



CARACTERIZAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM GALPÃO AVÍCOLA COM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURAS

Camila Lúcio Pereira (1); Holmer Savastano Junior (2); César Gonçalves de Lima (3)

(1) Departamento de Zootecnia – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: camila_usp@yahoo.com.br

(2) Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: holmersj@usp.br

(3) Departamento de Ciências Básicas – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: cegdlima@usp.br

RESUMO

Proposta: O estudo teve como objetivo avaliar o conforto térmico em galpão para criação de frangos de corte, tanto do ponto de vista das variáveis ambientais do micro-clima criado por diferentes tipos de coberturas, como no que se refere aos reflexos causados sobre os animais confinados nesse ambiente. Método de pesquisa/Abordagens: O experimento foi realizado de outubro a dezembro de 2005. Foram utilizadas 330 aves da linhagem Cobb e 330 aves da linhagem CPK Isa Hubbard, distribuídas em três tipos de instalação: com cobertura de telha cerâmica, com telha não convencional de cimento com polpa celulósica de eucalipto e com telha não convencional de fibrocimento reforçada com fibras de PVA (polivinil álcool). O desempenho térmico das coberturas foi avaliado a partir do índice de conforto térmico (carga térmica radiante). Foi realizada simulação do desempenho térmico das coberturas pelo método dos elementos finitos (FEM). Resultados: No horário mais quente não houve diferença entre os valores de CTR, o que indica desempenho térmico similar entre as coberturas testadas. O método dos elementos finitos mostrou-se uma boa ferramenta de trabalho na simulação do comportamento térmico das coberturas. Contribuições/Originalidade: As três coberturas avaliadas apresentaram desempenho térmico satisfatório, configurando as “telhas não convencionais” como nova opção comercial de cobertura para instalações zootécnicas.

Palavras-chave: Estresse térmico, desempenho, telhas, avicultura.

ABSTRACT

Proposal: The aim of the study was to evaluate the thermal comfort in poultry houses to broilers chickens, considering environmental aspects of microclimate created by different types of roofing, and the consequences for animals confined in this environment. Methods of research/approaches: The experiment was carried out from October to December 2005. It were used 330 Cobb line chicks and 330 CPK Isa Hubbard line chicks, distributed into three types of housing: ceramic tiles, non conventional tiles of cement with eucalypt cellulose pulp and non conventional tiles of fibercement reinforced with PVA (alcohol polyvinyl) fibers. The thermal performance of roofing was evaluated using thermal comfort index (radiant thermic load). The simulation of thermal performance of roofs was performed using the finite elements method (FEM). Results: At the hottest time there was no difference between the RTL values, what indicates a similar thermal performance among the roofing tested. The finite elements method was showed as a good alternative on the thermal behavior simulation of roofing. Contributing/Originality: The three roofs evaluated presented a satisfactory thermal performance, confirming the non conventional tiles as a new commercial option of roofing for animal housings.

Keywords: Heat stress, performance, tiles, aviculture.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura no Brasil é uma das atividades que mais tem se desenvolvido no setor agropecuário. Apesar da conquista de altos índices produtivos, principalmente pelo melhoramento genético e pelo aumento da densidade de criação, a instalação avícola é um dos pontos concentradores de preocupação, em se tratando de conforto térmico para frangos de corte (ABREU & ABREU, 2001).

O estresse causado pelo ambiente térmico influencia a produtividade dos animais por alterar sua troca de calor com o ambiente e modificar a taxa de consumo de alimentos, a taxa de ganho de peso corporal e, conseqüentemente, as exigências nutricionais.

À medida que a ave se desenvolve diminui sua resistência ao calor (MACARI et al. 2002). Segundo Moura (2001), a produtividade ideal, na avicultura de corte, pode ser obtida quando a ave estiver submetida a uma temperatura efetiva adequada, sem qualquer desperdício de energia, tanto para compensar o frio, como para acionar seu sistema de refrigeração.

