
NOTA TÉCNICA:

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

Haroldo Carlos Fernandes¹, Ricardo Fontes Moreira², Paula Cristina Natalino Rinaldi³, Amanda Mirelle Bernardes⁴

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de definir parâmetros térmicos adequados para o projeto de sistemas de resfriamento e aquecimento de pisos, visando ao conforto térmico das matrizes e leitões nas maternidades. 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 sem a presença de tubos. Na placa P_2 , utilizou-se tubo corrugado de polietileno, em forma de serpentinas, embutido na argamassa armada. Na placa P_3 , adotou-se o mesmo método de construção da placa P_1 , variando-se apenas a área de circulação de água. Na placa P_1 atingiu-se uma temperatura superficial de aproximadamente $1\text{ }^\circ\text{C}$ superior à P_2 para uma mesma temperatura da água de entrada nas placas. No entanto, optou-se pela utilização da placa P_2 , em razão da maior facilidade de construção e maior inércia térmica.

Palavras-chave: pisos, suinocultura, conforto térmico.

ABSTRACT

DEVELOPMENT AND EVALUATIONS OF PRE-MOLDED REINFORCED CEMENT PLATES FOR WATER CIRCULATION FOR USE IN SWINE NURSERY

This study was done to define appropriate thermal parameters to provide thermal comfort to lactating sow and piglets in lactating cage. Initially, three pre-molded reinforced cement plates were built using different techniques to circulate cold water for lactating sow and heated water for the piglets. In plate-1 (P_1) the circulation system was built as internal hollow in snakes form. In plate-2 (P_2), a corrugated polyethylene tube in the snake form was embedded in plate. In plate-3 (P_3), the P_1 was adapted to change the area of water circulation. At the same circulating water temperature, the surface temperature of P_1 was about $1\text{ }^\circ\text{C}$ higher than that of P_2 . However, plate P_2 was chosen for use due to construction ease and higher thermal inertia.

Keywords: floor, pig farming, thermal comfort.

Recebido para publicação em 16/03/2010. Aprovado em 08/09/2010.

1- Eng^o Agrícola, Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – MG, email: haroldo@ufv.br

2- Eng^o Mecânico, DS em Engenharia Agrícola. Instituto Mineiro de Agropecuária – Viçosa - MG

3- Eng^o Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola – Mecanização Agrícola, UFV, Viçosa – MG, email: pcnrinaldi@yahoo.com.br

4- Eng^o Agrônoma, Mestranda em Engenharia Agrícola – Mecanização Agrícola, UFV, Viçosa – MG, email: amandamufv@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A suinocultura tem sido uma atividade de grande relevância econômica no complexo agroindustrial brasileiro. Segundo estudos realizados no Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves/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, empregando-se, nessa atividade, um contingente significativo de mão de obra (TALAMINI, 1999).

A zona de conforto térmico (de suínos) depende de diversos fatores, alguns relacionados ao animal, como peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética, e outros ligados ao ambiente, como temperatura, velocidade do vento, umidade relativa, tipo de piso e energia radiante.

A ausência de conforto térmico dos 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 rigoroso 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 próximo às cabeças dos animais, ou por meio de aquecimento do piso, via resistências elétricas. No caso de resfriamento, para conforto térmico das matrizes, são utilizados sistemas de ventilação forçada para reduzir

a temperatura do ar. Outro sistema bastante difundido é o resfriamento evaporativo do ar, que consiste em incorporar vapor d'água diretamente, causando mudança em seu ponto de estado psicrométrico.

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 evaporação rápida, maior superfície de abrangência e evita precipitação (SARTOR, 1997; SILVA, 1999).

Em obras de construção civil, o uso das peças de argamassa armada para o conforto térmico caracteriza-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 a impermeabilidade dependem principalmente de cinco fatores: a forma, a armação, a argamassa, a aplicação e a cura (HOMEM, 1993).

A permeabilidade dos concretos e das argamassas é uma propriedade extremamente importante, uma vez que reflete a capacidade de o material 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).

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, seu aprimoramento 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 à utilização em maternidades de suínos, para proporcionar conforto térmico para os leitões e matrizes lactantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram desenvolvidas e avaliadas três placas de argamassa armada com relação ao 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 avaliadas no Laboratório de Construções Rurais e Ambientais do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

O material utilizado para construção da placa com vazios no interior (P_1) foi a argamassa armada com traço 1:2:0,45. A placa foi construída com as seguintes dimensões: comprimento de 1,750 m, largura de 0,500 m e espessura de 0,075 m. 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 na parte central da placa ocuparam uma área de aproximadamente 0,550 m², obtidos com o auxílio de 9 tubos de 1 m de comprimento

por 0,035 m de diâmetro, perfazendo um total de aproximadamente 10 m lineares de vazios, de diâmetro de 0,035 m, conforme Figura 1.

