que melhor se ajustou foi o de quarto grau.

Na Figura 3 são mostrados os resultados observados e estimados pelas equações de regressão, para os três tratamentos, em função da hora do dia.

$$S1: UR = 79,65 + 3,102**H - 0,6547**H^2 + 0,02568**H^3 - 0,000105**H^4$$

$$R^2 = 0,92$$

$$S2: UR = 79,57 + 5,273**H - 1,1326**H^2 + 0,05852**H^3 - 0,000805**H^4$$

$$R^2 = 0,89$$

$$PCARA: UR = 86,46 + 4,224**H - 0,9813**H^2 + 0,06064**H^3 - 0,001112**H^4$$

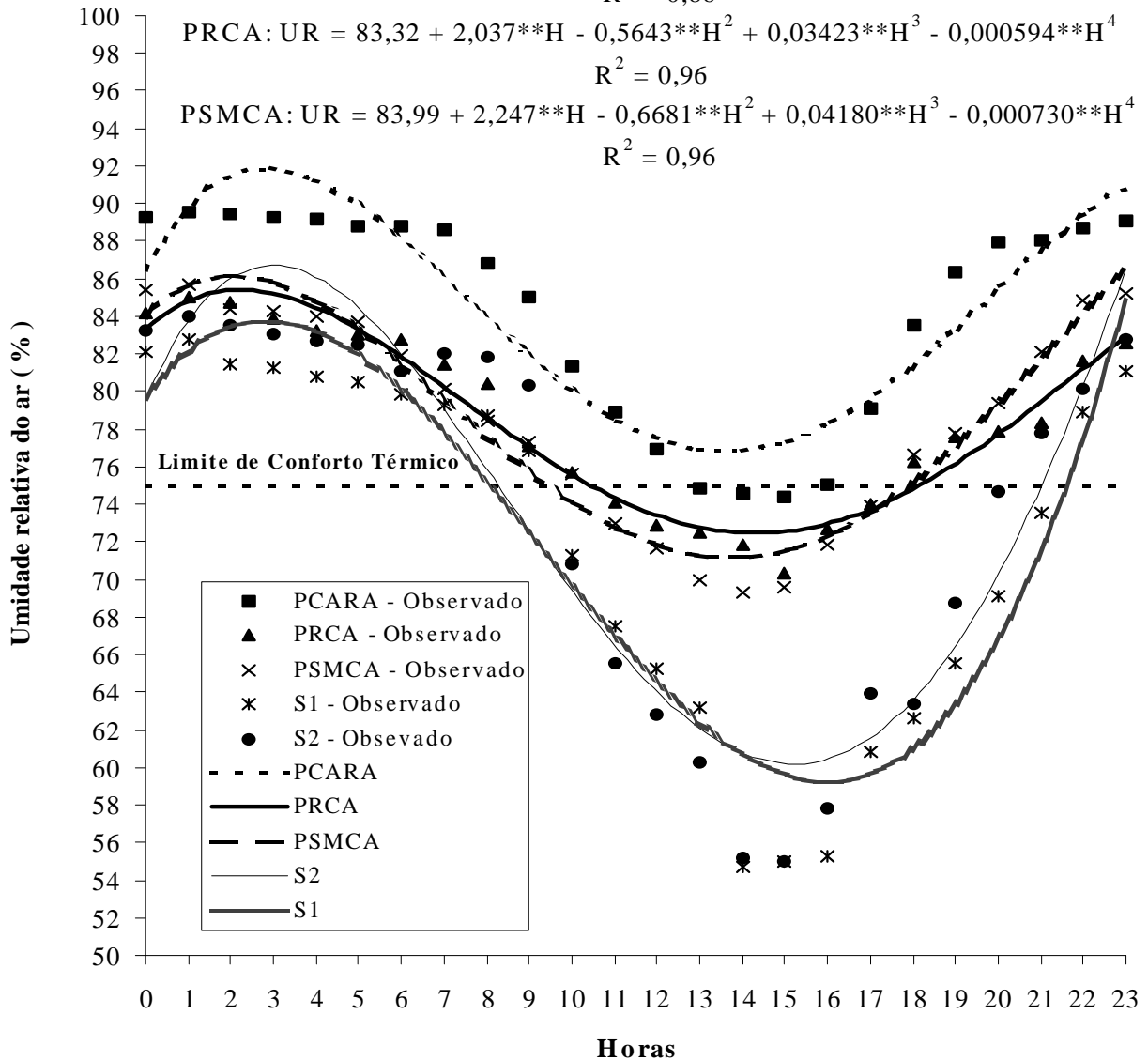
$$R^2 = 0,86$$

$$PRCA: UR = 83,32 + 2,037**H - 0,5643**H^2 + 0,03423**H^3 - 0,000594**H^4$$

$$R^2 = 0,96$$

$$PSMCA: UR = 83,99 + 2,247**H - 0,6681**H^2 + 0,04180**H^3 - 0,000730**H^4$$

$$R^2 = 0,96$$



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 3 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) para estimativa da umidade relativa do ar (UR), em porcentagem, em função da hora do dia (H), para os tratamentos avaliados.

Como pode-se observar pela Figura 3 e Quadro 4C do apêndice C, em ambos os tratamentos na maior parte do tempo os valores obtidos de UR's apresentaram-se acima da faixa de conforto térmico. Apenas nos horários de temperaturas mais elevadas os

tratamentos PRCA e PSMCA apresentaram UR's nas faixas do limite de conforto térmico citados pelos autores VEIT et al. (1982) que estabeleceram como valores ótimos de UR para porcas lactantes na faixa de 55 a 75%. Por outro lado BENEDI (1986) estabeleceu que para temperatura do ar de até 27°C a UR considerada ótima para maternidade de suínos está compreendida na faixa de 70 a 80%.

O tratamento PCARA em todos os horários estudados apresentou valores de UR acima do limite de conforto térmico na faixa estipulada por VEIT e TROUTT (1982), porém nos horários de temperaturas mais elevadas ficou dentro da faixa estabelecida por (BENEDI, 1986).

Apesar da diferença estatística não ser significativa entre os tratamentos, o tratamento PCARA apresentou os valores mais elevados de UR, que pode ser explicado pela mistura do ar quente, ar frio e evaporação pelas vias respiratórias das matrizes. No tratamento PRCA os valores ficaram bem próximos dos encontrados no tratamento PSMCA, chegando a valores um pouco inferiores nos horários de temperaturas mais elevadas, indicando que a utilização do sistema resfriamento reduziu a temperatura da porca o que provocou uma redução da perda de calor das matrizes lactantes por meio da evaporação pelas vias respiratórias, mecanismo este utilizado pelos suínos, principalmente por porcas gestantes e lactantes para dissipação do calor.

Como pode-se notar na Figura 3, a UR na ocasião da realização do experimento apresentava-se muito elevada. Por meio das observações comportamentais das matrizes lactantes citados no item 3.1.1, pode-se notar que para altos valores de UR's e temperaturas mais baixas, não foram observadas mudanças comportamentais dos animais em nenhum dos tratamentos. As mudanças de comportamento dos animais ocorreram com maior frequência e intensidade para as matrizes do tratamento PSMCA, principalmente nos horários de maior elevação das temperaturas, de 11:00 às 18:00 horas, horários estes, que apresentaram os menores valores de UR mostrando que os valores encontrados mesmo estando dentro da faixa recomendada por VEIT e TROUTT (1982), não foram suficientes para proporcionar conforto para as matrizes do tratamento PSMCA durante a realização do experimento. Quanto aos tratamentos PRCA e PCARA mesmo com a UR do ar acima dos limites citados por VEIT e TROUTT (1982), foi observado mudanças comportamentais apenas quando o sistema de modificação proposto não conseguiu atender à demanda.