1.1 Influência das instalações no conforto térmico animal

As instalações avícolas no Brasil possuem, normalmente, baixo isolamento térmico, principalmente na cobertura, e a ventilação natural é o meio mais utilizado pelos avicultores para a redução de altas temperaturas nos aviários, fazendo com que as condições ambientais internas se mantenham altamente sensíveis às variações diárias na temperatura externa, e conseqüentemente resultando na ocorrência de altas amplitudes térmicas diárias (MOURA, 2001).

A seleção do material para cobertura é de grande importância para o conforto térmico das instalações, pois favorece a eficiência alimentar, a produtividade e o desenvolvimento dos animais (PEREIRA, 2007). Na edificação os fatores que mais interferem nas condições climáticas são: as paredes, altura do pé-direito, piso e, principalmente, o material de cobertura, que recebe quase que toda a radiação solar incidente e, é o maior responsável pelo microclima interno do edifício.

1.2 Índices de conforto térmico

Com o objetivo de determinar níveis de conforto térmico para os animais em função das condições ambientais, diversos índices foram e são desenvolvidos. Os quais apresentam, em uma única variável, tanto os fatores que caracterizam o ambiente térmico que circunda o animal como o estresse que tal ambiente pode exercer sobre ele.

A carga térmica radiante (CTR) é a radiação total recebida por um corpo de todo o espaço circundante. Estudos recentes mostram que é necessário reduzir, além da CTR incidente sobre as coberturas, a CTR interna das instalações com materiais de cobertura que sejam bons refletores e bons absorventes da CTR interna das instalações (ABREU & ABREU, 2001).

1.3 Compósitos fibrosos como materiais de construção

Os materiais de construção utilizados em construções para criação animal devem possuir adequada resistência mecânica, durabilidade e excelente capacidade de isolamento térmico. Isto porque, o desempenho da produção animal está diretamente associado ao conforto térmico no interior da construção.

O uso de fibras naturais como reforço de matrizes frágeis à base de materiais cimentícios tem despertado grande interesse por seu baixo custo, disponibilidade de material, economia energética e vantagem ambiental. Segundo Soroushian et al. (1994), a utilização de telhas à base de cimento reforçado com polpa vegetal é uma alternativa viável para os elementos de cobertura.

1.4 Método dos elementos finitos para simulação de instalações rurais

O método dos elementos finitos (FEM) é largamente utilizado nas engenharias elétrica, mecânica e aeronáutica e, também, na física, e começou a ser utilizado no início dos anos 50, mas foi com a evolução dos computadores que houve maior difusão e aplicação prática do método (ASSAN, 2003).

O FEM baseia-se na representação de um objeto contínuo a partir da divisão deste em inúmeros elementos discretos, conectados entre si através de um número finito de pontos ou nós. O método dos elementos finitos é muito utilizado no estudo de deformações e tensões superficiais e trocas térmicas. Portanto, na área de ambiência, essa ferramenta pode ser amplamente utilizada no mapeamento térmico de instalações (PEREIRA, 2007).

A modelagem matemática pelo FEM se dá a partir de informações específicas da composição do objeto estudado (densidade, condutividade, calor específico). Mas, para o estudo da ambiência, também são consideradas as características construtivas da edificação (pé-direito e orientação, p. ex.) e as variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa, radiação). Assim, as equações matemáticas, que regem o fenômeno de trocas térmicas, podem ser resolvidas e o resultado obtido prediz o comportamento térmico do objeto em estudo.

2 OBJETIVO

Objetivou-se, através do presente trabalho, avaliar o conforto térmico em instalações para frangos de corte a partir do cálculo do índice de conforto térmico CTR (carga térmica radiante) e da simulação do desempenho térmico das coberturas pelo método dos elementos finitos (FEM).

3 METODOLOGIA

3.1 Local do experimento

O experimento foi realizado, de outubro a dezembro de 2005, no Setor de Avicultura da Prefeitura do Campus Administrativo (PCAPS) da Universidade de São Paulo no município de Pirassununga (altitude de 630 m, coordenadas 21°57'02" de latitude Sul e 47°27'50" de longitude Oeste).