O material utilizado para construção da placa com tubos carregados no seu interior (P_2) foi a argamassa armada com traço 1:2:0,45. A placa foi construída com as seguintes dimensões: comprimento de 1,750 m, largura de 0,500 m e espessura de 0,075 m. Com o intuito de economizar argamassa e energia na operação, como na placa P_1 , optou-se também por proporcionar o aquecimento apenas na área central da placa P_2 . No interior da placa P_2 , ao invés apenas dos vazios moldados na placa P_1 , foram utilizados tubos corrugados com diâmetro de 0,035 m, 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 0,550 m², perfazendo um total de aproximadamente 10 m lineares de vazios com diâmetro de 0,035 m, no interior da placa para circulação da água.

Os cálculos adotados para construção da placa P_2 foram semelhantes aos aplicados para a construção da placa P_1 . Quanto à forma de construção, a placa P_2 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 2), foram adotados os mesmos procedimentos de enchimento e cura utilizados na confecção da placa P_1 .



Figura 1. Detalhe do conjunto forma, telas e tubos para confecção da parte central da placa P_1 .



Figura 2. Conjunto completo de forma, armação, tubos corrugados e blocos de isopor para confecção da placa P_2 .

O material utilizado na placa com vazio no seu interior para matrizes (P_3) foi a argamassa armada com traço 1:2:0,45. A placa foi construída com as seguintes dimensões: comprimento de 1,750 m, largura de 0,500 m e espessura de 0,075 m. Foi construída com as mesmas características da placa P_1 , diferenciando-se dela apenas em relação ao tamanho do volume vazado no interior da placa. A placa P_3 foi construída perfazendo um total de aproximadamente 15 m lineares de vazio com diâmetro de 0,035 m, obtidos por meio de 9 tubos de 1,600 m de comprimento com 0,035 m de diâmetro em contato com a argamassa armada, perfazendo aproximadamente 0,850 m² de área para circulação da água com o objetivo de conseguir o resfriamento em praticamente toda a placa, para troca de calor com as percas.

O processo de confecção da placa P_3 foi similar ao utilizado para a placa P_1 , variando apenas nas dimensões da parte central e das extremidades.

Para aquecimento da água, utilizou-se um sistema de aquecimento a gás, composto de um depósito de alimentação de água, um aquecedor a gás GLP de água e um *boiler* para armazenamento da água aquecida. 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 . 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 sua posterior circulação na placa.

Os dados de temperatura das placas foram obtidos por meio de termopares colados em seis pontos de cada placa. As temperaturas de todas as placas foram obtidas pela 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.

As placas foram submetidas à 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 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.

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações da temperatura do piso na condição aquecimento 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 3).

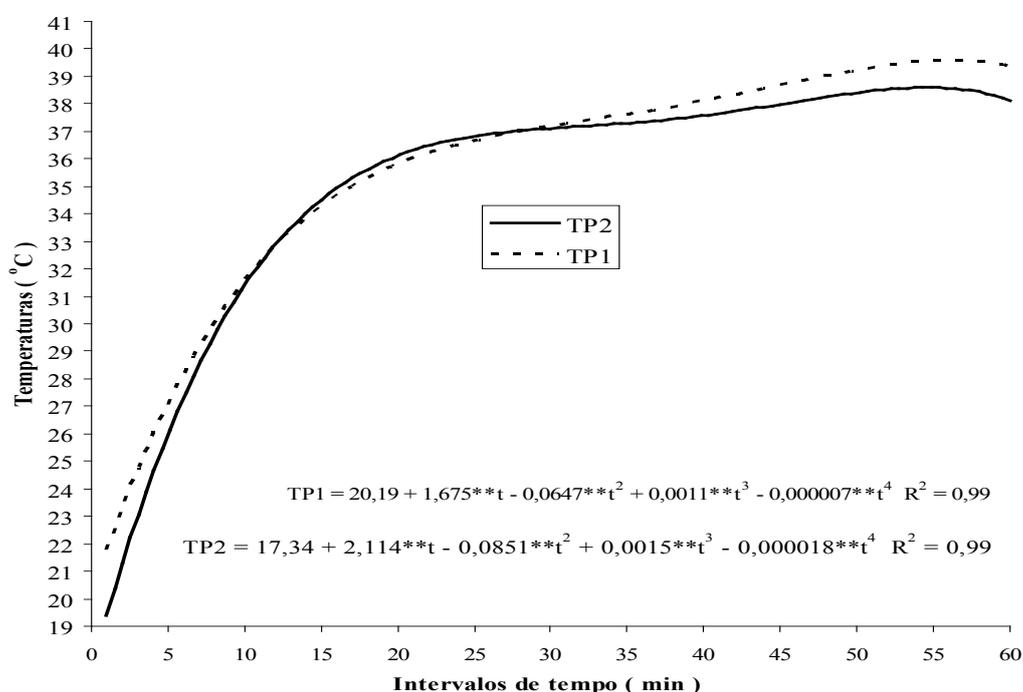
Observou-se comportamento semelhante entre os tratamentos para mesma temperatura de entrada da água nas placas a 47 °C. Quando as placas atingiram suas temperaturas máximas e se estabilizaram, notou-se que a placa P_1 atingiu uma temperatura ligeiramente superior à da placa P_2 . Isto se deveu ao fato de a 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.