3.2. Índice Bioclimático

O Quadro 2 apresenta os resumos das análises de variância referentes aos efeitos dos tratamentos experimentais: piso aquecido dos leitões e resfriado para as matrizes, com animais (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as matrizes, com animais (PRCA) e piso sem modificação S₂, com animais (PSMCA).

Quadro 2 – Resumo da análise de variância referente aos efeitos do tratamento (T) e do período do dia (P), sobre o índice bioclimático (IBC)

FV	GL	Quadrados médios
		IBC
Trat.	2	0,1579
Resíduo A	12	0,7845
P	1	235,6482**
T x P	2	1,5636
Resíduo B	12	1,5217
CV %	Parcela	14,01
	Subparcela	19,51

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos(T) e interação tratamentos x horários de coleta a 5% de probabilidade, foi verificada diferença significativa a 1% de probabilidade apenas nos períodos (manhã e tarde) de coletas, conforme Quadro 2.

No Quadro 3, encontram-se as médias do índice bioclimático, para cada tratamento nos períodos da manhã (8:00h) e da tarde (15:00h).

Quadro 3 – Valores médios do índice bioclimático (IBC), com relação ao período de observações (manhã e tarde) para os diferentes tratamentos

Período	Tratamentos		
	PRCA	PCARA	PSMCA
Manhã	3,04 B	3,63 B	3,99 B
Tarde	8,91 A	8,93 A	8,94 A

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Segundo TEXIER et al. (1979), as condições de neutralidade térmica devem ser obtidas para o valor de IBC igual a zero, tendo como limite crítico superior de conforto térmico para as porcas em lactação, igual a dois. Porém, PERDOMO (1995), estudando o efeito de três sistemas de ventilação, demonstrou a existência de um ambiente quente em todos os horários de todos os tratamentos, superando, em 202,5% , 302% e 237%, para IBC igual a dois. O que segundo TURCO (1997) significa que, provavelmente, o IBC foi desenvolvido para condições ambientais com temperatura e umidade menores do que as do sul do Brasil e com animais menos adaptados às condições ambientais existentes nessa região.

Considerando o valor da frequência respiratória de 50 movimentos respiratórios por minuto para porcas lactantes mantidas nas maternidades em condições de conforto, TURCO (1993) constatou que o valor de 9,40 corresponderia ao IBC crítico superior. Desta forma, analisando-se os valores médios do IBC do Quadro 3 e do Quadro 5C no Apêndice C, todos os tratamentos no período da manhã apresentaram valores médios da IBC acima do índice citado por TEXIER et al. (1979), porém abaixo do citado por (TURCO, 1993). No período da tarde, os tratamentos apresentaram valores médios de IBC acima dos citados por TEXIER et al. (1979), porém abaixo do citado por (TURCO, 1993).

Baseando-se nos valores encontrados por (TURCO, 1993; PERDOMO, 1995; TURCO, 1997) pode-se concluir que os valores de IBC mantiveram-se dentro da faixa de conforto para as matrizes lactantes, já que a maioria das medidas de velocidades do vento apresentou valores iguais ou próximos de zero, isto ocorreu devido à região, onde se realizou o experimento, estar localizada entre montanhas.

Com o intuito de se conseguir um valor de IBC o mais próximo possível da condição do ambiente da sala e do animal, foi adotado um valor fixo de velocidade do vento de 0,01 m/s para todas as médias, com o objetivo de diminuir a influência da velocidade do vento no cálculo do IBC e pelo fato do valor adotado estar próximo dos encontrados na época em que foi realizado o experimento. Porém tem que se salientar que quanto maior o valor da velocidade, menor o valor do IBC.

3.3. Respostas fisiológicas dos animais

3.3.1. Frequência respiratória (FR) e temperatura retal das matrizes (TR)

O Quadro 4 apresenta o resumo das análises de variância referentes aos efeitos dos tratamentos experimentais: piso aquecido dos leitões e resfriado para as matrizes, com animais (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas, com animais (PRCA) e piso sem modificação S₂, com animais (PSMCA); com cinco repetições de cada, e do período (P) – manhã e tarde – com relação às médias de frequência respiratória (FR) e da temperatura retal (TR) das matrizes. Os dados médios obtidos no experimento para essas variáveis se encontram nos Quadros 5 e 6C do apêndice C.

De acordo, com o quadro 4, pode-se observar que houve diferença significativa entre os tratamentos (T) para (P<0,05) apenas para a frequência respiratória (FR) das matrizes. O período (P), caracterizado pela manhã e tarde apresentou diferenças significativas entre os tratamentos tanto para a (FR) como (TR) das matrizes para (P<0,01). Com relação à interação TxP houve diferença significativa para (P<0,01) entre os tratamentos, apenas com relação à frequência respiratória (FR).

Quadro 4 – Resumo da análise de variância referente ao efeito do período (P) e dos tratamentos T, sobre a frequência respiratória (FR) e a temperatura retal das matrizes (TR)

FV	GL	Quadrados médios	
		FR	TR
Trat.	2	746,2333*	0,0301
Resíduo A	12	156,2833	0,2139
P	1	662,7000**	2,3130**
T x P	2	126,1000**	0,1152
Resíduo B	12	15,55	0,0309
CV %	Parcela (T)	43,46	1,19
	Subparcela (P)	13,71	0,45

* e **Significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F.

No Quadro 5, encontra-se as médias da frequência respiratória das matrizes, em respiração por minuto, para cada tratamento nos períodos da manhã (8:00h) e da tarde (15:00h).

No período da manhã, não houve diferença significativa entre as médias da FR das matrizes, ocorrendo apenas na parte da tarde entre os tratamentos PRCA e PCARA em relação a PSMCA.

Quadro 5 – Valores médios da frequência respiratória das matrizes (FR), em respirações por minuto, com relação ao período de observação (manhã e tarde) para os tratamentos

Período	Tratamentos		
	PRCA	PCARA	PSMCA
Manhã	19,80 Ba	22,60 Ba	29,80 Ab
Tarde	25,00 Ba	28,00 Ba	47,10 Aa

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

No Quadro 6C do apêndice C, através das médias da FR dos tratamentos, pode-se verificar que os valores encontrados nos tratamentos PRCA e PCARA, mesmo nos períodos de temperaturas elevadas, mantiveram-se dentro da faixa de controle térmico citados por CARVALHO (1981) que considerou como padrão fisiológico normal para matrizes em lactação, a temperatura retal entre 37,8 e 39,4 °C e a frequência respiratória na faixa de 10 a 40 movimentos respiratórios por minuto, confirmando o descrito em itens anteriores sobre o comportamento dos animais. Já para o tratamento PSMCA algumas matrizes atingiram valores acima dos relatados por CARVALHO (1981), evidenciando desconforto térmico para as mesmas.

Quanto à TR, não foi observada diferença entre os tratamentos a 5% de probabilidade, conforme mostra o Quadro 6.

Tomando-se como base os valores citados por CARVALHO (1981), todos os tratamentos, apresentaram valores médios de temperaturas retais dentro da faixa de limite de conforto térmico. Analisando a TR média de cada matriz, no Quadro 7C do apêndice C, pode-se verificar que alguns valores apresentaram-se um pouco acima de 39,4°C no período da tarde para os tratamentos PCARA e PSMCA; valores estes que não

proporcionaram desconforto térmico para as matrizes do tratamento PCARA; o mesmo não podendo dizer do tratamento PSMCA.