A instalação experimental apresentava orientação nordeste - sudoeste. O telhado original era de cerâmica (telhas capa canal tipo "paulistinha") e sem lanternins, com inclinação de 40%, apresentando área total de 103,20 m². O pé-direito da instalação era variável, em que a maior altura era de 3,75 m e a menor altura de 2,20 m. Para o desenvolvimento do experimento, toda a cobertura foi removida e dividida entre três tratamentos, a saber: 1) telhas de cimento com polpa celulósica, 2) telhas de cerâmica e, 3) telhas de fibrocimento com fibras de PVA, em que algumas propriedades termofísicas das telhas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades térmicas e físicas das telhas avaliadas.

Material	Espessura (mm)	Absorção de água (%)	Calor específico (kJ/ kg.°C)	Condutividade térmica (W/m.°C)
Cerâmica (tipo romana)	12	18	0,92	0,81
Fibrocimento com polpa celulose	9	26	0,84	0,72
Fibrocimento com PVA	5	16	0,79	0,76

O piso era de concreto e foi recoberto por uma camada de casca de arroz, formando uma cama de aproximadamente 6 cm de altura para a recepção dos animais. Para evitar diferenças entre os tratamentos, foram feitos cálculos para garantir mesma área de ventilação e iluminação para cada um dos ambientes. Foram guardadas áreas de bordaduras de 1,50 m entre os tratamentos para evitar a interferência térmica entre as coberturas analisadas. O galpão não apresentava nenhum sistema de climatização.

3.2 Animais

Foram adquiridos 330 pintinhos da linhagem Cobb e 330 pintinhos da linhagem CPK Isa Hubbard, com idade inicial entre um e dois dias e peso médio inicial de 65 g ave⁻¹ para a linhagem Cobb e 37 g

ave⁻¹ para a linhagem CPK Isa Hubbard. Os animais foram vacinados contra as doenças de Marek, Bouda e Gumboro e sexados para a utilização de machos.

3.3 Manejo

Após a chegada dos animais foram utilizadas campânulas elétricas para aquecer as aves até os 14 dias de vida. O fornecimento de ração e água durante todo o experimento foi *ad libitum*. Após os animais completarem 14 dias de idade foram adotadas as recomendações descritas por Mendes et al. (1994). A pesagem das sobras, o fornecimento de ração e a limpeza dos bebedouros foram realizados diariamente, às 7 h. O manejo das cortinas acompanhou as mudanças climáticas.

Aos 15 dias de idade as linhagens foram separadas e distribuídas nos três tratamentos, sendo utilizada uma barreira física de 1,00 m de altura. A densidade de criação obtida foi de 13 aves.m⁻² e foram formados, a partir dos tratamentos, os seguintes ambientes de criação:

Ambiente 1A: Telha de fibrocimento com reforço de polpa celulósica – linhagem Cobb (110 animais);

Ambiente 1B: Telha de fibrocimento com reforço de polpa celulósica – linhagem CPK Isa Hubbard (110 animais);

Ambiente 2A: Telha de cerâmica - linhagem Cobb (110 animais);

Ambiente 2B: Telha de cerâmica – linhagem CPK Isa Hubbard (110 animais);

Ambiente 3A: Telha de fibrocimento com reforço de fibra de PVA – linhagem Cobb (110 animais);

Ambiente 3B: Telha de fibrocimento com reforço de fibra de PVA – linhagem CPK Isa Hubbard (110 animais).

3.4 Coleta de dados

Durante a fase inicial de criação dos animais, que correspondeu aos primeiros 21 dias, não foi realizado nenhum tipo de coleta dos dados ambientais ou referentes aos animais. A partir dos 22 dias de idade das aves iniciou-se a coleta dos dados climáticos para determinação do desempenho térmico das coberturas e a avaliação do desempenho produtivo dos animais.

Para a coleta dos dados ambientais foram utilizados data-loggers da marca *Onset*, modelo *Hobo H08-004-02* no monitoramento das variáveis ambientais: temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro, temperatura de ponto de orvalho e umidade relativa do ar, as leituras diárias ocorreram a cada 30 min. Os sensores foram dispostos a 50 cm do piso para coleta dos dados ambientais referentes ao microclima na altura dos animais. A velocidade do vento foi registrada diariamente às 8, 11, 14, 17 e 20 h com o uso de anemômetro digital modelo *Ad-145* da marca *Instrutherm*.

