UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

CAMILA LÚCIO PEREIRA

**Avaliação do conforto térmico e do desempenho de
frangos de corte confinados em galpão avícola com
diferentes tipos de coberturas**

Pirassununga

2007

CAMILA LÚCIO PEREIRA

**Avaliação do conforto térmico e do desempenho de
frangos de corte confinados em galpão avícola com
diferentes tipos de coberturas**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Holmer Savastano
Junior

FICHA CATALOGRÁFICA

preparada pela

Biblioteca da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo

P436e	<p>Pereira, Camila Lúcio</p> <p>Avaliação do conforto térmico e do desempenho de frangos de confinados em galpão avícola com diferentes tipos coberturas / Camila Lúcio Pereira – Pirassununga, 2007. 103 f.</p> <p>Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo. Departamento de Zootecnia. Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal. Orientador: Prof. Dr. Holmer Savastano Junior.</p> <p>Unitermos: 1. Telhas 2. Cerâmica 3. Polpa celulósica 4. Fibra de PVA 5. Frangos de corte 6. Comportamento. I. Título.</p>
-------	--

DEDICATÓRIA

Dedico esta Dissertação ao meu amor Ivanhoé, a minha irmã Daniela, a minha sobrinha Nathália, a minha mãe Marilene, ao meu padrasto Arildo, ao meu orientador Dr. Holmer e a todos os meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Início os meus agradecimentos lembrando de Deus, que me deu forças para completar mais esta etapa de minha vida.

Apesar de todos os problemas existentes, que impedem a felicidade da família, agradeço à minha mãe Marilene e ao meu padrasto Dr. Arildo, que permitiram que eu recebesse um bem que ninguém poderá me tirar, o conhecimento.

Agradeço à minha queridíssima irmã, Daniela, que sempre esteve e estará ao meu lado, afinal o nosso amor se renova a cada dificuldade. Agradeço à minha sobrinha, Nathália, que sempre me respeitou e ajudou nos momentos difíceis. Agradeço ao Elton, que cuida dos meus amores, Dany e Ná, e que sempre me recebe com alegria.

Ao meu AMOR, Dr. Anderson Ivanhoé Brunetti, na verdade Bebê, eu agradeço por acreditar no nosso amor e, por enfrentar inúmeras dificuldades para continuarmos juntos. Além de ser meu namorado, você é o meu melhor amigo, meu companheiro e meu professor de Direito, na verdade você é o meu porto-seguro, onde posso repousar e renovar minhas forças. Agradecer a uma pessoa tão especial não é tarefa fácil, pois lhe sou grata por todos os momentos felizes que passamos juntos, por todas as risadas dadas, por cada abraço, por cada beijo, por cada lágrima que derramamos, por cada vez que você segurou a minha mão, por cada filme que assistimos, por cada milk shake que tomamos e, principalmente, por você ter me ensinado a voar mais alto do que eu poderia imaginar. Obrigada por toda a paciência, dedicação, apoio e carinho, você é o meu GRANDE AMOR.

Não posso deixar de agradecer às minhas amigas do coração, Lisia (Poney), Fernanda (Rot) e Andrezza (Palhazza), que juntas formamos a República Kissifur, onde sempre é possível ouvir as frases: “Vamos tomar suco” e “Amizade é”. Fazer comentários sobre o Mestrado de uma e o Doutorado de outra era muito bom, além de sempre render várias risadas. A convivência com vocês me trouxe mais alegria, principalmente, nos momentos de tristeza e medo. Agradeço por toda paciência que tiveram comigo e pela alegria, o que torna possível eu dizer: - Nunca esquecerei vocês!

Agradeço aos amigos, Ivan, Vitor (Preto), Gilson (Doug), Fabíola (Ferpa), Camila (Reca), Aline, Eliane (Girafa) e Márcia, pelas conversas e risadas.

De maneira muito especial agradeço a duas vidas que são muito importantes para mim, minha calopsita Dalila, que me acompanhou em todas as viagens, e a minha cachorra Canela. Pois, vocês me oferecem um tipo de amor que ninguém jamais poderá oferecer: o amor incondicional. Obrigada pelos momentos de alegria.

Os agradecimentos acadêmicos se iniciam com o meu orientador, Prof. Dr. Holmer Savastano Junior, que foi sem dúvida peça importante na elaboração deste trabalho, principalmente por seus momentos de brilhante intuição que, certamente, foram fundamentais para o desenvolvimento desta Dissertação. Obrigada!

Agradeço ao Prof. Dr. Doulgas Emygdio de Faria, que além de ser um bom amigo, me ajudou a definir partes importantes deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Ricardo Albuquerque, que deu suporte técnico durante todo o desenvolvimento do trabalho de campo.

Agradeço ao querido Prof. Dr. César Gonçalves de Lima, que me ajudou nas análises estatísticas de maneira brilhante.

Ao Prof. Dr. Walter Ferreira Velloso Junior, agradeço por toda dedicação e paciência no ensinamento do Método dos Elementos Finitos, o que deu um toque moderno neste trabalho.

Registro o meu agradecimento aos funcionários do setor de avicultura, Pedro, China e Edinho.

Agradeço ao Klever, que além de ser um ótimo estagiário se mostrou um bom amigo.

Aos amigos do Laboratório de Construções Rurais e Ambiente: Celso (Teco), Gustavo Tonolli, Sérgio, Maldonado, Melissa, Débora, Zaqueu e Ronaldo, agradeço por toda a ajuda e dedicação.

Agradeço o apoio financeiro concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), que permitiu a realização deste trabalho.

Por último, agradeço a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, no desenvolvimento desta Dissertação.

EPÍGRAFE

O futuro tem muitos nomes.

Para os fracos: **Inatingível.**

Para os temerosos: **Desconhecido.**

Para os valentes: **Oportunidade.**

(Victor Hugo)

RESUMO

PEREIRA, C. L. **Avaliação do conforto térmico e do desempenho de frangos de corte confinados em galpão avícola com diferentes tipos de coberturas**. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

O objetivo deste estudo foi 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. 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 dos índices de conforto térmico (carga térmica radiante, índice de temperatura de globo e umidade e índice de temperatura de globo). Foi realizada simulação do desempenho térmico das coberturas pelo método dos elementos finitos (FEM). Para os animais foram avaliadas: as variáveis fisiológicas de termorregulação (temperatura superficial média e perda de calor por radiação), as variáveis produtivas (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar) e, o comportamento ingestório de alimento e água. Os índices de conforto térmico confirmaram maior estresse térmico às 14 h. Para o ITGU a telha cerâmica apresentou desempenho equivalente ao das demais coberturas em todos os horários, porém, às 14 h a telha de fibrocimento reforçada com fibras de PVA apresentou desempenho térmico inferior ao da cobertura de cimento com polpa celulósica. 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. A diferença genética entre as linhagens está relacionada às maiores médias de TSM e menores médias de PCR apresentadas

pela linhagem CPK Isa Hubbard. A linhagem Cobb apresentou melhores índices produtivos em todos os tratamentos. As três coberturas avaliadas apresentaram desempenho térmico satisfatório, configurando as “telhas não convencionais” como nova opção comercial de cobertura para instalações zootécnicas.

Palavras-chave: telhas, cerâmica, polpa celulósica, fibra de PVA, frangos de corte, comportamento.

ABSTRACT

PEREIRA, C. L. **Evaluation of thermal comfort and fibercement tiles on the performance of broilers confined in poultry houses with different types of roofing.** 2007. 103 p. M.Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

The aim of this study was to evaluate the thermal comfort in poultry houses for broiler chickens, considering environmental aspects of microclimate created by different types of roofing, and the consequences for animals confined in this environment. The trial 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 reforced with PVA fibers (alcohol polyvinyl). The thermal performance of roofing was evaluated using thermal comfort indexes: radiant thermic load (RTL), globe temperature and humidity index (TGHI) and globe temperature (GT). The simulation of thermal performance of roofs was performed using the finite elements method (FEM). Considering the animals, it were evaluated physiological characteristics of thermoregulation (mean surface temperature and heat loss by radiation), productive parameters (feed intake, weight gain and feed conversion) and intake behavior of feed and water. The thermal comfort indexes confirmed higher thermal stress at 2 pm. For TGHI, the ceramic tiles presented similar performance compared with the other roofs in all times; however, at 2 pm the fibercement tile reforced with PVA fibers presented inferior thermal performance than the cellulose cement tile. At the hottest time, there was no difference between the RTL values, what indicates a similar thermal performance among the roofing tested. The FEM was showed as a good alternative on the thermal behavior simulation of roofing. The genetic difference among the broilers strains is related to the higher means surface temperatures and lower means for heat loss by radiation presented by the CPK Isa Hubbard line. The Cobb line presented better productive indexes in all treatments. The three roofs evaluated presented a

satisfactory thermal performance, confirming the non conventional tiles as a new commercial option of roofing for animal housings.

Key-words: tiles, ceramic, cellulose pulp, PVA fiber, broiler chickens, behavior.

Lista de Figuras

Figura 1. Representação esquemática da zona de termoneutralidade (Adaptado de BACCARI JÚNIOR, 1998).....	29
Figura 2. Exemplo de aplicação do FEM na engenharia aeroespacial (modelo global de aeronave), com representação da variação de temperatura através da escala de cores (SOBRINHO, 2006).	37
Figura 3. Planta baixa, cortes transversais (BB e CC) e fachada principal da instalação, com obstruções parciais das aberturas (em azul marinho e marrom) para igualar a área de ventilação entre os tratamentos (escala 1:100).	40
Figura 4. Corte longitudinal (AA) da instalação com esquema de cores para as diferentes coberturas e área de locação dos animais (escala 1:100).	41
Figura 5. Visão parcial de um dos bebedouros (A) e comedouros (B) utilizados no período experimental.	43
Figura 6. Vista interna da campânula de aquecimento e disposição das lâmpadas.	44
Figura 7. Instalação utilizada com cortinas azuis, antes da adaptação das áreas de ventilação e luminosidade.	45
Figura 8. Vista interna e parcial do telhado composto por telhas de cimento com polpa celulósica.	46
Figura 9. Vista interna e parcial do telhado composto por telhas cerâmicas tipo “romana” plana.	47
Figura 10. Vista interna e parcial do telhado composto por telhas comerciais de fibrocimento reforçadas com fibras de PVA.	48
Figura 11. Coleta das temperaturas superficiais da cabeça (A), asa (B), dorso (C) e canela (D) respectivamente.	50

Figura 12. Valores médios do ITGU, nos diferentes horários avaliados, e limites inferior (LI) e superior (LS) da faixa considerada confortável para as aves.	62
Figura 13. Médias e erros-padrão do ITG, considerando o ambiente externo e os sistemas de cobertura, para os dias e os horários selecionados.	64
Figura 14. Valores médios da CTR nos diferentes horários e ambientes, e o valor referenciado por Rosa (1984).	67
Figura 15. Valores médios e respectivos erros padrão do consumo de ração (CR) das linhagens nos tratamentos avaliados.	74
Figura 16. Valores médios e respectivos erros padrão do ganho de peso (GP) das linhagens nos tratamentos avaliados.	75
Figura 17. Valores médios e respectivos erros padrão da CA a partir dos 21 dias pós-eclosão.	77
Figura 18. Imagens do comportamento ingestório dos animais, com 22 dias de idade, para os horários das 8 h (A e B) e das 14 h (C e D).	79
Figura 19. Imagens do comportamento ingestório dos animais, com 40 dias de idade, para os horários das 8 h (A e B) e das 14 h (C e D).	80
Figura 20. Porcentagem média de visitas dos animais ao comedouro e bebedouro, entre 22 e 42 dias de idade, para o período das 13 às 15 h.	81
Figura 21. Modelo numérico tridimensional do galpão avícola utilizado no experimento.	83
Figura 22. Simulação do comportamento térmico da instalação no horário mais quente do dia (14 h).	83
Figura 23. Simulação do comportamento térmico do ar no interior de um ambiente de criação, no horário mais quente do dia (14 h).	84
Figura 24. Simulação do comportamento térmico obtido em diferentes alturas do ambiente interno sob a cobertura de cimento com polpa celulósica.	85