Observou-se que o gradiente de temperatura no momento de estabilização das placas foi de

aproximadamente 1 °C em favor do tratamento P_1 , sendo que este valor não justifica sua utilização, devido ao fato de esta placa apresentar maior custo e maior dificuldade de construção.

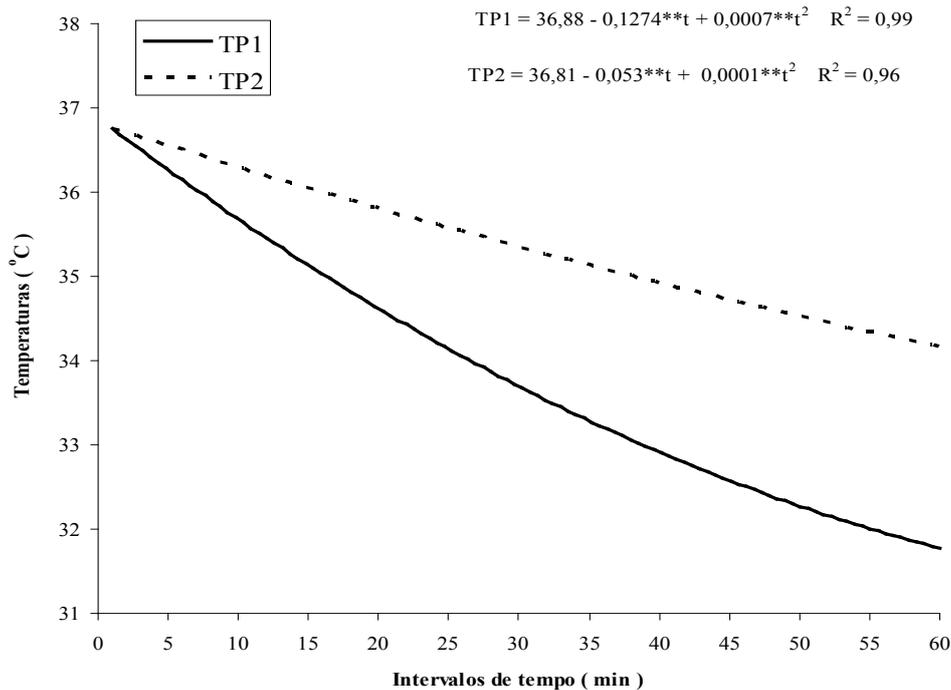
Com base nos dados médios das temperaturas das placas, foram obtidas as equações de regressão em função dos intervalos de tempo (Figura 4).

A placa P_2 apresentou uma maior inércia térmica, ou seja, conservou-se mais aquecida que a P_1 para um mesmo intervalo de tempo. Tal fato ocorreu, provavelmente, porque ao fechar a circulação de água nas placas, elas permaneceram com uma certa quantidade de água em seu interior. Com o passar do tempo, esta água foi se resfriando pela troca de calor contínua com a placa. Como a placa P_2 tinha em seu interior o tubo corrugado, ele passou a funcionar como 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, proporcionando maior inércia térmica.



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

Figura 3. Valores das temperaturas médias (T), em °C, do piso com apenas vazios em seu interior (P_1) e com tubos corrugados em seu interior (P_2) em função dos intervalos de tempo (t), em minutos, com uma temperatura de entrada da água nas placas a 47 °C.



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

Figura 4. 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.

As avaliações complementares (Placa P₂) do piso foram conduzidas com base em variações das temperaturas de entrada da água neste mesmo 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 5).