3.5 Avaliação térmica

Para o cálculo da carga térmica radiante (CTR) foram selecionados os dias mais críticos e desconfortáveis. Nããs et al. (1995) propôs selecionar os períodos críticos a partir do uso da Entalpia (H), o que permite avaliar o ambiente e sua influência sobre a incidência de patologias e queda na produção de frangos de corte, em situações adversas à zona de termoneutralidade. O cálculo da entalpia foi descrito por Villa Nova, citado por Furlan (2001), pela eq. 1.

$$H = 6,7 + 0,243 \times tbs + \{UR/100 \times 10^{\wedge} [(7,5 \times tbs) / (237,3 + tbs)] \} \quad (\text{eq.1})$$

Onde: H = entalpia (kcal/kg de ar seco);

tbs = temperatura ambiente (bulbo seco) (°C);

UR = umidade relativa (%).

A partir dos climáticos coletados foi calculada a carga térmica radiante (CTR), para os dias críticos selecionados e nos horários das 8, 11, 14, 17 e 20 h. Os valores da CTR foram obtidos utilizando-se a equação proposta por Esmay (1979) (eq. 2).

$$CTR = \delta (TMR)^4 \quad (\text{eq.2})$$

Em que: CTR = carga térmica radiante (W.m^{-2});

$\delta = 5,67.10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$ (constante de Stefan-Boltzman).

TRM= Temperatura radiante média do ambiente (K);

A temperatura radiante média (TRM), descrita por Bond et al. (1954), foi calculada pela eq. 3.

$$TRM = 100 \times [2,51 \times (Vv)^{0,5} \times (Tg - Ta) + (Tg/100)^4]^{1/4} \quad (\text{eq.3})$$

Onde: TRM= Temperatura radiante média do ambiente (K);

Ta = temperatura ambiente (K);

Tg = temperatura de globo negro (K);

Vv = velocidade do vento (m/s).

3.6 Método dos elementos finitos (FEM)

Com a colaboração do Prof. Dr. Walter Ferreira Velloso Junior, responsável pelo Laboratório de Simulação Numérica e Física Aplicada da FZEA, foi empregado o método dos elementos finitos (FEM) neste estudo. Os dados empregados foram registrados após a remoção dos animais e limpeza do galpão. Assim, os resultados representam, exclusivamente, o desempenho térmico de cada cobertura.

Para a utilização do FEM, na modelagem e no mapeamento térmico, foi realizada a sequência de etapas descritas a seguir:

- 1) Em cada ambiente de criação foram coletadas as temperaturas da face interna das telhas e, também, do piso;
- 2) Foi realizado um levantamento bibliográfico das propriedades físicas e mecânicas das telhas e do ar como: densidade, calor específico e condutividade térmica;
- 3) Para elaboração do modelo virtual e tridimensional da instalação e solução numérica das equações diferenciais foram utilizados os programas computacionais MSC/NASTRAN® e ANSYS®;
- 4) O mapeamento térmico foi realizado pela imposição das cargas térmicas registradas na face interna das coberturas;
- 5) A partir do modelo virtual tridimensional e modelagem matemática foi realizada a simulação do desempenho térmico dos ambientes ao longo do dia;
- 6) Para validar o modelo de simulação foi realizada uma comparação entre as médias dos dados bioclimáticos registrados manualmente com os valores médios obtidos no modelo virtual.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Como descrito na metodologia, para a análise dos dados climáticos foram selecionados os dias em que a entalpia, por volta das 14 h, período mais quente do dia, esteve acima de 70 kJ/kg de ar seco (BARBOSA FILHO, 2006). Assim, foram observados três dias nessa condição: 14, 16 e 17 de dezembro de 2005, em que toda análise dos dados climáticos, medidos a 50 cm do piso, refere-se a esses dias críticos.

4.1 Carga Térmica Radiante (CTR)

Na análise foi considerada a probabilidade de 10%. Assim, os resultados médios da CTR, para os dias selecionados, resultaram em interação significativa entre tratamento e hora. A seguir, a Tabela 2 apresenta os valores médios da CTR, os erros-padrão e os níveis de significância para os contrastes estudados, nos horários em que foram encontradas interações significativas.