Figura 25. Comportamento térmico obtido em diferentes alturas do ambiente interno sob a cobertura cerâmica.86

Figura 26. Comportamento térmico obtido em diferentes alturas do ambiente interno sob a cobertura de cimento com reforço de fibras de PVA.87

Lista de Tabelas

Tabela 1. Valores médios diários da temperatura, da umidade relativa e da velocidade do vento e precipitação pluviométrica total no período experimental (75 dias).	59
Tabela 2 - Valores médios do ITGU nos diferentes horários para o ambiente externo e os sistemas de cobertura.	61
Tabela 3 - Valores médios da CTR nos diferentes horários para o ambiente externo e os sistemas de cobertura.	66
Tabela 4 - Valores médios da TSM (°C) dos animais aos 21, 28, 35 e 42 dias de idade e erros padrão.	69
Tabela 5 - Valores médios da PCR (Watts) dos animais aos 21, 28, 35 e 42 dias de idade para os tratamentos avaliados.....	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Objetivos	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1. Ambiência para aves.....	20
2.2. Índices de conforto térmico	21
2.2.1. Entalpia	21
2.2.2. Índice de temperatura de globo negro e umidade	22
2.2.3. Índice de temperatura de globo negro.....	23
2.2.4. Carga térmica radiante	23
2.3. Conforto térmico para aves de corte	23
2.3.1. Bem-estar animal	25
2.3.2. Estresse por calor	26
2.4. Fatores climáticos, condições fisiológicas e desempenho.....	27
2.5. Comportamento animal	30
2.5.1. Comportamento das aves	31
2.6. Influência das instalações no conforto térmico animal	32
2.6.1. Compósitos fibrosos como materiais de construção	34
2.7. Método dos elementos finitos para simulação de instalações rurais	36
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1. Local do experimento	39
3.2. Instalações.....	39
3.3. Animais do experimento.....	42
3.4. Manejo alimentar e ambiental	42
3.5. Telhas do experimento	45
3.5.1. Telhas de cimento com polpa celulósica	46
3.5.2. Telhas cerâmicas	47
3.5.3. Telhas de fibrocimento reforçadas com fibras de PVA.....	48
3.6. Parâmetros fisiológicos e de desempenho.....	49
3.7. Comportamento animal	52
3.8. Método dos elementos finitos para simulação do desempenho térmico....	53
3.9. Coleta dos dados ambientais.....	54

3.10. Montagem das fases experimentais	57
3.11. Forma de análise dos resultados.....	58
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1. Variáveis Climáticas.....	59
4.1.1. Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU)	60
4.1.2. Índice de Temperatura de Globo Negro (ITG)	64
4.1.3. Carga Térmica Radiante (CTR).....	65
4.2. Variáveis Fisiológicas	68
4.2.1. Temperatura Superficial Média (TSM).....	68
4.2.2. Perda de Calor por Radiação (PCR)	71
4.3. Desempenho animal.....	73
4.3.1. Consumo de Ração (CR)	73
4.3.2. Ganho de Peso Médio (GP)	75
4.3.3. Conversão Alimentar (CA).....	76
4.4. Comportamento animal	78
4.5. Simulação térmica dos ambientes avaliados	82
4.6. Comentários adicionais sobre os resultados	87
5. CONCLUSÕES	90
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

1. INTRODUÇÃO

A avicultura no Brasil é uma das atividades que mais tem se desenvolvido, com progresso tanto no número de animais abatidos como no de ovos produzidos, possibilitando à indústria avícola brasileira notável potencial para prover aos consumidores fonte protéica de boa qualidade e baixo custo.

A importância da avicultura brasileira pode ser mensurada pelos números de produção, exportação e disponibilidade interna relatados pela Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, que, em 2006, registrou produção acumulada de carne de frango da ordem de 9,353 milhões de toneladas. As exportações de carne de frango *in natura*, sem considerar a exportação de industrializados, alcançou a soma de 2,585 milhões de toneladas, que configurou recuo de 6,38% sobre as vendas externas do ano anterior. Para a disponibilidade interna de carne, foi obtido um aumento de 2,7% àquela registrada em 2005 (AVISITE, 2007).

No início dos anos 80, um frango com 70 dias de idade atingia aproximadamente 2,0 kg de peso vivo e apresentava conversão alimentar média de 3,5. Atualmente, em apenas 42 dias, é possível obter frangos com 2,3 kg de peso vivo e conversão alimentar de 1,8 (BUENO & ROSSI, 2006).

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). Os mesmos autores relatam que os aviários implantados no Brasil apresentam forte influência dos países de clima temperado.

Para o aprimoramento da produção avícola intensiva em países tropicais, como o Brasil, é necessário aperfeiçoar os abrigos e o manejo animal, para superar os efeitos prejudiciais provenientes dos fatores ambientais críticos, como: altos valores de temperatura e umidade relativa do ar. Assim, com o aumento do número de aves confinadas, as instalações devem assegurar a manutenção da homeotermia, do bem-estar animal e, conseqüentemente, da produtividade do setor avícola.

Segundo BOLIS (2001), o regime de total confinamento gera ambiente desfavorável ao bem-estar das aves, que pode provocar declínio nos índices

produtivos. Para BECKER (2002), a criação intensiva exige adaptações fisiológicas e comportamentais dos animais que, por sua vez, devem ser estudadas para avaliar quais os sistemas de criação mais adequados.

A importância da adequação climática das instalações para a criação de animais reside em sua ligação com a produtividade e a economicidade do empreendimento rural. As crescentes pressões para o aumento da produção no campo, a competitividade dos mercados interno e externo e a necessidade da conservação dos recursos ambientais apontam para a maior racionalização dos processos produtivos. Conseqüentemente, as instalações devem ser projetadas e construídas para minimizar o impacto ambiental e oferecer melhores condições de desenvolvimento para os animais.

Do ponto de vista bioclimático, um dos principais fatores que influenciam a carga térmica de radiação incidente são os telhados, principalmente em decorrência dos materiais de cobertura. Para NÃÃS et al. (2001), o telhado é o elemento construtivo mais significativo na instalação avícola, quanto ao controle da radiação solar incidente.

De acordo com SAVASTANO (2000), o uso de materiais alternativos (resíduos agro-industriais) pode fazer parte de programas de transferência tecnológica, especialmente no que se refere aos sistemas de cobertura de baixo custo.

1.1. Objetivos

Este trabalho propôs estudar o conforto térmico em galpões para criação de frangos de corte em regiões de clima tropical, tanto do ponto de vista das variáveis ambientais do micro-clima criado no seu interior, como também no que se refere aos reflexos causados sobre os animais confinados nesse ambiente. As coberturas analisadas consideraram algumas opções comercialmente disponíveis e, de acordo com as tendências de utilização por parte de grandes integradoras do setor. Assim, podem ser identificados os seguintes objetivos específicos:

- a) Calcular os índices de conforto térmico (carga térmica radiante, índice de temperatura de globo e umidade e índice de temperatura de globo) das instalações cobertas por diferentes tipos de telhas: cerâmica, de fibrocimento com reforço de fibras de PVA e de matriz de cimento com polpa celulósica;
- b) Determinar a relação entre o conforto gerado pelas coberturas e as variáveis fisiológicas de termorregulação (temperatura superficial média e perda de calor por radiação);
- c) Avaliar o desempenho produtivo animal a partir do consumo de alimento, ganho de peso e conversão alimentar;
- d) Monitorar o comportamento ingestório (água e alimento) dos animais, com o uso de câmeras de vídeo, e relacioná-lo com as condições ambientais de criação, e;
- e) Avaliar o método dos elementos finitos como ferramenta de estudo para predição do conforto térmico em galpões avícolas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Ambiência para aves

O conforto animal, até alguns anos atrás, era visto como um problema secundário tanto do ponto de vista ecológico quanto produtivo. Acreditava-se que o desconforto térmico se resolveria com o condicionamento artificial das instalações. Porém, não foram considerados os custos e as dificuldades da implantação desse tipo de sistema de produção. Na última década, a preocupação com o conforto animal vem crescendo notoriamente, principalmente em relação às respostas fisiológicas como indicadoras da condição de conforto animal (SILVA, 2001).

Conforme Tinôco (2001), a avicultura industrial brasileira passou de uma situação de quase indiferença aos princípios do acondicionamento térmico do ambiente, para uma situação em que cada empresa deve tomar decisões relativas à adoção de concepções arquitetônicas e manejos inovadores, associados aos sistemas de acondicionamento natural ou artificial.

Quando se fala em ambiência, é esperado o entendimento do ambiente onde o animal vive. Para Sousa (2002), a preocupação em fornecer um ambiente confortável requer o conhecimento dos fatores que definem esta adequação ambiental. São assim necessárias informações que orientem a compreensão das respostas produtivas dos animais sujeitos a um espaço restrito.

O ambiente externo ao animal compreende os fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que interagem com ele, produzindo reações em seu comportamento e definindo o tipo de relação animal-ambiente. Para Bueno (2004), o animal porta-se como um sistema termodinâmico que, continuamente, troca energia com o meio. Nesses processos, os fatores ambientais tendem a produzir variações internas no animal, influenciando a quantidade de energia trocada entre ambos, e podendo haver a necessidade de ajustes fisiológicos para ocorrência do balanço térmico.

Moura (2001) afirmou que a produtividade ideal, na avicultura de corte, pode ser obtida pela ave quando submetida à temperatura efetiva adequada, sem nenhum desperdício de energia, tanto para compensar o frio, como para acionar seu sistema

de refrigeração. Ressaltou ainda que a temperatura efetiva não se refere unicamente à temperatura ambiental, mas à combinação dos efeitos da temperatura de bulbo seco, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento.

A temperatura ambiente é considerada o fator físico de maior efeito no desempenho de frangos de corte, pois exerce grande influência no consumo de ração e, com isto, afeta diretamente o ganho de peso e a conversão alimentar dos animais.

Sartori et al. (2001a) estudaram os efeitos da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição do músculo flexor longo de frangos de corte. Independentemente do programa de alimentação, houve efeito de temperatura para ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. Ou seja, a temperatura ambiente afeta o desempenho dos frangos de corte.

Segundo Teeter & Belay (1993), se os fatores combinados temperatura e umidade relativa ultrapassam os limites da faixa de conforto ambiental, denominada zona termoneutra, sua habilidade de dissipar calor é altamente reduzida. É imprescindível ter um microclima ideal no interior do galpão, a fim de atingir eficiência de conversão energética mais próxima de 100%.