Pelas curvas ajustadas, nota-se que o comportamento térmico da placa foi bastante semelhante à variação da temperatura de entrada da água, ou seja, 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.

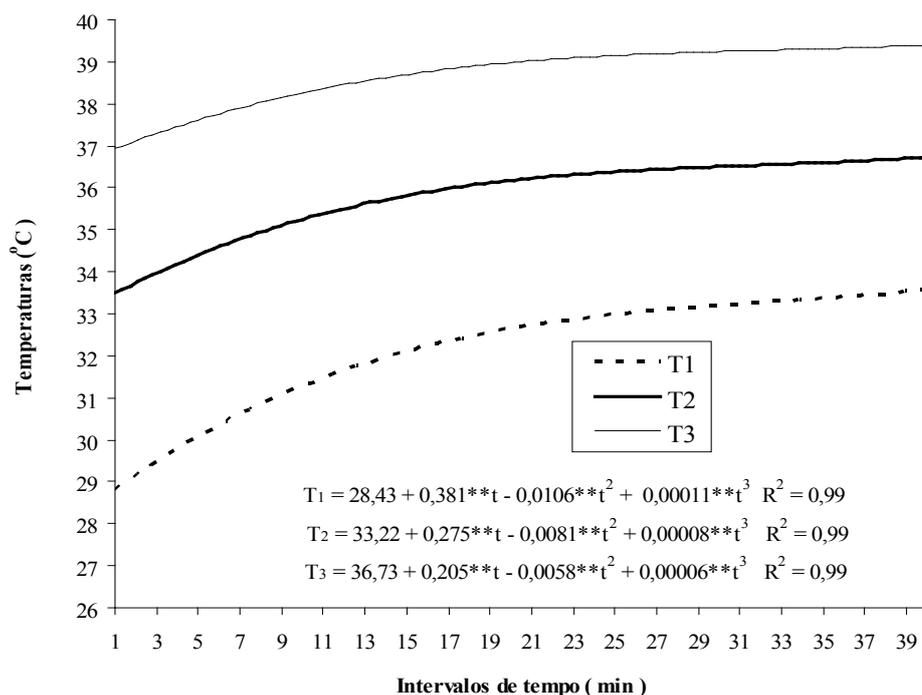
De posse das temperaturas máximas obtidas por meio das médias alcançadas no momento da estabilização da placa com temperaturas de entrada da água na placa a 38 °C, 43 °C e 47 °C,

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 (T_e) (Figura 6), com apresentação da equação de regressão ajustada.

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

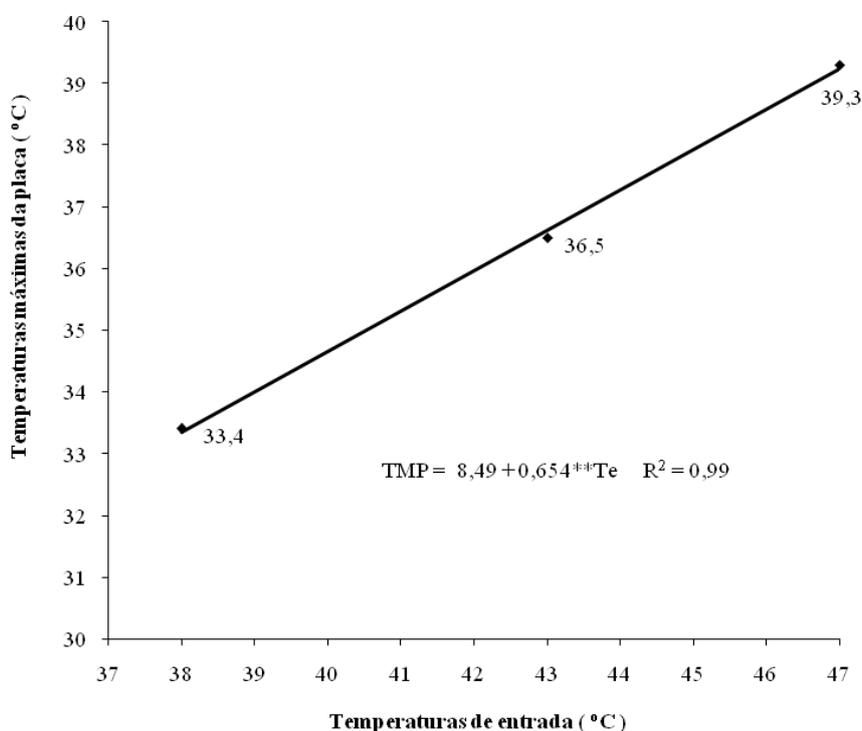
A Figura 7 mostra que a estabilidade foi alcançada aproximadamente 35 minutos após o início da circulação da água, intervalo de tempo que pode ser considerado baixo para uma redução de aproximadamente 4 °C na temperatura da placa.