Quadro 6 – Valores médios da temperatura retal das matrizes (TR), em °C, com relação ao período de observação (manhã e tarde) para os tratamentos

Período	Tratamentos		
	PRCA	PCARA	PSMCA
Manhã	38,75 B	38,59 B	38,46 B
Tarde	39,06 A	39,23 A	39,17 A

Médias seguidas com pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Todas as matrizes no período da tarde apresentaram uma elevação na TR e na FR, provocada pela elevação da temperatura ambiente que evidenciou desconforto térmico nas matrizes, pois segundo ESMAY (1969), em condições de estresse por calor, as porcas primeiro aumentam a frequência respiratória na tentativa de manter a homeotermia. Persistindo o estresse, por meio de mecanismos fisiológicos de eliminação de calor, aumentam a temperatura corporal, refletida por meio da TR. Como apenas as porcas dos tratamentos PSMCA apresentaram elevação da frequência térmica acima dos valores citados por CARVALHO (1981), subentende-se que utilizaram o primeiro mecanismo na tentativa de manter a homeotermia chegando à utilização do segundo mecanismo de elevação da temperatura corporal apenas algumas vezes. Já o tratamento PCARA não apresentou valores de FR acima do conforto térmico e, no entanto apresentou algumas vezes TR acima do limite estipulado por CARVALHO (1981), onde pode-se constatar que tal aumento da TR pode ter sido ocasionado por outros motivos, tais como: obtenção de leituras após a alimentação, longo período em pé sem contato com o piso resfriado e o não atendimento da demanda do sistema de resfriamento da água devido às altas temperaturas ambientes e número elevado de matrizes utilizando o sistema ao mesmo tempo.

3.3.2 – Ganho de peso diário dos leitões (GPDL)

Os dados médios do ganho de peso diário dos leitões (GPDL), em relação à idade (I), sob efeito dos tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as matrizes, com animais (PCARA); piso sem aquecimento para leitões e resfriado para as matrizes, com animais (PRCA) e piso sem modificação S₂, com animais (PSMCA); estão apresentados no Quadro 8C Apêndice C. O resumo da análise de variância está apresentado no Quadro 7.

Como pode ser observado no Quadro 7, com base no ganho de peso diário dos leitões (GPDL), não houve diferença significativa entre os tratamentos (T) e na interação (TxI), a 5% de probabilidade. Quanto aos intervalos de idade (I) foi apresentado diferença significativa a 1% de probabilidade.

Quadro 7 – Resumo da análise de variância referente ao efeito dos tratamentos (T) e dos intervalos de idade (I), sobre o ganho de peso diário dos leitões (GPDL)

FV	GL	Quadrados médios
		GPDL
Trat.	2	9630,422
Resíduo A	12	5452,844
I	1	22294,690**
T x I	4	451,922
Resíduo B	24	1231,094
CV %	Parcela	35,63
	Subparcela	16,93

** Significativo 1% de probabilidade, pelo teste F.

No Quadro 8, encontram-se as médias do ganho de peso diário dos leitões (GPDL), em gramas por dia, em função dos intervalos de idade para cada tratamento.

De acordo com o quadro 8, pode-se verificar que estatisticamente só houve diferença significativa no ganho de peso diário (GPDL), com relação à variável intervalo de idade.

Com relação aos tratamentos, apesar de não ter sido constatado diferença significativa para 5% de probabilidade, explicado pelo número de repetições reduzidas, verificou-se que o GPDL dos tratamentos PRCA e PCARA foram de 21,9 e 17,3%,

respectivamente, maior quando comparados aos dos animais alojados no sistema não modificado PSMCA.

Quadro 8 – Valores médios do ganho de peso diário dos leitões (GPDL), em gramas por dia, referentes a intervalos de idade dos leitões para os tratamentos

Idade (dias)	Variação média de ganho de peso diário (g/dia)			Médias
	PRCA	PCARA	PSMCA	
00 - 07	184	175	134	164 b
07 - 14	252	209	195	219 a
14 - 21	262	236	218	239 a
Médias	233 A	207 A	182 A	

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra maiúscula na linha, e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Fazendo uma extrapolação do ganho obtido durante 21 dias pode-se verificar que para as relações:

PRCA – PCARA – o ganho do tratamento PRCA será de aproximadamente 546g em relação ao tratamento PCARA.

PRCA – PSMCA – o ganho do tratamento PRCA será de aproximadamente 1071g em relação ao tratamento PSMCA.

PCARA – PSMCA – o ganho do tratamento PCARA será de aproximadamente 525g em relação ao tratamento PSMCA.

Como pode-se verificar nas relações acima citadas, os tratamentos PRCA e PCARA apresentaram resultados satisfatórios de ganho de peso em relação ao sistema de testemunha PSMCA, obtido por meio das melhores condições ambientais fornecidas para as matrizes. Quanto à relação PRCA – PCARA, ocorreu diferença relevante atribuída à época da realização do experimento, com predominância de temperaturas elevadas; o que veio a favorecer as matrizes do tratamento PRCA. Espera-se que em situações de temperaturas ambientais menos elevadas ocorra o contrário, porque o sistema de aquecimento favorecerá mais os leitões e ao mesmo tempo diminuirá a incidência de calor no microambiente da matriz lactante causado pelo aquecimento. Na relação PCARA – PSMCA o resultado também foi importante fisiologicamente para o tratamento

PCARA, obtido em razão das melhores condições fornecidas para os leitões e matrizes em relação às do tratamento PSMCA.

3.3.3. Peso médio dos leitões (PML), com desmame aos 21 dias de idade

O peso médio dos leitões aos 21 dias de idade, para os tratamentos citados no item 3.3.2., são apresentados nos Quadros 10 e 10C do apêndice C. O resumo da análise de variância é apresentado no Quadro 9.

Observa-se no Quadro 9, com base no peso médio dos leitões aos 21 dias de idade que não houve diferença significativa entre os tratamentos a 5% de probabilidade.

Quadro 9 – Resumo da análise de variância referente ao efeito dos tratamentos (T) sobre a média de peso dos leitões aos 21 dias de idade

FV	GL	Quadrados médios
		PML
Trat.	2	1,8129 ^{n.s.}
Resíduo	12	0,899
CV %		15,79

n.s.: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Embora a análise de variância não tenha detectado diferença significativa entre os tratamentos a 5% de probabilidade, verificou-se que o peso médio dos leitões dos tratamentos PRCA e PCARA foi em média 18,1 e 8,74%, respectivamente, superiores aos dos animais alojados no tratamento sem modificação (PSMCA).

Quadro 10 – Média de peso dos leitões aos 21 dias de idade, em kg

	Média de peso dos leitões aos 21 dias, em kg		
	PRCA	PCARA	PSMCA
Médias	6,63	5,95	5,43

Extrapolando-se estas médias para um plantel de 100 matrizes, com número aleatório de 10 leitões por matriz, ter-se-á um total de 6.630 kg para o tratamento PRCA,

5.950 kg para PCARA e 5.430 kg para PSMCA. Através da diferença entre os tratamentos tem-se:

$$\text{PRCA} - \text{PSMCA} = 1.200 \text{ kg}$$

$$\text{PCARA} - \text{PSMCA} = 520 \text{ kg}$$

Dividindo estes valores de peso de leitões pela média de peso do tratamento PSMCA, obtém-se o número de leitões que seriam necessários para o tratamento PSMCA alcançar os resultados dos tratamentos PRCA e PCARA.

$$\text{PRCA} - \text{PSMCA} = 221 \text{ leitões}$$

$$\text{PCARA} - \text{PSMCA} = 96 \text{ leitões}$$

Logo, para se alcançar o peso total correspondente a 100 matrizes com uma leitegada de 10 leitões do tratamento PRCA, seria necessário um número de aproximadamente 122 matrizes lactantes para o tratamento PSMCA. No caso da relação PCARA e PSMCA seriam necessários aproximadamente 110 matrizes para o tratamento PSMCA conseguir os mesmos valores alcançados pelo tratamento PCARA.