2.2. Índices de conforto térmico

Com o objetivo de determinar níveis de conforto térmico para os animais em relação às condições ambientais, diversos índices foram e são desenvolvidos. Segundo Moura & Nããs (1993), os índices de conforto térmico 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.

2.2.1. Entalpia

A entalpia é um índice físico que pode ser usado para correlacionar temperatura de bulbo seco e umidade relativa a um determinado ambiente, em que

para cada estágio de crescimento e produção as aves têm uma situação ideal (ARADAS, 2001).

Segundo Savastano Junior et al. (1997), quanto maior a entalpia maior é o calor existente no ambiente e mais desconfortante é o dia. Assim, o uso do conceito da entalpia, para seleção de períodos críticos, permite a avaliação correta da produção e da mortalidade, no caso de situações completamente adversas à zona de termoneutralidade (NÃÃS et al., 1995).

2.2.2. Índice de temperatura de globo negro e umidade

O ambiente térmico representado por temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e radiação, cujo efeito combinado pode ser quantificado pelo índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), afeta diretamente as aves e compromete sua função vital mais importante, que é a homeotermia (SARTORI et al., 2001a). Esse índice foi desenvolvido com base no índice de temperatura e umidade (ITU), mas utiliza a temperatura de globo negro no lugar da temperatura de bulbo seco.

Segundo Lima (2005), valores altos de ITGU resultam em inibição do desenvolvimento produtivo das aves, o que é indesejável para indústria avícola. Entretanto, as limitações climáticas podem ser amenizadas a partir de um projeto de instalação adequado em conjunto com alimentação e manejo racional, bem como técnicas de modificações térmicas ambientais.

Os valores do ITGU atingem o máximo entre as 12 e 14 h (período mais quente do dia) devido à elevação da temperatura da vizinhança ao globo negro, principalmente pelas temperaturas do solo aquecido e superfície inferior da cobertura, que se elevam com o aumento da irradiação solar global (ROSA, 1984). Assim, o globo negro recebe mais calor do ambiente, o que acarreta elevação de sua temperatura e conseqüente acréscimo nos valores do ITGU.

Para Sartor et al. (2001), as limitações climáticas podem ser amenizadas a partir de um projeto de instalação adequado em conjunto com alimentação e manejo racional, bem como técnicas de modificações térmicas ambientais.

2.2.3. Índice de temperatura de globo negro

Segundo Sevegnani (1997), a temperatura de globo negro também é usada como parâmetro para a avaliação das condições internas das instalações. Portanto, decidiu-se utilizá-la como índice (ITG) na comparação dos diferentes tipos de sistemas de condicionamento.

Para Bedford & Warner (1934), o termômetro de globo negro indica os efeitos combinados de radiação, convecção e sua influência sobre o organismo vivo.

2.2.4. Carga térmica radiante

A carga térmica radiante (CTR) é a radiação total recebida por um corpo de todo o espaço circundante. Do ponto de vista bioclimático, um dos principais fatores que influenciam a carga térmica radiante são os telhados, principalmente em decorrência dos materiais de cobertura (SILVA & SEVEGNANI, 2001).

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 (ABREU et al., 2001).

Em condições de regime permanente, esse índice expressa a radiação total recebida pelo globo negro e considera os efeitos da velocidade do vento e da temperatura ambiente.

2.3. Conforto térmico para aves de corte

Os produtores de frangos de corte das regiões tropicais e subtropicais têm enfrentado problemas causados pelo calor durante os meses quentes do ano. À medida que a ave se desenvolve diminui sua resistência ao calor (MACARI et al., 2002).

Os animais de produção comercialmente desenvolvidos pela genética para otimização da carcaça possuem, em geral, uma capacidade moderada para se protegerem do calor intenso. A maioria desses animais, na fase de produção de maior peso corporal, apresenta potencial termorregulador melhor desenvolvido para reagir ao frio, sem ter muita defesa para o calor (ARADAS, 2001). Conseqüentemente, em ambientes que apresentem temperaturas máximas críticas é importante o controle da temperatura efetiva incidente através do monitoramento ambiental da edificação.

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. A temperatura efetiva não se refere unicamente à temperatura ambiental, mas sim à combinação dos efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade relativa, da radiação solar e da velocidade do vento.

As aves jovens, até 15 dias após o nascimento, não têm seu sistema termorregulador totalmente desenvolvido e necessitam de uma fonte externa de calor para manutenção da temperatura ambiente em aproximadamente 35°C, tornando sua temperatura corporal constante entre 39°C e 40°C. Yahav (2002) demonstrou que aves sob estresse térmico na primeira semana de vida apresentam melhor desempenho produtivo aos 42 dias de vida. O autor conclui que a aclimação a ambientes adversos consiste na habilidade dos organismos homeotermos em manterem a temperatura corporal constante.

Com o desenvolvimento do sistema termorregulador e o aumento das reservas energéticas a temperatura crítica superior da ave passa de 35°C para 24°C em quatro semanas, chegando a 21°C na sexta semana de vida, já próximo ao abate. Nessa fase, a temperatura corporal dos frangos adultos na zona termoneutra é de 41°C. Sob temperaturas ambientais maiores que 32°C e taxas superiores a 75% de umidade relativa as aves são severamente estressadas (MOURA, 2001).

No caso das aves, em especial o frango de corte, embora sendo considerada na literatura a máxima crítica superior de 27°C, em geral não há mortalidade. O que ocorre é a demonstração dos sinais de estresse calórico e, conseqüentemente, o ganho de peso é afetado negativamente (ARADAS, 2001).

2.3.1. Bem-estar animal

A grande procura dos consumidores por produtos diferenciados e de qualidade superior vem gerando mudanças nos sistemas de criação de frangos (VERCOE et al., 2000). Segundo Blokhuis (2004), o tema bem-estar animal tem sido discutido cada vez mais entre os consumidores europeus. O regime de confinamento total causa estresse intenso, resultando em respostas fisiológicas e comportamentais que podem causar problemas à saúde e ao bem-estar dos animais (MARIN et al., 2001).

Atualmente, o caráter industrial das criações requer o controle das condições do ambiente interno visando o bem-estar animal, considerando aspectos sanitários, fisiológicos e comportamentais. Tudo isso sugere estudos multidisciplinares para o entendimento do bem-estar animal, seja para a obtenção de melhor desempenho produtivo ou para adaptação dos animais criados em regiões com climas diferentes ao de sua origem genética.

De acordo com o *Farm Animal Welfare Council's* (FAWC, 1992), os cinco níveis de bem-estar dos animais domésticos são:

1. Estar livre de fome, sede ou má-nutrição;
2. Estar livre de desconforto;
3. Estar livre de dor, injúria ou doença;
4. Estar livre para expressar seu comportamento normal;
5. Estar livre de medo e estresse.

O regime de confinamento total, que aperfeiçoa a produção por área, gera um ambiente desfavorável ao bem-estar das aves, podendo promover declínio nos índices produtivos (BOLIS, 2001).

Nas condições brasileiras, é comum uma densidade de 12 frangos/m², em média, que são abatidos ao redor de 42 dias de idade com, aproximadamente, 2,30 kg. Isso significa 27,60 kg de frango/m² de instalação no sistema de criação convencional (LIMA, 2005). Moreira et al. (2004) constataram que o aumento da densidade populacional de 10 para 16 aves/m² causa redução no ganho e peso,

principalmente na fase final de criação, apesar de não haver diferenças entre 13 e 16 aves/m².

McInerney (2004) desenvolveu um modelo de avaliação da produtividade em relação ao bem-estar animal, ressaltando o bem-estar como uma necessidade básica do ser vivo.

Hellmeister Filho et al. (2003) declaram que, em um sistema de criação, o bem-estar e a saúde do animal devem ser considerados como critérios principais, pois a produção depende diretamente desses fatores.

2.3.2. Estresse por calor

De acordo com Von Borell (1995), estresse é um termo geral que implica ameaça ao animal, que necessitará realizar ajustes em seu organismo para manter sua homeotermia.

Na zona termoneutra (variável para cada fase), o animal alcança seu potencial máximo e a temperatura corporal é mantida com o mínimo uso dos mecanismos de termorregulação. Em condições de estresse térmico, as aves tentam compensar sua reduzida habilidade de dissipar calor latente ativando os processos fisiológicos responsáveis pela dissipação de calor para o ambiente externo (MOURA, 2001).

O ambiente ao qual as aves estão submetidas constitui um dos principais fatores responsáveis pelo sucesso ou fracasso do empreendimento avícola. Nesse contexto, os fatores térmicos (radiação térmica, temperatura ambiente, umidade relativa e movimentação do ar) comprometem a função vital mais importante dos animais: a homeotermia. Assim, os principais mecanismos utilizados pelas aves para perda de calor são: radiação, convecção e evaporação.

O resfriamento adiabático através da evaporação da água pelo sistema respiratório constitui um importante meio de perda de calor para as aves, que não possuem glândulas sudoríparas. Para cada grama de água que se evapora, são dissipados aproximadamente 0,55 kcal de energia. Segundo Moura (2001), quanto maior a pressão de vapor no ambiente, maior a dificuldade de liberação de calor por

meios evaporativos. O aumento dos movimentos respiratórios somente é eficiente quando a umidade relativa ambiental se encontra em níveis menores que 70%.

Com umidade relativa muito alta, a ave não suporta elevada temperatura ambiente, o que pode elevar a temperatura corporal e promover a prostração do animal. Mas quando a temperatura corporal alcançar 47°C terá sido alcançado o limite máximo fisiológico vital da ave (NÃÃS, 1994 e RUTZ, 1994). A preocupação aumenta na medida em que a ave envelhece, especialmente as linhagens mais pesadas, pois a área superficial necessária para a dissipação de calor diminui proporcionalmente com a idade e o peso corporal.

Segundo Lima (2005), aves submetidas a temperaturas ambientais fora da zona de termoneutralidade respondem com comportamentos alimentares e atitudes físicas características como, por exemplo, queda na ingestão de alimento e abertura das asas para aumento da área de superfície corporal, o que facilita as perdas de calor por convecção. Para facilitar a dissipação do calor, um maior fluxo de sangue é desviado para os tecidos periféricos, transportando o calor interno até a superfície da ave, mas, apenas 10% do seu corpo não são cobertos por penas, sendo esses a crista, a barbela, as canelas e os pés.

O consumo médio de água, geralmente, corresponde a duas vezes o consumo alimentar. Entretanto, essa relação aumenta para temperaturas extremamente altas. O consumo alimentar é mais crítico no calor, em razão dos níveis mais baixos de ingestão, o que reduz o consumo ideal de nutrientes (LANA et al., 2000).

Resumidamente, as conseqüências mais importantes na presença do estresse térmico por calor são: queda no consumo de alimentos, menor taxa de crescimento, queda na produção de ovos, maior incidência de ovos com casca mole e de menor densidade, diminuição da eclodibilidade e aumento da mortalidade.

2.4. Fatores climáticos, condições fisiológicas e desempenho

O clima é o fator mais importante a ser considerado na criação dos animais de produção. As adversidades climáticas alteram as condições fisiológicas e

ocasionam o declínio na produção animal, principalmente no período de menor disponibilidade de alimentos.

Fatores ambientais relacionados ao clima e às instalações, técnicas de manejo, nutrição e genética definem o ambiente que circunda o animal, bem como determinam sua capacidade de responder aos estímulos ambientais, que agem de forma interativa e, potencialmente, afetam a qualidade da carne (BERTOL, 2004). De acordo com Lima (2005), as condições de criação do frango, como temperatura, estresse calórico e densidade de criação, podem afetar a capacidade de retenção de água da carne.