Tabela 2 - Valores médios da CTR nos diferentes horários para o ambiente externo e os sistemas de cobertura.

Tratamentos	Horários				
	08:00	11:00	14:00	17:00	20:00
Externo	439,80	476,60	489,29	470,36	440,71
Cimento Celulose	453,82	464,80	481,06	475,86	455,80
Cerâmica	465,13	496,05	500,31	475,02	452,88
Fibrocimento PVA	450,45	473,02	490,53	478,05	462,52
Médias	452,30	477,62	490,30	474,82	452,98
Erro Padrão	3,0697	3,0697	3,0697	3,0697	3,0697
Contraste 1*	0.0251	0.8493	0.8511	0.4078	0.0277
Contraste 2**	0.0936	0.0010	0.1325	0.7986	0.4099
Contraste 3***	0.7003	0.3508	0.2833	0.8025	0.4447

* Ambiente externo vs. todas as coberturas.

** Cerâmica vs. demais coberturas.

*** Cimento-celulose vs. fibrocimento com PVA.

Por meio do contraste 1, é possível encontrar diferença significativa ($P < 0,10$) nos horários 8 e 20 h, em que o ambiente externo apresentou menores médias de CTR em relação aos sistemas de cobertura. O contraste 2 revelou, para os horários 8 e 11 h, diferença significativa ($P < 0,10$) para o tratamento cerâmica (controle), que apresentou maiores médias de CTR em relação aos demais tratamentos. A análise do contraste 3 não indicou diferença significativa ($P > 0,10$) entre a cobertura de cimento com polpa celulósica e de fibrocimento com reforço de fibras de PVA. Para todos os tratamentos, sem exceção, os menores valores de CTR ocorreram as 8 e 20 h. Esse comportamento, ao longo do dia, também foi observado por Matos (2001).

O comportamento diurno da CTR ocorre em conjunto com a radiação solar, a qual atinge os valores mais elevados após as 12 h. Furtado et al. (2005) analisaram, no agreste da Paraíba, o conforto térmico de galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento e, encontraram, para as 14 h, valores de CTR de 505,31 W/m² para galpões com telhas de cimento amianto sem ventilação artificial, e de 508,71 W/m² para a cobertura cerâmica sem ventilação artificial. Neste trabalho também foi encontrada maior média de CTR para a cobertura cerâmica no horário das 14 h.

4.2 Simulação térmica dos ambientes avaliados

O uso do método elementos finitos (FEM) veio auxiliar a discussão dos resultados do desempenho térmico dos ambientes avaliados. A partir do modelo numérico tridimensional (Figura 1) e com base na modelagem matemática, foi possível interpolar valores de temperatura em função do tempo, o que possibilitou simular o comportamento térmico no interior dos ambientes de criação.

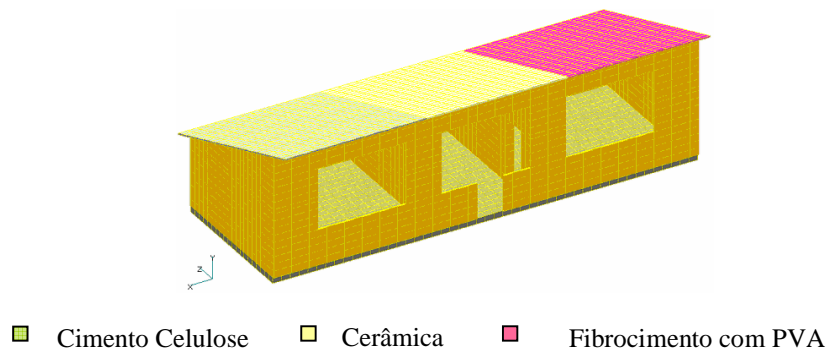


Figura 1 - Modelo numérico tridimensional do galpão avícola utilizado no experimento.