Economicamente, analisando o que representa estes valores de 22 e 10 matrizes a mais, basta computar: o quanto se gasta a mais no arração, com medicamentos para as matrizes e leitões, gasto com energia elétrica, custos fixos e de mão-de-obra no período compreendido entre a gestação e lactação de aproximadamente 131 dias.

ROPPA (1996) classificou o desempenho dos leitões na maternidade como: bom, quando na desmama (21 dias) o peso médio for superior a 6,0 kg; médio entre 5,7 e 6,0 kg; e ruim quando for inferior a 5,7 kg. Com base nos dados do Quadro 9, foi efetuada a classificação do peso médio dos leitões para avaliação do desempenho de cada tratamento.

Quadro 9 – Peso médio dos leitões (PML) na época do desmame (21 dias), seguindo a classificação de ROPPA (1996)

Repetições	Média de peso dos leitões aos 21 dias de idade, em kg		
	PRCA	PCARA	PSMCA
1	7,33 B	6,68 B	4,61 R
2	5,91 M	6,37 B	6,81 B
3	7,93 B	4,26 R	5,02 R
4	6,62 B	6,4 B	5,39 R
5	5,38 R	6,02 B	5,34 R

B – bom; M – médio; R – ruim.

Como pode-se observar nos tratamentos PRCA e PCARA apenas 20% das matrizes estudadas apresentaram médias consideradas ruins, sendo que as matrizes do tratamento PSMCA ocorreram o contrário; ou seja, 80% apresentaram-se com a classificação ruim, significando dizer que as modificações proporcionaram uma melhora significativa no desempenho das matrizes.

RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivando-se avaliar o comportamento fisiológico e os índices zootécnicos das matrizes lactantes e leitões, com a utilização dos sistemas de resfriamento e aquecimento de piso, respectivamente, este trabalho foi realizado no Departamento de Zootecnia (DZO) da UFV, nos meses de abril a junho de 2002. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições para os seguintes tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as matrizes (PCARA), piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as matrizes (PRCA) e piso sem modificação na sala S_2 (PSMCA). As matrizes utilizadas no experimento eram mestiças Landrace x Large White em número total de quinze, alojadas em duas salas, tendo cada uma capacidade para oito animais. Na sala designada S_1 onde foram efetuadas as modificações, avaliou-se os parâmetros térmicos e fisiológicos das matrizes dos tratamentos PRCA e PCARA. Na sala designada S_2 sem modificações, avaliou-se os parâmetros das matrizes do tratamento PSMCA. Os parâmetros térmicos avaliados foram: temperaturas de bulbo seco, temperaturas de bulbo úmido, temperaturas de globo negro e velocidade do ar no interior de cada gaiola de parição, para obtenção do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), da carga térmica radiante (CTR), umidade relativa do ar (UR), índice bioclimático (IBC) e as temperaturas dos pisos de hora em hora até os vinte e um dias de idade dos leitões. Os índices fisiológicos e zootécnicos avaliados foram: frequência respiratória (FR); temperatura retal (TR) das matrizes nos períodos da manhã e tarde durante dezessete dias e as temperaturas na parte inferior e superior das matrizes quando em contato com o piso, no intervalo das 8:00 às 18:00 horas, de hora em hora, durante dezessete dias; ganho de peso diário dos leitões (GPD) e peso médio dos leitões (PML), do primeiro dia pós-parto até o desmame, aos 21 dias.

A partir dos resultados chegou-se às seguintes conclusões:

- Baseado em mudanças fisiológicas e comportamentais das matrizes pode-se concluir que com a utilização do sistema de resfriamento do piso, independente do aquecimento ou não do piso dos leitões, pode-se adotar um limite superior de conforto térmico para as matrizes lactantes acima do encontrado por outros autores em experimentos semelhantes.

- O tratamento PRCA foi o que proporcionou as melhores condições térmicas ambientais e fisiológicas para as matrizes lactantes seguido pelo tratamento PCARA.

- Os animais do tratamento PCARA não obtiveram desempenhos semelhantes ou superiores aos dos PRCA devido o aquecimento do piso do leitão juntamente com a predominância de temperaturas elevadas durante o experimento ter gerado uma elevação no microambiente da matriz. Em condições de valores de temperaturas menos elevadas, espera-se que o tratamento PCARA proporcione um melhor desempenho para os animais, em virtude de o ambiente tornar-se mais favorável aos leitões devido o aquecimento do piso, sem causar interferência relevante no microclima da matriz.

- O tratamento PCARA poderá fornecer valores mais uniformes e próximos dos limites de conforto térmico em todos os horários do dia através da: utilização de um sistema mais eficiente de aquecimento da água com controle automático de temperatura, melhoria do microclima da sala por meio de fechamento e abertura de cortinas, melhor controle da temperatura de aquecimento da placa através de reduções graduais nas suas temperaturas à medida que os leitões vão se desenvolvendo e somente utilizar o aquecimento nos horários noturnos e em períodos de menores temperaturas.

- O sistema de aquecimento do piso proporcionou um bom conforto térmico para os leitões, verificados pela independência proporcionada aos leitões do tratamento PCARA, que ao contrário dos outros tratamentos que durante e nos intervalos das mamadas mantinham-se amontoados e sempre agindo em grupo.

- O tratamento PCARA devido ao sistema de aquecimento proporcionou um microambiente mais favorável e seco nas gaiolas, o que contribuiu para evitar perdas de calor dos leitões logo após o nascimento, evitando-se assim: aumento da taxa metabólica do animal, desvios de nutrientes, maior susceptibilidade às infecções enterogênicas e morte nas primeiras horas de vida.

RESUMO GERAL E CONCLUSÕES

Objetivou-se com este trabalho fornecer parâmetros térmicos adequados, visando o conforto térmico das matrizes e leitões nas maternidades, para obtenção da máxima quantidade de energia metabolizável disponível para síntese com produção mínima das exigências energéticas de manutenção. Foi realizado nos Departamentos de Engenharia Agrícola (DEA), Engenharia Civil (DEC) e Zootecnia (DZO), da Universidade Federal de Viçosa. Inicialmente, três placas pré-moldadas de argamassa armada foram construídas, utilizando-se métodos distintos, visando à circulação de água resfriada para as matrizes e aquecida para os leitões. A placa designada P_1 foi construída com vazios no formato de serpentinas, em seu interior. Para a placa P_2 , utilizou-se tubo corrugado de polietileno, em forma de serpentinas, embutidos na argamassa armada. Para a placa P_3 , adotou-se o mesmo método de construção da placa P_1 , variando-se apenas a área de circulação de água, já que a mesma, foi construída visando sua utilização para matrizes. Os testes preliminares de desempenho e definição de temperaturas ideais de entrada nas placas foram realizados no Laboratório de Construções Rurais do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA). Para aquisição dos dados, utilizou-se termopares de cobre constatan inseridos nas placas e ligados ao equipamento automático de aquisição de dados da “National Instruments”, que foram armazenados e monitorados com auxílio do programa LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench). Foram construídas 24 placas com tubos embutidos em seu interior, sendo as mesmas adaptadas sobre o piso de uma das salas da maternidade de suínos, no setor de suinocultura do Departamento de Zootecnia (DZO). Para aquecimento e resfriamento da água a ser circulada nas placas, foram utilizados os sistemas a gás e um conjunto motor-compressor

de refrigeração adaptado a uma caixa térmica, respectivamente. As avaliações de desempenho dos animais foram realizadas durante os meses de abril a junho de 2002. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições para os seguintes tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as matrizes (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões, e resfriado para as matrizes (PRCA) e piso sem modificação na sala S₂, com animais (PSMCA). As matrizes utilizadas no experimento foram mestiças Landrace x Large White em número total de quinze, alojadas em duas salas, tendo cada uma capacidade para oito animais. Os parâmetros térmicos avaliados foram: temperaturas de bulbo seco, temperaturas de bulbo úmido, temperaturas de globo negro e velocidade do ar no interior de cada gaiola de parição, de hora em hora, durante os vinte e um dias do nascimento até o desmame, para obtenção: do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU); carga térmica radiante (CTR); umidade relativa do ar (UR); índice bioclimático (IBC) e temperaturas dos pisos. Os índices fisiológicos e zootécnicos avaliados foram: frequência respiratória (FR) e temperatura retal (TR) das matrizes nos períodos da manhã e da tarde durante dezessete dias; temperaturas na parte inferior e superior do corpo das matrizes quando em contato com o piso, no intervalo das 8:00 às 18:00 horas, de hora em hora, durante dezessete dias; ganho de peso diário dos leitões (GPDL) e peso médio dos leitões (PML), do primeiro dia pós-parto até a desmama, aos 21 dias.