Julian (2004) estudou a temperatura ambiental associada ao metabolismo para aves jovens, reafirmando que, quando a temperatura ambiental torna-se crítica, pode ocasionar o aumento da mortalidade no lote.

De acordo com Bermudez (2003), as doenças causadas por agentes infecciosos são complexas e dependentes de vários fatores, como: hospedeiro, agente infeccioso e condição ambiental da granja. Períodos de estresse estão sempre relacionados com a duração e a severidade das doenças, sejam elas de origem genética, metabólica ou infecciosa.

Temperaturas ambientais muito elevadas associadas a altos valores de umidade relativa do ar causam redução no desempenho produtivo. Mas o distanciamento da temperatura ambiente dos valores próximos à região termoneutra dos animais, perturba o mecanismo termodinâmico das aves de se protegerem dos extremos climáticos, levando ao desperdício de energia (ABREU & ABREU, 2003).

Conforme a Figura 1 que segue, dentro da zona de termoneutralidade existe uma zona mais estreita (A), faixa ótima para o desempenho e a saúde animal. Anterior e posterior à zona ótima (A) existem as zonas (B), onde ocorrem pequenas perdas no desempenho (perdas normais de 1 a 2%), que não justificam o investimento em manejo ambiental como, por exemplo, a construção de instalações especializadas. A partir das temperaturas críticas inferior e superior, são caracterizadas as zonas de desconforto térmico animal inferior e superior (estresse térmico).

Figura 1. Representação esquemática da zona de termoneutralidade (Adaptado de BACCARI JÚNIOR, 1998).

Borges et al. (2003) relatam que entre as respostas fisiológicas compensatórias das aves, quando expostas ao calor, inclui-se a vasodilatação periférica. Assim, na tentativa de dissipar mais calor, a ave consegue aumentar sua área superficial mantendo as asas afastadas do corpo, eriçando as penas e intensificando a circulação periférica. A perda de calor não evaporativo também pode ocorrer com o aumento da produção de urina, se esta perda de água for compensada pelo maior consumo de água fria. A perda de água pode resultar em perda de massa corporal (MACARI et al., 2002).

Outra resposta ao estresse por calor é o aumento da concentração de glicose no sangue em resposta direta à maior secreção de adrenalina, noradrenalina e glicocorticóides (BORGES, 2001).

Na medida em que a temperatura ambiente aumenta, as perdas de calor sensível dos animais por condução, convecção e radiação ficam comprometidas. Segundo Moura (2001), quando a temperatura ambiente se aproxima da temperatura corporal das aves (41°C), a eficiência dos meios “secos” de troca de calor decresce. Nesse ponto, o mecanismo principal de perda de calor passa a ser o processo de evaporação de água pelo trato respiratório.

A hiperventilação pulmonar, ocasionada pelo aumento dos movimentos respiratórios, resulta em perdas significativas de CO₂, fazendo com que ocorram perturbações no equilíbrio ácido-básico sanguíneo das aves que, dependendo do tempo de exposição ao estresse, podem levá-las a óbito. Borges et al. (2003)

concluem que a exposição de frangos de corte a temperatura ambiental elevada resulta em alcalose respiratória, provocando queda de desempenho zootécnico. As aves passam a utilizar a gordura corporal como fonte de energia, já que esta produz menor incremento calórico que o metabolismo de proteínas e carboidratos presentes na ração. A redução no consumo afeta diretamente a produtividade do lote, culminando em redução do ganho de peso das aves (MOURA, 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, consequentemente, as exigências nutricionais (CURTIS, 1987).

Para Swenson & Reece (1996), muitos fatores podem causar variações “normais” na temperatura corporal dos homeotérmicos, como, por exemplo: idade, sexo, temperatura ambiente, alimentação, digestão e ingestão de água.

Quando os animais são expostos a altas temperaturas ambientais, eles são estressados não só pelo aumento da temperatura corporal, mas também pela complexidade dos processos dissipadores de calor, que requerem energia.

2.5. Comportamento animal

Um campo extenso a ser pesquisado e discutido é o do comportamento como ferramenta para indicar o estado de bem-estar dos animais em sistemas de produção. Duncan & Mench (1993) propuseram que o comportamento pode ser utilizado para identificar estados de sofrimento do animal e, em particular, estados de febre, frustração e dor em vários sistemas de produção animal.

Um trabalho desenvolvido para avaliação de ferramentas e estratégias para medição do comportamento de animais foi descrito por Donát (1991). Neste trabalho, o autor relata o poder das novas tecnologias e ferramentas disponíveis, tais como câmeras, computadores, *softwares*, para um considerável aumento da eficiência de trabalhos experimentais para análises de comportamento dos animais.

2.5.1. Comportamento das aves

Tradicionalmente, a avaliação e o controle do ambiente térmico e, conseqüentemente do conforto dos animais criados em condições de confinamento, são baseados em valores pré-estabelecidos de temperatura e umidade relativa. Entretanto, esta forma tradicional de quantificar o estado de conforto ou desconforto ao qual um animal está submetido não é suficiente para se obter as reais necessidades dos animais (XIN & SHAO, 2005). Para Ferrante et al. (2001), o comportamento animal está ligado ao ambiente de criação e a melhora deste ambiente pode beneficiar a produção.

As aves respondem de maneira diferente, dependendo da condição de temperatura e umidade relativa interna. A ingestão de ração e água é influenciada pela condição ambiental. Assim, o monitoramento por câmeras de vídeo possibilita o estudo da influência das variáveis ambientais sobre o comportamento alimentar dos animais e conseqüente desempenho produtivo.

Durante estresse térmico, as aves alteram seu comportamento para auxiliar na manutenção da temperatura corporal dentro de limites normais. Ajustes de comportamento podem ocorrer rapidamente e a um custo menor do que os ajustes fisiológicos (PEREIRA et al., 2002).

A maioria dos estudos de comportamento de matrizes de frangos de corte ou poedeiras é realizada em câmaras climáticas, o que torna possível a avaliação do comportamento individual dos animais (PEREIRA, 2005; BARBOSA FILHO, 2003; PEREIRA et al., 2002). O estudo do comportamento em densidade real de criação, ou seja, superior a 10 animais/m², ainda é pouco explorado, principalmente para frangos de corte.

A observação do comportamento com as câmeras de vídeo é uma alternativa barata e eficiente. Os dados podem ser analisados a qualquer tempo, sem os erros cometidos na observação direta e subjetiva de um indivíduo e, sobretudo, sem a interferência no comportamento do animal pela presença humana, como citado por Sergeant et al. (1998).

Pandorfi (2002) avaliou o comportamento de leitões em diversos sistemas de aquecimento no escamoteador, utilizando o sistema de monitoramento por câmeras de vídeo e, também, por sistema de identificação por rádio-frequência e

transponders. O autor concluiu que o sistema de monitoramento por rádio-freqüência apresentou um erro 21% menor na detecção da presença dos animais em relação às câmeras de vídeo.

2.6. Influência das instalações no conforto térmico animal

O conforto térmico de uma edificação depende de fatores como: o calor interno produzido pelos animais, o calor por incidência solar que penetra na construção, o calor trocado por condução através de paredes e cobertura e as trocas térmicas de aquecimento ou resfriamento provocadas pelo ar de ventilação.

As instalações avícolas no Brasil possuem, normalmente, um baixo isolamento térmico, principalmente na cobertura. 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. Conseqüentemente resulta disso a ocorrência de altas amplitudes térmicas diárias (MOURA, 2001).

Outro efeito importante é a diminuição da amplitude térmica no galpão, que, se for grande, pode trazer sérios prejuízos às aves (NÃÃS et al., 1995). De acordo com McFerran (1993), galpões com bom isolamento térmico oferecem melhor retorno econômico e reduzem o aparecimento de dermatites causadas pela maior umidade na cama. O autor, também, comenta que o maior prejuízo resultante de camas excessivamente úmidas é visto por meio da piora da conversão alimentar das aves.

A produção de umidade pelas aves está diretamente relacionada com a temperatura ambiente e a densidade de criação. Altas densidades de criação geram um ambiente desfavorável ao bem-estar das aves, promovendo o declínio dos índices produtivos (GARCIA et al., 2002).

Os componentes que mais contribuem para a alta umidade das instalações avícolas são: a quantidade de água eliminada nas fezes, a água evaporada por via respiratória e o vapor de água contido no próprio ar. A utilização de materiais de alto poder de reflexão e que acarretam grande amortecimento térmico é recomendável, pois a carga térmica será reduzida e retardar-se-á a penetração de calor na

edificação. A seleção do material para cobertura é, portanto, de grande importância para o conforto térmico das instalações, favorecendo a eficiência alimentar, a produtividade, o desenvolvimento dos animais e o controle de enfermidades e parasitas.

Segundo Oliveira et al. (2000), o fator mais importante é a quantidade de radiação que chega até as aves, a qual é determinada pelo tipo de material de cobertura ou pela presença de um isolante térmico, que é o meio mais eficiente e econômico de melhorar as condições ambientais de edificações em geral.

A radiação solar representa cerca de 75% da carga térmica transferida. Os principais fatores que interferem nessa transferência térmica são: o material de cobertura, a orientação da construção, a projeção do telhado, a insolação e a vegetação presente na circunvizinhança (MORGAN, 1990).

Para Nããs et al. (2001), climatizar é adaptar o ambiente interno da construção às condições ideais de alojamento da ave, tendo sempre como parâmetro de referência as condições exteriores. Atingir o conforto térmico no interior da instalação, face às condições climáticas inadequadas, torna-se um desafio, visto que situações extremas de calor ou frio afetam a produção. A climatização torna-se, então, uma saída estratégica para se criar certa independência do clima externo.

As instalações, maior volume de investimento inicial fixo, são construídas em razão dos custos e facilidades para o produtor, ficando negligenciado o conforto animal. Uma instalação zootécnica deve visar o controle de elementos climáticos, como: temperatura, umidade relativa, ventilação, insolação, higiene, alimentação e bem-estar, favorecendo a produção.

O acondicionamento térmico natural, sem o uso de equipamentos para ventilação, nebulização e resfriamento adiabático, tem como recursos: a adequada locação e orientação do galpão, a ventilação natural e o uso de materiais que resistam às mudanças bruscas de temperaturas. O acondicionamento térmico natural, por ser mais barato, deve ser buscado antes dos equipamentos de acondicionamento térmico artificial (TINÔCO, 1995).

Na edificação, os fatores que mais interferem nas condições climáticas são: as paredes, a altura do pé-direito, o piso e, principalmente, o material de cobertura, que recebe quase toda a radiação solar incidente e é o maior responsável pelo microclima interno do edifício (GHELFI FILHO et al., 1992).

Seja para a readequação dos galpões existentes ou para a concepção de novas unidades, é necessário considerar a escolha dos materiais e das técnicas construtivas mais adequadas às diferentes realidades climáticas e econômicas de cada região (TINÔCO, 2001).

2.6.1. Compósitos fibrosos como materiais de construção

Por ser a indústria que mais consome materiais naturais, a construção civil é, potencialmente, um grande mercado para a utilização de produtos reciclados e subprodutos industriais (JOHN, 1999).