O uso do FEM permitiu representar as instalações utilizadas a partir de modelo tridimensional, em que o desempenho térmico foi representado por cores, do violeta (mais frio) ao vermelho (mais quente), de acordo com a temperatura do ambiente (Figura 2).

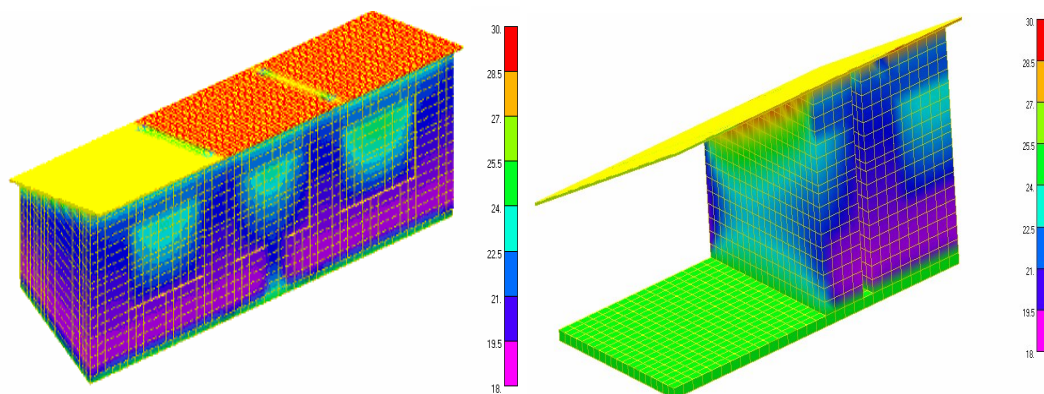


Figura 2 - Simulação do comportamento térmico da instalação e do ar interno de um ambiente de criação no horário mais quente do dia (14 h).

A Figura 2 ilustra o desempenho térmico das três telhas e indica que a cobertura de cimento com polpa celulósica apresentou menor temperatura do que as demais no horário mais quente do dia (14 h). Esse comportamento térmico pode ser explicado pela maior quantidade de umidade retida pela telha de cimento com polpa celulósica. Pois, durante a noite, a telha perde calor por radiação para o céu, tornando sua temperatura mais baixa que a do ar. Conseqüentemente, a concentração de vapor na superfície da telha fica menor que a do ar, formando-se um gradiente de concentração de vapor, de modo que a telha passa a ganhar umidade do ar. Pela manhã, a telha apresenta alta umidade em seu interior e, com a incidência da radiação solar, o processo se inverte; a telha ganha energia por radiação em ondas curtas e tem a sua temperatura elevada com uma pequena defasagem de tempo quando comparada às demais coberturas avaliadas.

Após a resolução das equações diferenciais do modelo, foi estimado o comportamento térmico no interior dos ambientes de criação, em diferentes alturas a partir do piso, para os diversos horários (Gráficos 1, 2 e 3).

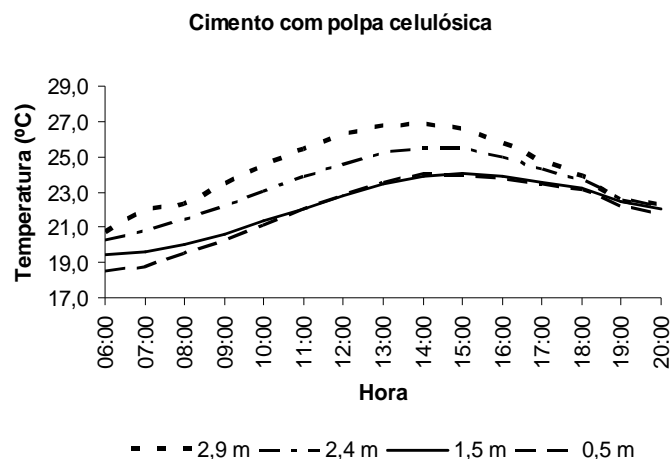


Gráfico 1 - Simulação do comportamento térmico obtido em diferentes alturas do ambiente interno sob a cobertura de cimento com polpa celulósica.