As placas P₁ e P₂ apresentaram desempenhos semelhantes, porém em situações distintas, ou seja, uma no aquecimento e outra no resfriamento. As placas P₂ e P₃ apresentaram o mesmo comportamento, porém a placa P₃ se resfriou primeiro como também se aqueceu mais depressa. Sendo assim, a utilização da placa P₂ é a mais recomendável pela maior



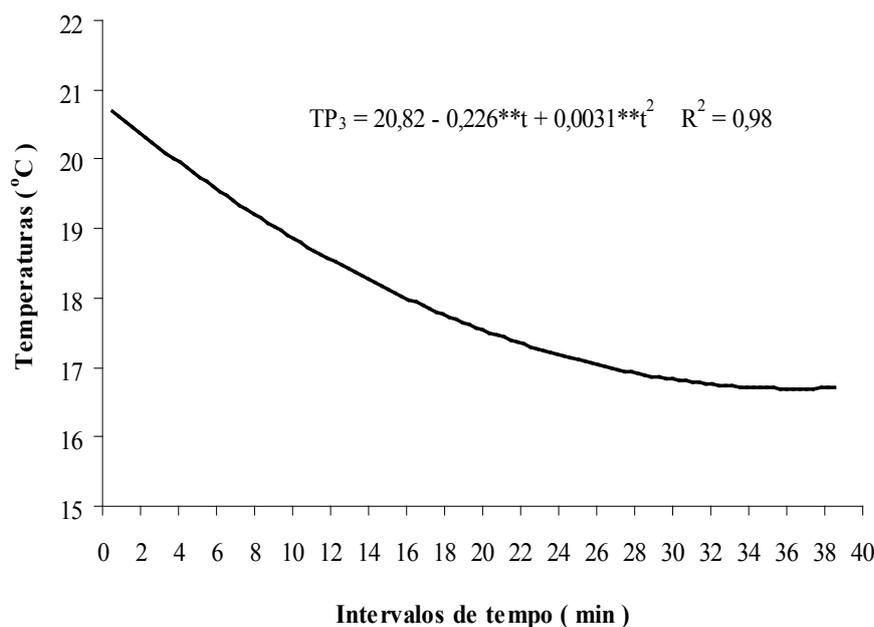
** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Figura 5. Temperaturas da placa (P_2), em °C, em função dos intervalos de tempo(t), em minutos, para as temperaturas de entrada da água na placa a 38 °C (T_1), temperaturas de entrada da água na placa a 43 °C (T_2) e temperatura de entrada da água na placa a 47 °C (T_3).



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

Figura 6. Temperatura máxima da placa (TMP), em °C, em função da variação da temperatura de entrada da água na placa (T_e) em °C.



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

Figura 7. Temperatura do piso da placa (TP3), em °C, em função do intervalo de tempo (t), em minutos.

facilidade de construção e menor custo, apesar de funcionar como um isolante, com desempenho um pouco inferior. Considerando o aquecimento e resfriamento das placas, a placa P₂ proporcionou maior inércia térmica e menor probabilidade de vazamento no adensamento, no processo de fabricação.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados citados, pôde-se concluir que:

- A placa pré-moldada de argamassa armada (P₂) é a recomendável para a circulação de água aquecida ou resfriada na utilização em maternidade de suínos, proporcionando conforto térmico para os leitões e matrizes lactantes devido à sua maior inércia térmica.

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.

BUCHER, M.R.E. **Argamassas.** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1987.

HANAI, J.B. de. **Construções de argamassa armada:** Fundamentos Tecnológicos para o Projeto e Execução. São Paulo: Pini, 1992, 189p.

HOMEM, A.C.F. **Ferrocimento (Técnicas de construção).** Viçosa, MG: UFV., 1993. 27p. (UFV Boletim de Extensão, 37).

NEVILLE, A.M. **Propriedade do concreto.** Trad. Salvador E. Giameno. São Paulo: Pini, 1982, 286p.

QUEVEDO, A.C., Bem-estar a ciência diz que sim. **Suinocultura Industrial.** Porto Feliz, S.P., n.141, p.18-26, 1999.

TALAMINI, D.J.D., Suinocultura em números. **Suinocultura Industrial.** Porto Feliz, S.P., n.139, p.42, 1999.

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.