Os materiais de construção utilizados em construções para criação animal, devem possuir, além dos requisitos de resistência mecânica, durabilidade e excelente capacidade de isolamento térmico. Isso porque o desempenho da produção animal está diretamente associado ao conforto térmico no interior da construção (PADILHA et al., 2000).

A investigação de novos fibrocimentos tem se intensificado nos últimos anos. A tendência de substituição dos componentes de cimento amianto, potencialmente danosos à saúde humana (GIANNASI & THEBÁUD-MONY, 1997), aliada à necessidade de desenvolvimento de novos materiais, conduz à busca de matérias-primas compatíveis com o parque industrial do país, e que aliem aspectos técnicos e econômicos vantajosos (KAWABATA, 2003).

O uso de fibras permite a obtenção de produtos chamados compósitos que, além de menor massa específica aparente e maior porosidade, apresentam valores satisfatórios de resistência à tração e ao impacto, maior controle de fissuração, além de comportamento dúctil na ruptura.

Em todo o mundo, esses fibrocimentos alternativos já fazem parte de programas de transferência tecnológica, especialmente no que se refere aos sistemas de cobertura de baixo custo, como reportado por Roma Júnior (2004), Kawabata (2003), e Caldas et al. (2000).

Em países tropicais, os resíduos gerados pela agroindústria da fibra vegetal podem constituir importante fonte de matéria-prima para a produção de componentes construtivos, dependendo das quantidades disponíveis e da dispersão

geográfica, como também dos custos de coleta e transporte (SAVASTANO JUNIOR et al., 1999 e JOHN, 1999). Nessas regiões tropicais e subtropicais, fibras naturais de bambu, coco e sisal, por exemplo, são abundantemente disponíveis e relativamente baratas (GHAVAMI et al., 1999).

A técnica mais efetiva é a reutilização desses resíduos para a fabricação de novos produtos, o que depende do propósito de uso, como, por exemplo, fertilizantes e material de construção (KHEDARI et al., 2001).

O emprego de cimentos compostos (com adição de material carbonático, escória de alto forno e cinza pozolânica) permite a redução no uso do clínquer, matéria-prima do cimento, com a conseqüente diminuição do gasto energético nos fornos rotativos das fábricas e a queda no teor de CO₂ gerado no processo, o que vem reforçar a importância da reciclagem de resíduos (JOHN e ZORDAN, 2001). Para a produção de uma tonelada de cimento é lançada ao ar 0,6 tonelada de monóxido de carbono, um dos gases causadores do efeito estufa.

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 Swamy (1990), o emprego dos compósitos em placas, telhas de cobertura e componentes pré-fabricados pode representar significativa contribuição para o rápido crescimento da infra-estrutura de países em desenvolvimento.

Atualmente, estima-se que a produção mundial de compósitos cimentícios com reforço de fibras celulósicas, combinadas ou não a fibras plásticas, ultrapassa três milhões de toneladas ao ano e, tal produção está localizada, em grande parte, nos EUA, Europa, Oceania e Ásia (HEINRICKS et al., 2000). Diante desse quadro mundial, torna-se necessário o aprimoramento de formulações à base de cimento com reforço de fibras celulósicas ou plásticas para as condições brasileiras, e tecnicamente compatíveis com o mercado consumidor tanto para construções novas como na manutenção das já existentes.

Iniciativas de produção de fibrocimentos alternativos encontram grande interesse econômico e ambiental nas situações direcionadas à construção rural e ao aproveitamento de resíduos. 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. Portanto, o desenvolvimento dessa técnica de

reciclagem de resíduos vem contribuir, substancialmente, para a produção de novos produtos destinados à construção e para a preservação do meio ambiente.

Compósitos à base de cimento não convencional têm sido alvo de estudos há mais de 25 anos no Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. A Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP) também tem desenvolvido pesquisas na área há cerca de dez anos.

2.7. Método dos elementos finitos para simulação de instalações rurais

A interdisciplinaridade tem contribuído muito com o estudo da ambiência animal. O uso de tecnologias desenvolvidas em outras áreas de conhecimento, como, por exemplo, a informática com o desenvolvimento de softwares, tem proporcionado grandes avanços no estudo da ambiência, principalmente pelo aperfeiçoamento da coleta de dados para predição e elaboração de novos índices de conforto térmico.

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

Para Astley (1992), 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 (Figura 2).

Figura 2. Exemplo de aplicação do FEM na engenharia aeroespacial (modelo global de aeronave), com representação da variação de temperatura através da escala de cores (SOBRINHO, 2006).

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. Por exemplo, as paredes de uma edificação são subdivididas em elementos quadriláteros finitos, formando um tipo de malha imaginária, em que a somatória dos elementos representa o todo. Com essa subdivisão, é possível avaliar uma porção (elemento) da parede, o que resulta num estudo completo e criterioso das trocas térmicas entre os materiais construtivos e o ambiente circundante, determinando o nível de conforto térmico da instalação.

A definição dos elementos, em cada componente construtivo (solo, paredes, cobertura e ar), e a conseqüente formação das malhas, que caracterizam o Método dos Elementos Finitos, é aperfeiçoada com um maior número de subdivisões, o que aumenta a confiabilidade dos cálculos e melhora a acurácia do mapeamento térmico (HUANG, 1994).

De acordo com Akiyoshi (2002), o setor siderúrgico tem realizado simulações computacionais, a partir do FEM, para avaliação de cerâmicas refratárias em função da variação na temperatura. Todavia, a capacidade de antever o comportamento real de uma peça está intimamente relacionada com a precisão dos dados utilizados para abastecer os programas de simulação.

Outra aplicação do método dos elementos finitos é o estudo dos efeitos do clima (temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar) sobre placas de concreto de cimento Portland em pavimentos, tornando possível prever os possíveis parâmetros que interferem na ocorrência do empenamento das placas (BALBO et al., 1999).

Segundo Holman (1986), a modelagem matemática pelo FEM se dá a partir de informações específicas da composição do objeto estudado (densidade, condutividade e 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 e 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.

A simulação de instalações zootécnicas, pelo método dos elementos finitos, com base nas variações climáticas e construtivas, permite prever se o ambiente de criação é adequado para os animais e, conseqüentemente, se o conforto térmico foi alcançado em toda a instalação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

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 em Pirassununga-SP.

O município de Pirassununga encontra-se na altitude de 630 m, coordenadas 21°57'02" de latitude Sul e 47°27'50" de longitude Oeste. O clima da região é do tipo Cwa de Köppen, tropical, sazonal, com duas estações bem definidas, verão chuvoso (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro), com raras ocorrências de geada. A temperatura média anual é de 22,0°C e a pluviosidade média anual é de 1363 mm (SAVASTANO JUNIOR, 2001).

3.2. Instalações

A instalação experimental utilizada apresenta orientação nordeste–sudoeste e a planta baixa correspondente está representada na Figura 3.

Figura 3. Planta baixa, cortes transversais (BB e CC) e fachada principal da instalação, com obstruções parciais das aberturas (em azul marinho e marrom) para igualar a área de ventilação entre os tratamentos (escala 1:100).

A instalação contava com cortinas plásticas azuis, de controle manual, em áreas teladas de $5,52 \text{ m}^2$ na fachada principal em cada tratamento, a partir do peitoril. A face oposta apresentava abertura total de $0,36 \text{ m}^2$ por tratamento. O telhado original era de cerâmica vermelha (telhas capa canal tipo “paulistinha”) e

sem lanternins, com inclinação de 40%, apresentando comprimento de 16,00 m e largura de 6,45 m (sendo, aproximadamente, 0,40 m de beiral nas laterais), o que corresponde à área total de 103,20 m². A maior altura entre o piso e a cobertura era de 4,20 m, já a menor altura era de 2,20 m. 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.

Como ilustrado na Figura 3, para evitar diferenças entre os tratamentos, foram feitos cálculos para garantir a mesma proporção de área de ventilação e iluminação para cada um dos ambientes experimentais. Também, foram guardadas áreas de bordaduras de 1,50 m (setas horizontais na Figura 4) entre os tratamentos, com a finalidade de evitar a interferência térmica entre as coberturas analisadas.

Figura 4. Corte longitudinal (AA) da instalação com esquema de cores para as diferentes coberturas e área de locação dos animais (escala 1:100).

Quando os animais completaram 14 dias de vida, cada tratamento foi dividido em dois boxes para separar as duas linhagens. A barreira física utilizada, com altura de 1,00 m, foi composta por tela e painel de partículas de média densidade (medium density particleboard - MDP). Foram formados os seguintes boxes:

Box 1a: Telhado de fibrocimento com reforço de polpa celulósica – linhagem Cobb (110 animais);

Box 1b: Telhado de fibrocimento com reforço de polpa celulósica – linhagem CPK Isa Hubbard (110 animais);

Box 2a: Telhado de cerâmica - linhagem Cobb (110 animais);

Box 2b: Telhado de cerâmica – linhagem CPK Isa Hubbard (110 animais);

Box 3a: Telhado de fibrocimento com reforço de fibra de PVA – linhagem Cobb (110 animais);

Box 3b: Telhado de fibrocimento com reforço de fibra de PVA – linhagem CPK Isa Hubbard (110 animais).

3.3. Animais do experimento

Foram adquiridos, na M. J. Avícola de Ribeirão Preto-SP, em uma única fase para se evitarem grandes diferenças entre os lotes, 330 pintinhos para corte da linhagem Cobb (comercial de coloração branca) e 330 pintinhos para corte da linhagem CPK Isa Hubbard (semi-caipira de plumagem vermelha escura e/ou marrom), com idade inicial entre um e dois dias, vacinados contra as doenças de Marek, Bouda e Gumboro, e sexados no incubatório para a utilização de machos.

As duas linhagens foram distribuídas nos três tratamentos na densidade de 13 aves/m². A separação por linhagem foi realizada após 14 dias de idade. O fornecimento de ração e água durante todo o experimento seguiu as recomendações descritas por Mendes et al. (1994).

3.4. Manejo alimentar e ambiental

O manejo alimentar foi dividido em duas fases:

Fase inicial (um a 21 dias de idade): nesta fase, não houve qualquer tipo de controle ingestório, sendo fornecida ração inicial *Startil* da marca Socil[®], cuja composição básica e os níveis de garantia encontram-se a seguir:

Composição básica: milho integral moído, farelo de soja, farelo de algodão, farelo de trigo, farelo de arroz, cloreto de sódio (sal comum), carbonato de cálcio, fosfato bicálcico, aditivo coccidiostático, premix vitamínico e mineral.

Níveis de garantia: umidade = 13%, proteína bruta = 21%, extrato etéreo = 2%, matéria mineral = 8,5%, Ca = 1,7%, P = 0,35% e coccidiostático = 0,0125%.

Fase final (22 a 45 dias de idade): fornecimento de ração de crescimento *Broilil* da marca Socil[®], havendo o controle do consumo de alimento, a partir de pesagens diárias das sobras de ração em cada um dos cochos. A composição básica e os níveis de garantia da ração encontram-se abaixo:

Composição básica: milho integral moído, farelo de soja, farelo de algodão, farelo de trigo, cloreto de sódio (sal comum), carbonato de cálcio, fosfato bicálcico, aditivo coccidiostático, premix vitamínico e mineral.

Níveis de garantia: umidade = 13%, proteína bruta = 19,5%, extrato etéreo = 2%, matéria mineral = 9%, Ca = 1,9%, P = 0,4% e coccidiostático = 0,009%.