A partir do Gráfico 1, nota-se que a faixa de ar mais próxima à cobertura (2,9 m) apresentou maiores valores de temperatura, se comparadas às faixas próximas ao piso, indicando a formação de um gradiente de temperatura, em que a telha representa a principal fonte de calor atuante no ambiente de criação. Já a faixa de ar a 1,5 m de altura apresentou, a partir das 10 h, valores de temperatura próximos aos encontrados para a altura de 0,5 m, o que indica maior transferência de calor pelo piso do que pela cobertura.

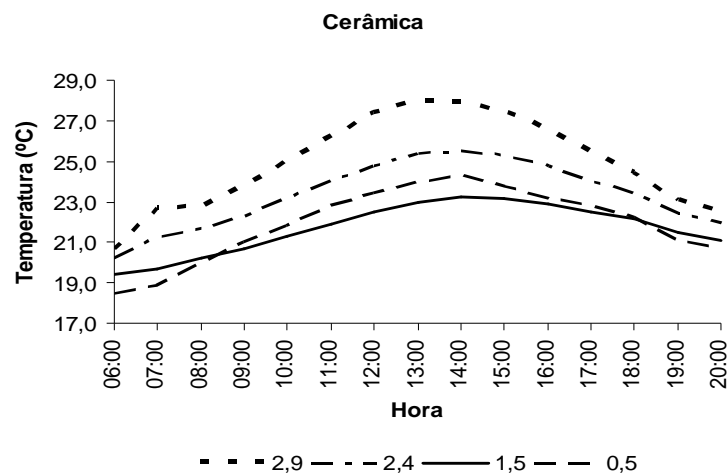


Gráfico 2 - Comportamento térmico obtido em diferentes alturas do ambiente interno sob a cobertura cerâmica.

O Gráfico 2 mostra que, para a cobertura cerâmica, os maiores valores de temperatura se mantiveram nas faixas de ar próximas à cobertura. Porém, para a faixa de ar na altura de 0,5 m, próxima ao piso, entre as 9 h e 18 h, foram encontradas maiores temperaturas em relação à faixa situada acima (1,5 m). Isso pode ser explicado pela maior dificuldade do piso de concreto perder calor, pois o solo sob o piso atua como carga térmica, que repassa a energia calórica absorvida da radiação solar direta. Ressalta-se que a falta da convecção na determinação do gradiente de temperatura pode ser a principal causa da inversão das temperaturas nas alturas de 0,5 m e 1,5 m.

Para as 14 h, horário considerado mais quente (KAWABATA, 2003), nota-se que a temperatura do ar próximo ao piso, ou seja, faixa em que estariam os animais, foi amena, o que poderia não causar desconforto térmico para as aves.

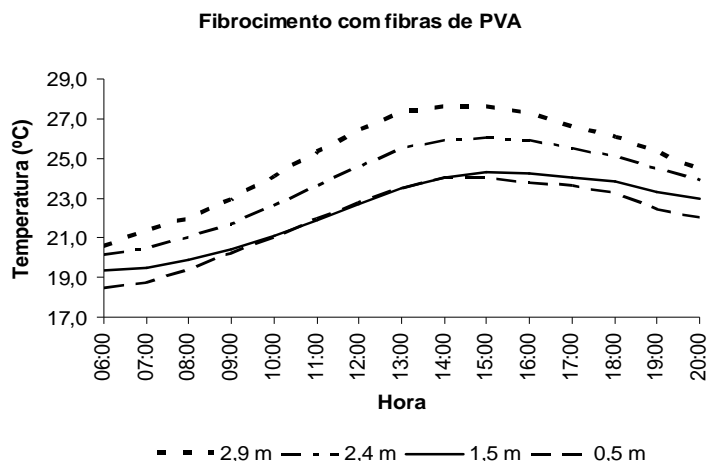


Gráfico 3 - Comportamento térmico obtido em diferentes alturas do ambiente interno sob a cobertura de cimento com reforço de fibras de PVA.

Para a telha de fibrocimento com reforço de PVA (Gráfico 3), foi possível encontrar um comportamento similar ao da telha de cimento com polpa celulósica, em que as maiores temperaturas foram registradas próximo à cobertura, e que a temperatura do piso influenciou a temperatura do ar na altura de 0,5 m e 1,5 m.