A partir dos resultados chegou-se as seguintes conclusões:

- As placas P₁ e P₂ apresentaram desempenhos semelhantes, porém em situações distintas; ou seja, uma no aquecimento e outra no resfriamento. Apesar da semelhança de desempenho, chegou-se à conclusão que a utilização da placa P₂ seria mais recomendável devido à maior facilidade de construção e a seu menor custo.
- O uso do tubo corrugado, apesar de funcionar como um isolante, apresentou as seguintes vantagens: elevação da inércia térmica da placa, facilidade de construção, redução do custo de construção e menor probabilidade de vazamento.
- Apesar dos valores dos índices ambientais terem apresentado algumas vezes acima dos valores da faixa de conforto térmico, encontrado por outros autores em experimentos semelhantes, não foram verificadas mudanças fisiológicas e comportamentais das matrizes dos tratamentos PRCA e PCARA.

- Com base nas temperaturas na parte inferior e superior das matrizes, obtida com a utilização dos sistemas propostos, representados pelos tratamentos PCARA e PRCA, pode-se concluir que ambos os sistemas apresentaram uma eficiência satisfatória, que sua maior ou menor eficiência só dependerá do controle da temperatura da entrada de água na placa, ou seja, só dependerá da eficiência do sistema de aquecimento e resfriamento da água.

- Baseado em mudanças fisiológicas e comportamentais das matrizes pode-se concluir que com a utilização do sistema de resfriamento do piso, independente do aquecimento ou não do piso dos leitões, pode-se adotar um limite superior de conforto térmico para as matrizes lactantes acima do encontrado por outros autores em experimentos semelhantes.

- O tratamento PRCA foi o que proporcionou as melhores condições térmicas ambientais e fisiológicas para as matrizes lactantes seguido pelo tratamento PCARA.

- Os animais do tratamento PCARA não obtiveram desempenhos semelhantes ou superiores aos dos PRCA devido ao aquecimento do piso do leitão juntamente com a predominância de temperaturas elevadas durante o experimento ter gerado uma elevação no microambiente da matriz. Em condições de valores de temperaturas menos elevadas, espera-se que o tratamento PCARA proporcione um melhor desempenho para os animais, em virtude de o ambiente tornar-se mais favoráveis aos leitões, devido ao aquecimento do piso, sem causar interferência relevante no microclima da matriz.

- O tratamento PCARA poderá fornecer valores mais uniformes e próximos dos limites de conforto térmico, em todos os horários do dia, através da: utilização de um sistema mais eficiente de aquecimento da água com controle automático de temperatura, melhoria do microclima da sala por meio de fechamento e abertura de cortinas, melhor controle da temperatura de aquecimento da placa através de reduções graduais nas suas temperaturas à medida que os leitões vão se desenvolvendo; e somente utilizar o aquecimento nos horários noturnos e em períodos de menores temperaturas.

- O sistema de aquecimento do piso proporcionou um bom conforto térmico para os leitões, verificado pela independência proporcionada aos leitões do tratamento PCARA, que ao contrário dos outros tratamentos, que durante e nos intervalos das mamadas, mantinham-se amontoados e sempre agindo em grupo.

- O tratamento PCARA, devido ao sistema de aquecimento, proporcionou um microambiente mais favorável e seco nas gaiolas, o que contribuiu para evitar perdas de calor dos leitões logo após o nascimento, evitando-se assim: aumento da taxa metabólica do animal, desvios de nutrientes, maior susceptibilidade às infecções enterogênicas e morte nas primeiras horas de vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P.G. **Sistemas de aquecimento em piso, com resistência elétrica, para criação de aves.** Viçosa, MG: UFV, 1998. 105p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- BAÊTA, F.C., SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal.** Viçosa, MG: UFV, 1997 . 246p.
- BALLARIN, A . W . **Argamassa Armada** : Definição, Histórico e Desenvolvimento. São Paulo: ABCP, 1987. 39p. (ET – 88).
- BALSBAUGH, R.K., CURTIS, S.E., MEYER, R.R. et al. Cold resistance and environmental temperature preference in diarrheic piglets. **Journal Animal Science**, Champaign, v.62, p.315-326, 1986.
- BARB,C.R.; ESTIENNE,M.J; KRAELING,R.R. et al. Endocrine changes in sows exposed to elevated ambient temperature during lactation. **Domestic Animal Endocrinology**. v. 8, p.117-127,1991.
- BENEDI, J.M.H. **El ambiente de los alojamientos ganaderos.** Madrid: Ministério da Agricultura, Pesca y Alimentacion, Servicio de Extension Agrária, 1986. 28p.
- BUCHER, M. R. E. **Argamassas.** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1987.
- BUFFINGTON, C.S., COLLAZO–AROCHO, A, CANTON, G.H. et al. Black globe humidity comfort index for dairy cows. **American Society Agricultural Engineers**. St. Joseph, 1977. 19p. (Paper 77 – 4517).
- CARVALHO, L.F.O.S. **Determinação dos padrões normais e da influência do sexo, do período de cio, da gestação, do parto e da raça sobre a frequência respiratória, frequência cardíaca e temperatura retal de suínos (Sus Scrofe) criados no Estado de São Paulo.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1981. 43p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 1981.
- CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture.** AMES. The Iowa State University, 1983.409 p.

- DANTZER, R., MORMÉDE,P. Can physiological criteria be used to assess welfare in the pigs. In: THE WELFARE OR PIGS, 1980. Brussels. **Proceedings...** Zeist. p.53-73.
- DIVIDICH, J.Le., NOBLET,J. Prise de colostum, thermoregulation et production de chalem chez le precelet nouvea-né en relation avec le milieu thermique. **Journée de lá Recherche Porcine en France**, Paris, p.11-16,1981.
- DIVIDICH, J.Le., Performance du porc en croissance: finition en relation avec le milieu climatique. **Journée Nationale du Porc**, Toulouse, p. 13-14, 1982.
- EDWARDS, R.L., OMTVEDT, I.T., TURMAN, E.J. et al. Reproductive performance of gilts following heat stress prior to breeding and en early gestation. **Journal Animal Science**. Champaign, v.28, p.1634-1638, 1968.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environmental**. Environmental Engineering in Agriculture and Food Series. The AVI Publishing Company, Inc. 1969 . 325p.
- FLORES,B.; CANTLEY,T.C.; MARTIN,M.J.; DAY,B.N. Effect of elevated ambient temperatures on puberty in gilts. **Journal animal Science**. v.67, p.779-784, 1989.
- HANAI, J.B. de. **Construções de argamassa armada**: Fundamentos Tecnológicos para o Projeto e Execução. São Paulo: Pini, 1992, 189p.
- HEARD, R.L., FROEHICH, D.P., CHRISTIANSON, L.L. et al. Snout cooling effects on sows and litters. **Transaction of the ASAE**. St. Joseph, v. 29, n. 4, p.1097-1101, 1986.
- HOMEM, A.C.F. **Ferrocimento (Técnicas de construção)**. Viçosa, MG: UFV., 1993. 27P. (UFV Boletim de Extensão, 37).
- IBTS – INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS. **Telas soldadas**. Informações Técnicas. Catálogo Técnico.
- KELLY, T.G.,DOD, V.A.,RUANE, D.J., et al. An assessment of the influence of some housing designs and environmental factors on calf performance. **Journal Agricultural Engineering Resoucers**, v.30, p.175-184, 1984.
- LIBÓRIO, J.B.L. **Estudo patológico de construções de argamassa armada existentes no Brasil**. São Carlos, 1989. 322p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – EESC/USP.
- LOVE,R.J.; KLUPIEC,C.; THORNTON,E.J., EVAN,G. An interaction between feeding rate and season affects fertility of sows. **Animal Reproduction Science**. v.39, p.275-284, 1995.