Até o sétimo dia, foram utilizados três bebedouros tipo copo e três comedouros tubulares infantis em cada um dos tratamentos. A partir do décimo quarto dia os animais foram divididos em boxes, sendo formados dois boxes por tratamento a partir das linhagens. A água passou a ser fornecida em bebedouros tipo pendular e a ração em comedouros tubulares para aves adultas, a partir do sétimo dia, na quantidade de um bebedouro e dois comedouros por box (Figura 5).

Figura 5. Visão parcial de um dos bebedouros (A) e comedouros (B) utilizados no período experimental.

O manejo alimentar, caracterizado pela pesagem das sobras e fornecimento de ração e limpeza dos bebedouros, foi realizado diariamente às 7 h. Os bebedouros pendulares eram lavados e os cochos tubulares recebiam, diariamente, ração farelada apropriada para a fase de criação. Às 14 e 19 h, a ração contida nos cochos era remexida para não haver compactação e privação alimentar. O fornecimento de água foi *ad libitum*.

O manejo das cortinas acompanhou as mudanças climáticas, sendo abaixadas completamente para permitir a renovação do ar interno e a ventilação das instalações nos dias quentes, pois não havia ventilação artificial. Durante a fase inicial, quando os animais necessitavam de calor, a abertura das cortinas foi parcial e sua função era apenas a renovação do ar interno. Foram utilizadas três campânulas elétricas para promover o aquecimento das aves até os 14 dias de vida. Cada campânula era composta por duas lâmpadas incandescentes mistas (220 W) e uma lâmpada de secagem (220 W) (Figura 6).

Figura 6. Vista interna da campânula de aquecimento e disposição das lâmpadas.

Segundo Buxadé (1988), a maior velocidade de crescimento em frangos de corte acontece em presença de luz verde ou azul. Utilizando cortinas com uma dessas colorações, pode-se conseguir um ambiente favorável, já que permanecem fechadas por períodos de tempo consideráveis. Perdomo (1998) recomenda a cor verde clara, por causa da melhor dispersão térmica e da sensação de bem estar.

Porém, adotaram-se cortinas azuis disponíveis no Setor de Avicultura da PCAPS USP (Figura 7).

Figura 7. Instalação utilizada com cortinas azuis, antes da adaptação das áreas de ventilação e luminosidade.

3.5. Telhas do experimento

Para o desenvolvimento do experimento, a área total da cobertura foi dividida em três tratamentos, a saber: 1) telhas de cimento com polpa celulósica, 2) telhas de cerâmica tipo romana e 3) telhas de fibrocimento com fibras de PVA.

Para não haver influência entre os tratamentos (coberturas), foram destinadas áreas de bordadura, em que uma faixa com 1,50 m de largura foi reservada para dividir e dissipar qualquer tipo de interação entre as coberturas e, conseqüentemente, entre os ambientes de criação dos animais.

3.5.1. Telhas de cimento com polpa celulósica

Neste experimento, foram testadas as telhas produzidas por Kawabata (2003) a partir do uso de matriz à base de Cimento Portland CPIII com adição de escória de alto-forno moída, reforçadas com polpa celulósica de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). As telhas apresentam dimensões de 487 x 263 mm (medidas do molde plano), espessura média de 6 mm, absorção de água da ordem de 25% e formato similar ao das telhas cerâmicas tipo romana, sendo necessárias 12,5 peças/m² de telhado (Figura 8).

Figura 8. Vista interna e parcial do telhado composto por telhas de cimento com polpa celulósica.

O processo de obtenção da telha de cimento com reforço de polpa celulósica de eucalipto foi realizado por moldagem e adensamento por vibração, a partir da adaptação do equipamento da marca Parry Associates, Reino Unido, procedimento apresentado por Savastano Junior & Pimentel (2000), cuja patente foi depositada no

Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)¹. Para a confecção das telhas foi utilizado: Cimento Portland CPIII, escória de alto-forno, sílica ativa, fibra de polpa de celulose de madeira (eucalipto) e água. O teor de fibras utilizado foi da ordem de 5% da massa total de sólidos e, equivalente a aproximadamente 3,5 % do volume do compósito.

3.5.2. Telhas cerâmicas

No mercado brasileiro, existem vários modelos de telha cerâmica para encaixe. Durante o experimento, foi utilizada a telha tipo “romana” plana da marca Videira. As características e as especificações são as seguintes: massa de 2,4 kg por peça, 16 telhas/m² de telhado, absorção de água de 9% em massa, inclinação mínima de 26%, inclinação máxima de 60% (sem furação para fixação) e cor natural (Figura 9).

Figura 9. Vista interna e parcial do telhado composto por telhas cerâmicas tipo “romana” plana.

¹ Patente: Privilégio e Inovação, nº 0201204-9, Invenção de processo e produto obtido. 02/04/2002.

3.5.3. Telhas de fibrocimento reforçadas com fibras de PVA

As telhas de fibrocimento reforçadas com fibras de polivinil álcool (PVA) são fabricadas, a partir do processo Hatschek, pelo Grupo Infibra[®], situado na cidade de Leme, SP. A empresa é parceira do Grupo de Construções Rurais e Ambientância da FZEA - USP no projeto denominado “Desenvolvimento de tecnologia para fabricação de telha de fibrocimento”, dedicado ao aprimoramento das telhas fabricadas em escala comercial.

As telhas utilizadas no experimento são da linha *Econoflex*, com 5 mm de espessura, comprimento de 1530 mm, largura total de 1110 mm, largura útil de 1050 mm, área total de 1,683 m², área útil de 1,460 m², massa de 18 kg por telha e absorção de água de 16% em massa (Figura 10). As telhas foram fixadas por parafusos com rosca, sendo colocados dois parafusos por apoio nas cristas da segunda e quinta ondas, conforme recomendação técnica do fabricante.

Figura 10. Vista interna e parcial do telhado composto por telhas comerciais de fibrocimento reforçadas com fibras de PVA.

3.6. Parâmetros fisiológicos e de desempenho

Os parâmetros fisiológicos avaliados referem-se aos animais a partir dos 21 dias de vida, já que o período anterior solicitou calor externo para manutenção da homeotermia dos pintinhos. Os parâmetros fisiológicos foram: temperatura média superficial (TMS) e perda de calor por radiação (PCR).

Para permitir o cálculo desses parâmetros foram realizadas, semanalmente, às 14 h, considerado como horário de maior desconforto térmico (KAWABATA, 2003; FERREIRA, 1993), as coletas das temperaturas corporais de 100 animais de cada tratamento (1, 2 e 3), marcados com tinta atóxica azul nas asas e no dorso, sendo 50 animais de cada linhagem, tomando-se cuidado para evitar o estresse.

Para estimar a TSM foram registradas as temperaturas da asa, da cabeça, da canela e do dorso, a aproximadamente 10 cm de distância do animal, por meio do termômetro infravermelho Fisher Scientific com capacidade de leitura de -20°C até 420°C (Figura 11). Para cálculo da PCR, as aves foram pesadas após as medições das temperaturas corporais.

Figura 11. Coleta das temperaturas superficiais da cabeça (A), asa (B), dorso (C) e canela (D) respectivamente.

A TSM foi calculada segundo Richards (1971), citado por Malheiros et al. (2000), onde:

$$TSM = \{(0,12 \times T_{asa}) + (0,03 \times T_{cabeça}) + (0,15 \times T_{canela}) + (0,70 \times T_{dorso})\} \quad (1)$$

A PCR foi calculada pela fórmula proposta por Hardy (1949), citada por Malheiros et al. (2000), sendo:

$$PCR = E_1 \times E_2 \times C \times A \times (TSM^4 - TRM^4) \text{ (Watts)} \quad (2)$$

Onde:

E_1 = emissividade da superfície da ave (penas = 0,94);

E_2 = emissividade do ar (= 1);

C = constante de Stefan – Boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$);

A = área superficial da ave (m^2);

TSM = temperatura superficial média (K);

TMR = temperatura média radiante do ambiente (K).

A área superficial média das aves (A) foi obtida a partir da fórmula desenvolvida por Esmay (1979), citado por Malheiros et al. (2000), sendo:

$$A = 9,85 \cdot P^{0,67} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (3)$$

Onde: P = peso corporal (g).

Foi calculado o peso médio das linhagens para cada tratamento (cobertura), sendo esses valores de peso (P) utilizados na fórmula acima.

A área superficial da ave foi transformada em m^2 antes de ser usada na fórmula da PCR. A temperatura média radiante do ambiente (TMR) foi obtida a partir da média das temperaturas de globo negro para cada dia de coleta das temperaturas corporais e pesagens.

O desempenho produtivo dos animais foi obtido a partir do consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, registrados em planilhas de campo. A coleta de dados iniciou-se quando as aves possuíam 21 dias de idade e 0,657 kg de peso vivo médio para a linhagem branca e, 0,368 kg para a linhagem semi-caipira. O final da coleta de dados se deu quando as aves completaram 42 dias de idade.

O consumo de ração foi obtido a partir da pesagem diária das sobras em cada comedouro, indicando a quantidade de ração consumida. Para o cálculo do ganho de peso, todos os animais foram pesados aos 21 e aos 42 dias de idade, o que permitiu calcular o ganho de peso médio das aves para o período avaliado. Para o

cálculo do ganho de peso médio, foi descontado o peso inicial médio de cada linhagem, ou seja, o peso dos pintinhos ao nascimento (peso não ganho).

O índice de conversão alimentar é, por definição, estimado a partir da razão entre o consumo de ração, em determinado período de tempo, e o ganho de peso, nesse mesmo período, indicando a quantidade de alimento consumido para cada quilo de ganho de peso da ave.

A análise do desempenho produtivo se restringiu ao período descrito acima, por ser o principal período de estudo deste trabalho. Assim, foi possível relacionar a ambiência proporcionada pelos tratamentos com o desempenho produtivo resultante.

3.7. Comportamento animal

A partir da densidade de criação, este estudo avaliou apenas o comportamento ingestório dos animais (água e ração). Não foi possível realizar marcações individuais, o que impossibilitou a aferição de qualquer outro comportamento expressado.

O monitoramento foi realizado por duas câmeras de vídeo em cada um dos boxes de criação, totalizando 12 câmeras em todo o galpão. As gravações correspondem ao intervalo entre os 21 e 42 dias de idade dos animais. As imagens foram gravadas, diariamente, entre 7 e 19 h.

Para obtenção do comportamento ingestório das linhagens em cada ambiente de criação, as gravações foram pausadas a cada 15 min para contagem do número de animais presentes no comedouro e no bebedouro.

Para a análise estatística foi escolhido o período das 13 às 15 h, compreendendo as 14 h, horário considerado mais desconfortante (KAWABATA, 2003; FERREIRA, 1993).

3.8. Método dos elementos finitos para simulação do desempenho térmico

Com a colaboração do Prof. Dr. Walter Ferreira Velloso Junior, responsável pelo Laboratório de Simulação Numérica e Física Aplicada da FZEA - USP, foi possível o emprego do Método dos Elementos Finitos (FEM) na avaliação do desempenho térmico das coberturas utilizadas 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. É importante ressaltar que os resultados apresentados não consideram o efeito da convecção, pois não se dispunha de um programa computacional especializado em dinâmica de fluidos.