O uso do método dos elementos finitos (FEM) na confecção de um modelo numérico de simulação facilitou a visualização do comportamento térmico no interior da instalação. O modelo número de simulação demonstrou que a cobertura de cimento com polpa celulósica apresentou melhor desempenho térmico em comparação às demais coberturas. Porém, ressalta-se a ausência dos animais e os dias em que as temperaturas foram colhidas para a modelagem matemática, que diferiram das condições ambientais registradas e utilizadas no cálculo dos índices de conforto térmico. Contudo, o FEM mostrou-se uma boa opção de ferramenta de trabalho no estudo da ambiência em instalações rurais.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, pôde-se concluir que:

- 1) Os índices de conforto térmico confirmaram maior estresse térmico no horário das 14 h;
- 2) No horário das 14 h os valores de CTR para os ambientes de criação indicaram desempenho térmico similar entre as coberturas testadas;
- 3) As telhas não convencionais (fibrocimentos reforçados com fibras vegetais ou industriais) mostraram-se compatíveis às necessidades de criação, configurando-as como nova opção comercial de cobertura para instalações zootécnicas;
- 4) O uso do método dos elementos finitos permitiu simular o comportamento térmico das coberturas em função do tempo, o que possibilitou melhor visualização do gradiente térmico no interior dos ambientes de criação.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. **Diagnóstico Bioclimático: qual sua importância na produção de aves**. Avicultura Industrial, n. 1093, p. 16-20, 2001.

ASSAN, A. E. **Método dos Elementos Finitos – Primeiros Passos**. Editora Unicamp, 2003.

BARBOSA FILHO, J. A. D. et al. **Avaliação direta e prática - caracterização do ambiente interno de galpões de criação de frangos de corte utilizando tabelas práticas de entalpia**. Avicultura Industrial, v. 1144, p. 54 - 57, 2006.

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

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment. Environmental Engineering in Agriculture and Food Series**. The AVI Publishing Company, 325p. Inc. 1979.

FURLAN, R. A. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido**. Piracicaba, 2001, 146 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2001.

FURTADO, D. A. et al. **Efeitos de diferentes sistemas de condicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, Paraíba, v.10, n.2, p.484-489, 2005.

KAWABATA, C. Y. **Desempenho térmico de diferentes tipos de telhado em bezerreiros individuais**. 2003. Dissertação (Mestrado em Zootecnia (Qualidade e Produtividade Animal)) - Universidade de São Paulo, Pirassununga/SP, 2003.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2002.

MATOS, M. L. **Conforto térmico ambiente e desempenho de frangos de corte, alojados em dois níveis de alta densidade, em galpões com sistemas de ventilação em túnel e ventilação lateral**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2001.

MENDES, A. A.; GARCIA, E. A.; SILVA, A. B. P. **Efeito do cruzamento de linhagens sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte**. Veterinária e Zootecnia, Botucatu/SP, v.6, p.57-63, 1994.

MOURA, D. J. **Ambiência na Produção de Aves de Corte**. In: SBEA. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. 1 ed. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, v. 2, p. 75-149, 2001.

NÃÃS, I. A.; MOURA, D. J.; LAGANÁ, C. A. A amplitude térmica e seu reflexo na produtividade de frangos de corte. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas. **Anais...** Campinas/SP, Facta. p. 203-4. 1995.

PEREIRA, C. L. **Estudo das variáveis fisiológicas de termorregulação e desempenho produtivo de frangos de corte sob diferentes coberturas de aviários**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia (Qualidade e Produtividade Animal)) - Universidade de São Paulo, Pirassununga/SP, 2007.

SOROUSHIAN, P.; MARIKUNTE, S.; WON, J. P. **Statistical evaluation of the physical properties of wood fiber-cement composites**. In: Balaguru, P. ACI SP-146 Thin reinforced concrete products and systems. Farmington Hills: American Concrete Institute, p. 131-138, 1994.

7 AGRACIAMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro prestado, à empresa INFIBRA por fornecer as telhas avaliadas e à equipe do Laboratório de Construções e Ambiência da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.