- MORES, N; SOBERTIANSKY, J; WENTZ, I; MORENO, A . M. Manejo do leitão desde o nascimento até o abate. In: SOBESTIANSKY, I.; WENTZ, I., SILVEIRA, P.R.S.; SESTI, L.A . C. **Suinocultura Intensiva**. Embrapa, 1998 – p. 135-161.
- MOUNT,L.E. **Adaptation of swine**. In: Adaptation of domestic animals. Lea & Febiger. Philadelphia, 1968. p.277-91.
- MUIRHEAD,M.; ALEXANDER,T. **Managing pig health and the treatment of disease**. A reference for the farm. Sheffield: 5M Enterprises, 1997. 608p
- NECOECHEA, A.R. Doenças e meio ambiente. **Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, v. 8, n. 8, 1986. p.13-26.
- NEVILLE, A.M. **Propriedade do concreto**. Trad. Salvador E. Giameno. São Paulo: Pini, 1982.
- PAES, J. L. R. **Contribuição ao projeto de elementos pré-fabricados de argamassa armada com ênfase na durabilidade**. Universidade Federal Fluminense, UFF. Niterói – RJ. 1994. 275p. Dissertação de mestrado
- PERDOMO, C.C. **Avaliação de sistemas de ventilação sobre o condicionamento ambiental e o desempenho de suínos na fase de maternidade**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 1995. 239p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.
- PERDOMO, C.C., KONZEN, E.A., SILVA, A.P. **Curso de atualização sobre a produção de suínos, 4**. Concórdia, SC: CNPSA-EMBRAPA, 1985.
- PEREIRA, A.M. Stress calórico em poederas comerciais. In: Seminário de postura comercial. Campinas: Guabi, **Anais...** 1991. P.133-146.
- PETRUCCI, E.G.R., **Concreto de cimento Portland**. ver. Vladimir Antônio Paulon. Globo. São Paulo, S.P., 13 ed, 1998.
- PHILLIPS, C.; PIGGINS, P. **Form animal and the environment**. Wallingford: CAB-Internacional, 1992, 430p.
- QUEVEDO, A.C., Bem-estar a ciência diz que sim. **Suinocultura Industrial**. Porto Feliz, S.P., n.141, p 18-26, 1999.
- ROSSEAU, P., CHARRIER, P., CHOSSON, C. et al. Absence de renouvellement de l'air dans un module de porcherie experimentale: evolution des parametres climatiques et physiologiques. **Journées de la Recherche Porcine en France**, Paris, v.21, p.253-260, 1989.

- SARTOR, V. **Efeito do resfriamento evaporativo e da ventilação forçada no conforto térmico ambiental de verão, em maternidade de suínos.** 1997 – 76p.: il. Dissertação (Doutorado em Zootecnia). Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- SILVA, I.J.O. Qualidade do ambiente e instalações na produção industrial de suínos. In: Simpósio Internacional de Suinocultura, 1999, São Paulo. **Anais...** São Paulo, Sp: Gessuli, 1999. P. 108 – 121.
- SOBERTIANSKY, J; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R. **Manejo suinocultura aspectos sanitários, reprodutivos e de meio ambiente.** Concórdia, SC: EMBRAPA, 1987. 187P. (EMBRAPA Circular Técnico, 7)
- STEINBACH, J. Reproductive performance of high-producing pigs under tropical conditions. **World Animal Review**, Roma, v.19, p.43-47, 1976.
- SUMMERS, A.J. El calentamiento de piso reduce los costos de cria. **Indústria Avícola**, v.32, p.26-9, 1985.
- SVENDSEN, J., BILLE, N. Reducing baby pig mortality. In: LEMMAN, A.D., GLOCK, R.D., MENGELING, W.L. et al. **Disease of Swine.** 5. Ed. Ames, The Iowa State University Press. p.729-736, 1981.
- TALAMINI, D.J.D., Suinocultura em números. **Suinocultura Industrial.** Porto Feliz, S.P., n.139, p 42, 1999.
- TEIXEIRA, V.H.; TEIXEIRA, A . S.; FERREIRA, L. Influência do resfriamento adiabático evaporativo no desempenho de matrizes e leitegadas em maternidade de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XXVII, Poços de Caldas, 1998. **Anais...** UFPA: SBEA. U. p. 237-239- 1998.
- TEXIER, C.; FARCE, B., GRANIER, R. Influence des variations des principaux facteurs de l'ambiance na porcherie d'engraissement. **Journie de lá Recherch Porcine en France**, Paris, p. 153-164, 1979.
- TINÔCO, I.F.F. Estresse Calórico - meios naturais de condicionamento. In.: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995 Campinas, SP. **Anais...** - Campinas, SP. FACTA, 1995.P.99-108.
- TURCO, S. H. N. **Modificações das condições ambientais de verão, em maternidade de suínos.** Viçosa, MG: UFV, 1993. 58p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- TURCO, S.H.N. **Análise de sistemas de acondicionamento térmico em maternidade para suínos.** Viçosa: UFV, 1997, 93p.: il. (Dissertação Doutorado em Zootecnia). Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 1997.

VEIT, H.P., TROUTT, H.F. Monitoring air quality for livestock respiratory health. **Veterinary Medicine and Small Animal Clinician**, Lenexa, v.77, p.454-464, 1982.

VIANELO, R.L., ALVES, R.L. **Meteorologia básica e aplicações**. Imprensa Universitária. Viçosa, UFV, 1991. 449 p.

XUE, J.L., DIAL, G.D.; MARSH, W.E. et al. Multiple manifestation of season on reproductive performance of commercial swine. In: CONGRESS OF INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY, 12, 1992 Netherland. **Proceeding...** p.540.