Para a utilização do FEM, na modelagem e no mapeamento térmico, foi realizada uma seqüência de etapas, que estão 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 numérico e tridimensional da instalação e solução numérica das equações diferenciais, que possibilitaram o mapeamento térmico dos ambientes no decorrer das horas, foram utilizados os programas computacionais MSC/NASTRAN® e ANSYS®;
- 4) A simulação do desempenho térmico das coberturas foi realizada pela imposição das cargas térmicas registradas na face interna das coberturas e sobre o piso;
- 5) A partir do modelo numérico tridimensional e com base na modelagem matemática, foi possível interpolar valores de temperatura ao longo do dia, o que permitiu realizar a simulação do desempenho térmico dos ambientes em função do tempo;

6) Foram confeccionados gráficos do desempenho térmico de cada ambiente para discussão dos resultados.

A metodologia de simulação, com base nas características do projeto arquitetônico, vem facilitar o estudo da ambiência em instalações rurais, pois permite descrever o comportamento térmico com maior precisão.

3.9. Coleta dos dados ambientais

Foram utilizados *data-loggers* da marca Onset, modelo Hobo H08-004-02, para monitoramento eletrônico das variáveis: temperatura ambiental, temperatura de globo negro, temperatura de ponto de orvalho e umidade relativa do ar. As leituras diárias ocorreram a cada 30 min. Os dados eram armazenados na memória do aparelho.

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. Também foram realizadas coletas manuais dos dados climáticos, caso os *data-loggers* apresentassem qualquer tipo de defeito, sendo tomados diariamente às 8, 11, 14, 17 e 20 h.

Para caracterização do ambiente externo, na região do experimento, foi utilizada a estação meteorológica Campbell Scientific modelo 21X(L), presente à cerca de 70 m do local do experimento, com medição dos dados meteorológicos: temperatura ambiente, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, velocidade do vento e radiação global.

A seguir estão descritos os índices de conforto térmico utilizados para obtenção dos resultados finais:

Entalpia (H)

Entalpia, por definição, é a energia do ar úmido por unidade de massa de ar seco (kcal/kg de ar seco ou kJ/kg de ar seco), ou seja, é uma variável física que indica a quantidade de energia contida em uma mistura de vapor d'água. Portanto, nos casos de alteração na umidade relativa, para uma mesma temperatura, a energia envolvida nesse processo se altera e, como consequência, as trocas térmicas no ambiente serão alteradas (BARBOSA FILHO, 2004).

O uso da entalpia para seleção de períodos críticos foi proposto por Nããs et al. (1995), permitindo a avaliação ambiental e sua influência na incidência de patologias e na queda de produção para frangos de corte, no caso de situações adversas à zona de termoneutralidade.

A equação para o cálculo da entalpia foi descrita por Villa Nova (1999), citada por Furlan (2001), como:

$$H = 6,7 + 0,243 \times tbs + \{UR/100 \times 10^{\wedge} [(7,5 \times tbs) / (237,3 + tbs)] \} \quad (4)$$

Onde:

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

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

UR = umidade relativa (%).

Carga Térmica Radiante (CTR)

A carga térmica radiante foi determinada pela equação que segue, proposta por Esmay (1979):

$$CTR = \delta (TMR)^4 \quad (5)$$

Em que:

CTR = carga térmica radiante (W.m⁻²);

$$\delta = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4} \text{ (constante de Stefan-Boltzman).}$$

$$\text{TRM} = 100 \times [2,51 \times (\text{Vv})^{0,5} \times (\text{Tg} - \text{Ta}) + (\text{Tg}/100)^4]^{1/4} \quad (6)$$

Onde:

TRM= Temperatura radiante média do ambiente (K);

Ta = temperatura ambiente (K);

Tg = temperatura de globo negro (K);

Vv = velocidade do vento (m/s).

Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU)

O ambiente térmico composto pela temperatura ambiental, pela umidade relativa, pela velocidade do ar e pela radiação é representado pelo índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), que afeta diretamente os animais (SARTOR et al., 2000b). Buffington et al. (1981) propuseram o índice de temperatura de globo. Esse índice foi desenvolvido com base no índice de temperatura e umidade (ITU), mas usando a temperatura de globo negro no lugar da temperatura de bulbo seco, expressando-se pela equação abaixo:

$$\text{ITGU} = \text{Tg} + 0,36 \text{ To} + 41,5 \quad (7)$$

Em que:

Tg = temperatura de globo negro (°C);

To = temperatura do ponto de orvalho (°C).

Índice de Temperatura de Globo Negro (ITG)

Segundo Sevegnani (1997) a temperatura de globo negro também é entendida como um índice de conforto térmico.

Para Bedford & Warner (1934), o termômetro de globo negro indica os efeitos combinados de radiação, convecção e sua influência no organismo vivo.

3.10. Montagem das fases experimentais

O experimento teve duração de 75 dias (outubro a dezembro de 2005), que foram divididos em duas fases:

Fase I (preliminar): iniciou-se na segunda quinzena de outubro e estendeu-se até o início de novembro. Esta fase consistiu no preparo das instalações, com a remoção do telhado original e colocação das telhas em estudo, reserva da área de bordadura entre os tratamentos, cálculo da área de ventilação e luminosidade para os tratamentos, pintura das paredes com cal, colocação da cama (casca de arroz), distribuição dos bebedouros e comedouros, aquisição inicial de ração e compra de lâmpadas incandescentes para a instalação das campânulas aquecedoras.

Fase II: subdividida em duas etapas:

Etapa 1: chegada e criação dos pintinhos (de um a 21 dias de idade), período em que não foram avaliadas as variáveis fisiológicas e produtivas dos animais e nem o desempenho das coberturas, uma vez que os animais receberam calor para o controle de sua homeotermia. Nesta etapa, as duas linhagens permaneceram juntas em cada um dos tratamentos até os 14 dias de vida. Após esse período inicial, os animais foram separados de acordo com suas linhagens. O fornecimento de água e ração durante esta etapa foi *ad libitum*, sem controle do consumo.

Etapa 2: criação dos frangos a partir dos 21 dias de idade com avaliação das respostas fisiológicas e de desempenho dos animais, e coleta dos dados climáticos para determinação do desempenho térmico das coberturas.

Nesta etapa, os animais já estavam separados, com um box de cada linhagem nos tratamentos (1, 2 e 3). A linhagem semi-caipira foi identificada pela letra a e a linhagem branca, com a letra b, formando: box 1a, box 1b, box 2a, box 2b, box 3a e box 3b. Os animais permaneceram em seus respectivos boxes até completarem 42 dias de idade.

A cama foi revirada quinzenalmente para evitar sua compactação e formação excessiva de amônia. Os animais foram abatidos ao atingirem os 45 dias de vida.

3.11. Forma de análise dos resultados

A análise foi realizada por meio do programa de análises estatísticas SAS. Foram utilizados contrastes ortogonais para realizar, apenas, as comparações de interesse para a pesquisa, com a garantia de que as conclusões dos testes são independentes, já que os contrastes são ortogonais. Como as comparações envolvem mais de duas médias de tratamentos, os testes de Tukey e Duncan, por exemplo, não são adequados. Para os dados fisiológicos, de desempenho e comportamento, foram realizadas comparações entre os tratamentos.

A eleição dos períodos para a análise dos dados de campo se deu em termos de conforto térmico e o parâmetro utilizado para selecionar esses períodos críticos foi a entalpia (H).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os itens que seguem apresentam os resultados das variáveis climáticas, dos índices de conforto térmico, das variáveis fisiológicas, do desempenho e do comportamento animal e, da simulação térmica dos ambientes de criação.

4.1. Variáveis Climáticas

A Tabela 1 apresenta os registros climáticos médios coletados pela estação meteorológica, próxima à instalação estudada, bem como a precipitação pluviométrica total durante o período experimental (outubro a dezembro de 2005).

Tabela 1. Valores médios diários da temperatura, umidade relativa e velocidade do vento e precipitação pluviométrica total no período experimental (75 dias).

Variáveis	Valores (75 dias)
Temperatura mínima (°C)	14,07
Temperatura máxima (°C)	33,43
Temperatura média (°C)	22,60
Umidade relativa mínima (%)	56,18
Umidade relativa máxima (%)	100,00
Umidade relativa média (%)	73,01
Velocidade do vento mínima (m/s)	0,00
Velocidade do vento máxima (m/s)	15,46
Velocidade do vento média (m/s)	3,31
Pluviosidade total (mm)	226,00

Como descrito na metodologia, para a análise dos dados climáticos foram selecionados os dias em que a entalpia do ambiente externo, por volta das 14 h, período mais quente do dia (KAWABATA, 2003), esteve acima de 70 kJ/kg de ar

seco (BARBOSA FILHO et al., 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 há esses dias críticos. Para a escolha dos dias críticos, não foi considerado o período inicial de criação (três primeiras semanas), por causa da exigência de temperaturas mais elevadas pelos pintinhos (aquecimento).

A seguir, está apresentada a análise detalhada de cada uma das variáveis climáticas.

4.1.1. Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU)

A análise estatística encontrou interação significante para tratamento e hora ($P = 0,0154$), e diferença significativa tanto para tratamento ($P = 0,0880$) como para hora ($P = 0,0001$).

Ao realizar o desdobramento da interação, visando comparar os tratamentos em cada um dos horários, não houve diferença significativa para as 11 h ($P = 0,8455$) e 20 h ($P = 0,2106$). Mas, foram encontradas diferenças significativas para as 8 h ($P = 0,1036$), 14 h ($P = 0,0204$) e 17 h ($P = 0,1038$). Ressalta-se que foram considerados os valores que pouco ultrapassaram a probabilidade de 10%.

A seguir, a Tabela 2 apresenta os valores médios do ITGU nos diferentes horários em que foi encontrada interação significativa, bem como os erros-padrão encontrados e os níveis de significância para os contrastes estudados.

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

Tratamentos	Horários		
	08:00	14:00	17:00
Externo	72,18	79,31	76,09
Cimento celulose	74,04	79,32	77,82
Cerâmica	74,32	79,89	77,92
Fibrocimento PVA	73,99	80,35	78,64
Erro Padrão	0,6567	0,2584	0,7723
Contraste 1*	0,0155	0,0828	0,0289
Contraste 2**	0,7048	0,8611	0,7452
Contraste 3***	0,9531	0,0079	0,4601

* 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, 14 e 17 h. Para as 14 h, o valor médio do ITGU no ambiente externo foi praticamente o mesmo que no tratamento cimento com polpa celulósica, mas diferiu dos tratamentos cerâmica e fibrocimento com fibras de PVA, cujos valores médios foram 79,89 e 80,35, respectivamente.

O contraste 2 não revelou diferença significativa entre o tratamento cerâmica (controle) em relação às demais coberturas para os horários estudados ($P > 0,10$).

A análise do contraste 3 (cimento-celulose vs. fibrocimento com PVA) indica diferença significativa ($P = 0,0079$) apenas às 14 h. Nesse horário, o tratamento fibrocimento com reforço de PVA apresentou média superior ao tratamento cimento celulose, com valores de ITGU de 80,35 e 79,32, respectivamente.