APÊNDICE

Quadro 1A – Valores das temperaturas das placas P₁ e P₂, em °C, com uma temperatura de entrada de água na placa de 42 °C, durante uma hora

Tempo(min)	TP1	TP2	Tempo(min)	TP1	TP2
1	21,8	21,16	31	37,39	37,04
2	22,96	21,18	32	37,47	37,08
3	24,39	21,47	33	37,49	37,2
4	25,73	23,05	34	37,69	37,29
5	27,15	25,18	35	37,73	37,37
6	28,48	27,07	36	37,85	37,55
7	29,53	28,66	37	38,04	37,67
8	30,28	29,96	38	38,14	37,71
9	31,12	30,97	39	38,07	37,83
10	31,76	31,95	40	38,18	37,87
11	32,26	32,84	41	38,28	37,84
12	32,9	33,5	42	38,41	37,92
13	33,3	34,04	43	38,43	37,93
14	33,87	34,41	44	38,58	38,01
15	34,14	34,65	45	38,69	38,11
16	34,6	34,92	46	38,75	38,01
17	34,83	35,21	47	38,92	38,11
18	35,14	35,38	48	39,06	38,35
19	35,52	35,65	50	39,15	38,18
20	35,72	35,8	51	39,21	38,28
21	35,91	36,09	52	39,24	38,27
22	35,92	36,17	53	39,29	38,22
23	36,15	36,32	54	39,34	38,34
24	36,38	36,45	55	39,42	38,44
25	36,46	36,52	56	39,52	38,47
26	36,68	36,64	57	39,58	38,48
27	36,89	36,8	58	39,55	38,5
28	36,97	36,95	59	39,6	38,48
29	37,2	37,07	60	39,66	38,5
30	37,24	37,08			

Quadro 2A – Valores das temperaturas das placas P₁ e P₂, em °C, após o interrompimento da entrada de água na placa, após a mesma, ter atingido a estabilidade com a temperatura de entrada de água a 42 °C

Tempo(min)	TP2	TP2	Tempo(min)	TRP2	TRP1
1	36,81	36,83	31	33,64	35,37
2	36,59	36,74	32	33,52	35,37
3	36,58	36,61	33	33,45	35,21
4	36,44	36,51	34	33,45	35,36
5	36,28	36,4	35	33,31	35,03
6	36,12	36,34	36	33,23	35,28
7	35,97	36,79	37	33,16	35,09
8	35,96	36,48	38	33,11	35,11
9	35,74	36,24	39	32,92	34,83
10	35,7	36,21	40	32,82	34,99
11	35,69	36,07	41	32,75	34,74
12	35,45	36,18	42	32,85	34,62
13	35,35	36,03	43	32,76	34,85
14	35,18	36,04	44	32,68	34,71
15	35,11	36,37	45	32,62	34,53
16	35,06	36,13	46	32,48	34,5
17	34,83	35,91	47	32,55	34,52
18	34,69	35,93	48	32,4	34,42
19	34,64	35,65	50	32,36	34,52
20	34,56	35,76	51	32,29	34,44
21	34,53	35,98	52	32,2	34,42
22	34,37	36,24	53	32,17	34,57
23	34,32	35,72	54	32,06	34,91
24	34,33	35,53	55	31,99	34,55
25	34,15	35,47	56	31,97	34,33
26	34,08	35,5	57	31,91	34,23
27	33,92	35,25	58	31,68	34,16
28	33,8	35,44	59	31,76	34,13
29	33,73	35,34	60	31,75	34,11
30	33,69	35,43			

Quadro 1B – Temperaturas médias na parte superior das matrizes deitadas, em °C, em função dos horários das 8:00 às 18:00 horas, com duas repetições durante dezessete dias consecutivos a partir do quarto dia pós-parto até o vigésimo dia de lactação, para os seguintes tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA) e piso sem modificação (PSMCA)

Horas	Tratamentos		
	PCARA	PRCA	PSMCA
08:00	30,05	28,06	32,2
09:00	30,13	28,87	32,57
10:00	29,98	29,06	32,87
11:00	31,36	29,47	33,45
12:00	31,32	29,69	33,9
13:00	31,44	29,95	33,9
14:00	31,83	30,34	34,21
15:00	32,03	30,76	34,5
16:00	32,19	31,46	34,91
17:00	32,37	31,08	35,14
18:00	31,99	30,77	35,08

Quadro 2B – Temperaturas médias debaixo das matrizes quando deitadas sobre o piso, em °C, em função dos horários das 8:00 às 18:00 horas, com duas repetições durante dezessete dias consecutivos a partir do quarto dia pós-parto até o vigésimo dia de lactação, para os seguintes tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA) e piso sem modificação (PSMCA)

Horas	Tratamentos		
	PCARA	PRCA	PSMCA
08:00	20,92	19,4	31,79
09:00	21,32	20,05	32,13
10:00	21,76	20,57	32,6
11:00	22,09	20,66	33,06
12:00	22,53	20,94	33,52
13:00	22,65	21,42	33,69
14:00	22,9	21,96	33,99
15:00	23,03	22,23	34,29
16:00	23,15	22,41	34,64
17:00	22,55	21,93	34,88
18:00	22,08	21,62	34,97

Quadro 1C – Resumo das análises de variância referentes aos efeitos do tratamento (T) e da hora do dia (H) em relação à média horária do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU); da carga térmica de radiação (CTR), em $W.m^{-2}$; e da umidade relativa do ar (UR), em porcentagem

FV	GL	Quadrados Médios		
		ITGU	CTR	UMIDADE
T	2	7,2569	259,593	1326,933
Residuo (a)	12	63,6655	2176,24	516,538
H/T1	23			
Linear	1	350,994**	6984,67**	353,063**
Quadrat.	1	995,758**	20538,8**	1827,29**
Cúbica	1	286,722**	6517,03**	716,313**
Quártica	1	287,808**	6152,37**	351,646**
Quíntica	1	37,2888**	1132,18**	395,999**
Sêxtupla	1	25,8999**	650,540**	8,5804
F/AJUST.	17	0,7307	13,7437	6,7567
H/T2	23			
Linear	1	386,011**	7333,43**	678,263**
Quadrat.	1	1014,55**	19606,7**	1264,43**
Cúbica	1	322,042**	6754,45**	400,231**
Quártica	1	311,550**	6181,69**	99,0282**
Quíntica	1	41,8990**	1054,94**	36,9962**
Sêxtupla	1	38,8003**	886,483**	12,8828
F/AJUST.	17	0,6907	14,4903	3,4088
H/T3	23			
Linear	1	280,767**	5491,01**	416,162**
Quadrat.	1	843,037**	20876,7**	2427,88**
Cúbica	1	255,602**	5973,86**	539,577**
Quártica	1	255,007**	5962,82**	151,442**
Quíntica	1	20,2449**	858,952**	94,2554**
Sêxtupla	1	29,3661**	935,422**	4,8159
FAJUST.	17	0,677	12,1548	2,4904
Residuo (b)	276	0,8153	17,17108	13,16452

* e ** Significativos 5 % e 1% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 2C – Valores médios das cinco repetições (média de dezessete leituras) do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) em função da hora do dia para os tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA); piso sem modificação (PSMCA); sala modificada (S₁) e sem modificações (S₂)

Horas	Tratamentos				
	PCARA	PRCA	PSMCA	S2	S1
00:00	64,7	64,21	65,28	61,24	63,24
01:00	64,22	63,85	64,62	60,99	62,79
02:00	63,81	63,18	64,01	60,6	61,68
03:00	63,48	62,91	63,8	59,35	60,37
04:00	63,46	62,87	63,8	59,25	60,03
05:00	63,34	62,72	63,66	59,02	59,82
06:00	64,09	63,41	64,31	60,35	60,21
07:00	65,76	64,76	65,73	62,62	62,09
08:00	68,44	67,72	68,59	64,03	63,89
09:00	70,75	71,17	70,55	64,71	64,87
10:00	71,98	71,62	71,87	66,97	67,14
11:00	73,32	73,22	72,87	67,59	68,28
12:00	74,04	73,78	73,97	68,07	68,57
13:00	74,65	74,48	74,08	68,38	69,07
14:00	74,86	74,74	74,14	69,84	70,37
15:00	74,6	74,36	73,87	70,34	70,34
16:00	73,54	73,09	72,94	70,05	70,48
17:00	71,64	71,06	71,16	69,25	69,28
18:00	69,62	69,18	69,47	69,2	68,83
19:00	68,36	68,11	68,3	67,98	68,07
20:00	67,47	67,04	67,59	66,77	66,93
21:00	66,71	66,44	66,92	65,29	65,96
22:00	66,12	65,7	66,33	63,55	64,78
23:00	65,79	65,29	65,58	62,54	63,39

Quadro 3C – Valores médios das cinco repetições (média de dezessete leituras) da carga térmica radiante (CTR), em $W.m^{-2}$, em função da hora do dia para os tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA); piso sem modificação (PSMCA); sala modificada (S_1) e sem modificações (S_2)

Horas	Tratamentos				
	PCARA	PRCA	PSMCA	S2	S1
00:00	406,35	404,2	407,19	402,54	395,37
01:00	404,31	402,6	405,28	401,32	393,2
02:00	402,38	399,99	403,62	400,54	391,83
03:00	400,93	398,32	402,13	399,52	388,55
04:00	400,9	398,2	402,33	398,51	381,23
05:00	400,25	397,54	401,44	390,07	376,88
06:00	402,98	400,19	404,75	387,31	386,96
07:00	409,33	405,41	410,06	397,97	389,55
08:00	420,34	417,23	421,44	410,13	403,15
09:00	431,93	428,98	432,13	413,47	407,73
10:00	438,66	435,79	439,58	424,37	419,03
11:00	445,6	443,57	446,06	428,38	425,98
12:00	449,25	447,07	452,25	430,72	427,56
13:00	452,64	450,46	452,54	433,6	430,77
14:00	453,56	451,55	452,3	444,16	439,34
15:00	451,72	449,2	450,24	446,95	439,13
16:00	446,59	442,97	444,84	444,66	440,31
17:00	436,71	433,12	434,89	438,96	432,06
18:00	427,78	425,49	427,01	438,23	429,37
19:00	422,09	420,63	421,47	434,58	424,58
20:00	418,07	416,08	417,71	429,36	416,99
21:00	414,49	413,74	414,84	422,99	409,92
22:00	411,97	410,24	411,83	417,49	401,38
23:00	410,55	408,11	408,08	409,83	390,35

Quadro 4C – Valores médios das cinco repetições (média de dezessete leituras) da umidade relativa do ar (UR), em porcentagem, em função da hora do dia para os tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA); piso sem modificação (PSMCA); sala modificada (S₁) e sem modificações (S₂)

Horas	Tratamentos				
	PCARA	PRCA	PSMCA	S2	S1
00:00	89,22	84,18	85,44	82,07	83,23
01:00	89,52	85,05	85,73	82,75	83,98
02:00	89,47	84,72	84,41	81,43	83,56
03:00	89,3	83,93	84,31	81,23	83,08
04:00	89,15	83,21	84,02	80,77	82,68
05:00	88,81	83,09	83,75	80,55	82,45
06:00	88,8	82,76	81,96	79,82	81,12
07:00	88,56	81,45	80,12	79,26	81,97
08:00	86,86	80,44	78,42	78,74	81,82
09:00	85,01	77,09	77,29	76,83	80,35
10:00	81,35	75,75	75,6	71,27	70,83
11:00	78,92	74,15	72,98	67,54	65,56
12:00	76,94	72,88	71,66	65,21	62,84
13:00	74,83	72,47	69,92	63,18	60,3
14:00	74,59	71,88	69,29	54,69	55,21
15:00	74,43	70,38	69,57	55,03	54,97
16:00	75,01	72,71	71,87	55,25	57,82
17:00	79,09	73,99	73,89	60,81	63,91
18:00	83,56	76,27	76,68	62,64	63,33
19:00	86,33	77,58	77,8	65,5	68,77
20:00	87,98	77,84	79,4	69,09	74,68
21:00	88,05	78,33	82,1	73,55	77,81
22:00	88,7	81,64	84,84	78,87	80,17
23:00	89,08	82,55	85,25	81,07	82,75

Quadro 5C - Valores médios da frequência respiratória das matrizes (FR), em respirações por minuto, em função do período do dia para os respectivos tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA) e piso sem modificação (PSMCA)

Tratamentos	Período	Repetições (médias de dezessete leituras)				
		1	2	3	4	5
PRCA	manhã	20	21	21	18	19
	tarde	28	25	25	23	24
PCARA	manhã	23	20	21	23	26
	tarde	34	23	26	24	33
PSMCA	manhã	49	21	24	27	28
	tarde	78	32	36	38	53

Quadro 6C - Valores médios da temperatura retal das matrizes (TR), em °C, em função do período do dia para os respectivos tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA) e piso sem modificação (PSMCA)

Tratamentos	Período	Repetições (médias de dezessete leituras)				
		1	2	3	4	5
PRCA	manhã	39,21	39,03	38,62	38,82	38,08
	tarde	39,4	39,34	39,19	38,91	38,48
PCARA	manhã	38,61	38,7	38,67	38,99	38
	tarde	39,26	38,98	39,48	39,44	38,99
PSMCA	manhã	39,04	38,43	38,3	38,22	38,29
	tarde	39,51	39,13	39,27	38,66	39,3

Quadro 7C - Valores médios do índice bioclimático (IBC), em função do período do dia para os respectivos tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA) e piso sem modificação (PSMCA)

Tratamentos	Período	Repetições (médias de dezessete leituras)				
		1	2	3	4	5
PRCA	manhã	4,84	3,18	1,81	3,23	2,12
	tarde	9,45	8,26	8,72	9,84	8,3
PCARA	manhã	4,62	4,54	3,02	2,31	3,15
	tarde	8,02	9,52	9,6	8,59	8,92
PSMCA	manhã	5,53	4,93	2,29	4,24	3
	tarde	8,4	9,09	9,68	7,62	9,88

Quadro 8C – Valores médios da variação de peso dos leitões, em g por dia, em função da idade para os respectivos tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA) e piso sem modificação (PSMCA)

Tratamentos	Idade (dias)	Repetições (médias por leitegada, em g)				
		1	2	3	4	5
PRCA	00 - 07	234	118	214	179	176
	07 - 14	296	240	320	273	133
	14 - 21	265	211	332	286	216
PCARA	00 - 07	186	163	140	215	170
	07 - 14	274	238	141	205	188
	14 - 21	245	288	118	270	259
PSMCA	00 - 07	109	245	103	92	119
	07 - 14	146	233	169	228	200
	14 - 21	181	243	234	225	206

Quadro 9C - Valores do ganho médio de peso dos leitões, em g, em função da idade para os respectivos tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA) e piso sem modificação (PSMCA)

Tratamentos	Idade (dias)	Repetições (ganho de peso da leitegada, em g)				
		1	2	3	4	5
PRCA	00 - 07	16370	8200	11950	11250	11050
	07 - 14	20700	16800	16900	17200	8350
	14 - 21	18550	14750	18550	18000	13600
	total	55620	39750	47400	46450	33000
PCARA	00 - 07	12730	11400	9800	15000	11900
	07 - 14	19650	16600	9850	14300	13150
	14 - 21	18950	20150	8200	18900	18090
	total	51330	48150	27850	48200	43140
PSMCA	00 - 07	7610	17150	6450	6400	8300
	07 - 14	10200	16300	10650	15900	13950
	14 - 21	12650	17000	14700	15740	14400
	total	30460	50450	31800	38040	36650

Quadro 10C – Valores de ganho de peso total leitegada, em g, com o respectivo número total de leitões (NTL), e a média durante os 21 dias do nascimento ao desmame, para os tratamentos: piso aquecido para os leitões e resfriado para as porcas (PCARA); piso sem aquecimento para os leitões e resfriado para as porcas (PRCA) e piso sem modificação (PSMCA)

Tratamentos	Repetições (peso total da leitegada, em g)					Total	NTL	Média kg
	1	2	3	4	5			
PRCA	73300	53150	63450	59600	48400	297900	46	6,48
PCARA	66800	63650	42600	64000	60150	297200	50	5,94
PSMCA	46050	68100	45200	53890	53400	266640	49	5,44