Teixeira (1983), citado por Furtado et al. (2003), ao pesquisar instalações para frangos de corte na região de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG, concluiu que, da terceira à sexta semana de criação, os ambientes cujos valores do ITGU variaram entre 65 e 77 não afetaram o desempenho de frangos de corte e, foram considerados confortáveis para produção. Assim, neste trabalho os valores

referenciados, 65 e 77, foram considerados como limites inferior e superior para o ITGU, caracterizando a faixa considerada confortável para frangos de corte.

Na Figura 12, está representado o comportamento do índice de temperatura de globo negro e umidade nos diferentes horários para o ambiente externo e as coberturas testadas, bem como a respectiva faixa com os limites inferior e superior do ITGU (FURTADO et al., 2003), que é considerada confortável para frangos de corte.

Figura 12. Valores médios do ITGU, nos diferentes horários avaliados, e limites inferior (LI) e superior (LS) da faixa considerada confortável para as aves.

Considerando que o ITGU com valor até 77 não influencia o desempenho das aves (FURTADO et al., 2003), vê-se que, apenas os horários das 8 e 20 h apresentaram, para todos os ambientes, valores médios menores em relação ao limite superior do ITGU para aves de corte, sendo os horários de maior conforto térmico no interior das instalações e no meio externo. Ou seja, às 11, 14 e 17 h, os ambientes apresentavam valores do ITGU acima do limite superior (77), revelando que os animais estavam em estresse térmico ou muito próximo do desconforto em todos os ambientes avaliados. Esses dados demonstram que a falta de

acondicionamento térmico nas instalações foi determinante para a obtenção dos altos valores do ITGU.

Segundo Nããs (2001), em experimentos realizados com modelos em escala reduzida, foram encontrados valores do ITGU, às 14 h, também superiores aos recomendados. Furtado et al. (2003), em estudo de diferentes sistemas de acondicionamento térmico para galpões avícolas, encontrou valores do ITGU em torno de 80. O mesmo autor relata que uma parcela significativa de sobre-aquecimento advém do próprio calor gerado pelas aves, o que agrava a situação de desconforto térmico no interior das instalações. Oliveira Neto (1999) caracterizou, para frangos de corte machos no período de 22 a 42 dias de idade, como ambiente de conforto aquele que tivesse ITGU em torno de 72 e, de estresse por calor aquele com valor acima de 84.

Os valores médios do ITGU ultrapassam a faixa considerada de conforto a partir das 11 h e apresentou início de queda para valores menores que o LS após as 17 h para o ambiente externo. Esse comportamento diurno dos valores do ITGU também foi observado por Tinôco (1996), Moraes et al. (1999) e Matos (2001).

Os resultados encontrados neste trabalho concordam com os resultados descritos por Lopes (1999), em pesquisa realizada com matrizes de frangos de corte na região do Triângulo Mineiro, que obteve valores de ITGU em torno de 80. Nããs et al. (2001), em experimentos realizados com modelos em escala reduzida, encontraram, no horário das 14 h, valores do ITGU também superiores aos recomendados.

De acordo com Oliveira et al. (2001), o aumento nos valores do ITGU, acima de 69, pode provocar um declínio nos resultados de desempenho para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade.

Em ambientes com ITGU variando de 69 a 77, Medeiros et al. (2005) relataram que as aves mostraram-se calmas, normalmente dispersas e altamente produtivas. No presente trabalho os valores do ITGU ficaram acima de 77, na maior parte do dia, o que explica a menor produtividade das linhagens, que será discutida no item 4.3.

4.1.2. Índice de Temperatura de Globo Negro (ITG)

De acordo com os valores médios do ITG, obtidos no ambiente externo e nos três tratamentos para os diferentes horários, não houve interação significativa entre tratamento e hora ($P = 0,7581$), nem diferença significativa para tratamento ($P = 0,4516$), mas houve significância somente para hora ($P = 0,0001$).

A partir da análise dos horários, por contrastes ortogonais, foi possível encontrar efeito quadrático ($P = 0,0001$) para o índice de temperatura de globo negro ao longo do dia, conforme a Figura 13.

Figura 13. Médias e erros-padrão do ITG, considerando o ambiente externo e os sistemas de cobertura, para os dias e os horários selecionados.

O horário das 14 h está associado à maior média (30,70) do ITG em relação aos demais horários. Ao avaliar um sistema de resfriamento evaporativo por aspersão intermitente em galpões avícolas em escala reduzida, Rodrigues (1998) também encontrou maior média de ITG para as 14 h, cujo valor médio foi de 33,25.

O ITG apresentou o mesmo comportamento do ITGU, pois são variáveis altamente correlacionadas ($P = 0,0001$) de acordo com a análise de correlação realizada durante o estudo.

Deve-se atentar para outros fatores importantes, como o calor interno gerado pelos animais e a baixa intensidade de renovação do ar, característica da ventilação natural. Por apresentar em sua composição os efeitos da radiação, da temperatura absoluta do ar e da velocidade do ar, o índice de temperatura de globo negro geralmente apresenta valores pouco acima dos encontrados para a temperatura ambiente.

4.1.3. Carga Térmica Radiante (CTR)

Na análise foram considerados os valores que pouco ultrapassaram a probabilidade de 10%. Assim, os resultados médios da carga térmica radiante, para os dias selecionados, resultaram em interação significativa entre tratamento e hora ($P = 0,1046$), bem como significância para tratamento ($P = 0,0863$) e hora ($P = 0,0001$).

Ao realizar o desdobramento da interação, visando comparar os tratamentos em cada um dos horários, não houve diferença significativa para as 14 h ($P = 0,1973$) e 17 h ($P = 0,8410$), mas foram encontradas diferenças significativas para as 8 h ($P = 0,0507$), 11 h ($P = 0,0082$) e 20 h ($P = 0,1035$).

A seguir, a Tabela 3 apresenta os valores médios da CTR, os erros-padrão e os níveis de significância para os contrastes estudados, nos horários em que foi encontrada interação significativa.

Tabela 3 - Valores médios da CTR nos diferentes horários para o ambiente externo e os sistemas de cobertura.

Tratamentos	Horários		
	08:00	11:00	20:00
Externo	439,80	476,60	440,71
Cimento celulose	453,82	464,80	455,80
Cerâmica	465,13	496,05	452,88
Fibrocimento PVA	450,45	473,02	462,52
Erro Padrão	6,1395	6,1395	6,1395
Contraste 1*	0,0251	0,8493	0,0277
Contraste 2**	0,0936	0,0010	0,4099
Contraste 3***	0,7003	0,3508	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 as 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, o que pode ser explicado pelo alto valor do erro padrão (6,1395).

Considerando-se para CTR o valor de 498,3 W/m², descrito por Rosa (1984), como indicativo de conforto térmico para um sistema de cobertura cerâmica, encontram-se na Figura 14 os valores médios da CTR nos diferentes horários e ambientes.

Figura 14. Valores médios da CTR nos diferentes horários e ambientes, e o valor referenciado por Rosa (1984).

A partir da Figura 14, observa-se que os valores encontrados foram inferiores ao de referência em todos os horários e sistemas de cobertura, exceto no tratamento cerâmica às 14 h que registrou valor médio de CTR de 500,31 W/m².

Para todos os tratamentos, sem exceção, os menores valores de CTR ocorreram às 8 e 20 h. Esse comportamento, ao longo do dia, também foi observado por Rosa (1984), Tinôco (1996), Zanolla et al. (1999), Nããs (2001), Matos (2001) e Furtado et al. (2003). De acordo com Fonseca (1998), o comportamento diurno da CTR ocorre em conjunto com a radiação solar, a qual atinge os valores mais elevados após as 12 h, e em decorrência da radiação de ondas longas emitida pelo meio circundante.

Furtado et al. (2003) analisou, no agreste do Estado da Paraíba, o conforto térmico de galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento e, encontrou, 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 valor médio de CTR para a cobertura cerâmica no horário das 14 h.

4.2. Variáveis Fisiológicas

Os resultados das variáveis fisiológicas dos animais foram encontrados a partir de coletas semanais das temperaturas da asa, cabeça, dorso e canela. Os dados são referentes a 50 animais de cada linhagem para cada um dos tratamentos, ou seja, foram coletadas as temperaturas de 300 animais no total. As medições ocorreram às 14 h, tido como horário mais quente do dia.

4.2.1. Temperatura Superficial Média (TSM)

A análise estatística revelou interação significativa entre tratamento, linhagem e idade ($P = 0,0030$). Para facilitar a interpretação, foi realizada a análise da TSM para a interação tratamento-linhagem em cada idade avaliada. Na Tabela 4, encontram-se os valores médios de TSM das linhagens para cada tratamento nas diferentes idades.

Tabela 4 - Valores médios da TSM (°C) dos animais aos 21, 28, 35 e 42 dias de idade e erros padrão.

21 dias				
Linhagem	Cimento celulose	Cerâmica	Fibrocimento PVA	Médias
Branco	35,57 b*	35,55 b*	34,28 b*	35,13
Semi-caipira	34,61 a*	33,27 a*	33,13 a*	33,67
Médias	35,09 A**	34,41 B**	33,71 C**	34,4
Erro Padrão	0,2118	0,2118	0,2118	0,1223
28 dias				
Linhagem	Cimento celulose	Cerâmica	Fibrocimento PVA	Médias
Branco	32,83 a*	32,93 a*	32,10 a*	32,62
Semi-caipira	34,39 b*	32,66 a*	32,11 a*	33,05
Médias	33,61 A**	32,80 B**	32,10 C**	32,84
Erro Padrão	0,2601	0,2601	0,2601	0,1502
35 dias				
Linhagem	Cimento celulose	Cerâmica	Fibrocimento PVA	Médias
Branco	33,57	32,72	31,05	32,45 a*
Semi-caipira	33,78	32,58	31,61	32,66 a*
Médias	33,67 A**	32,65 B**	31,33 C**	32,55
Erro Padrão	0,2388	0,2388	0,2388	0,1379
42 dias				
Linhagem	Cimento celulose	Cerâmica	Fibrocimento PVA	Médias
Branco	30,92 a*	31,91 a*	31,85 a*	31,56
Semi-caipira	32,12 b*	31,56 a*	33,73 b*	32,47
Médias	31,52 C**	31,73 B**	32,79 A**	32,02
Erro Padrão	0,1992	0,1992	0,1992	0,115

* Valores médios seguidos de letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (10%).

** Valores médios seguidos de letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey (10%).

Para a idade de 21 dias, ocorreu significância para a interação entre tratamento e linhagem ($P = 0,0038$). Entre os tratamentos, o que resultou em maiores médias de TSM foi o de telhas de cimento com polpa celulósica, ou seja: 35,57°C para a linhagem branca e 34,61°C para a linhagem semi-caipira.

Com 28 dias, também, ocorreu significância para a interação tratamento e linhagem ($P = 0,0009$), porém, observou-se diferença estatística entre as linhagens, apenas na cobertura de cimento com polpa celulósica ($P = 0,0004$), em que a linhagem semi-caipira apresentou maior média de TSM (34,39°C). Para a linhagem

branca, os valores de TSM se mostraram equivalentes em todos os tipos de coberturas (32,83°C, 32,93°C e 32,10°C).

Aos 35 dias, não houve interação significativa para tratamento e linhagem ($P = 0,3595$) e, também, não ocorreu diferença significativa entre as linhagens estudadas ($P = 0,2783$). Avaliando as médias dos tratamentos, que apresentaram diferenças estatísticas ($P = 0,0001$), é observado valor superior de TSM para o tratamento da cobertura de cimento com polpa celulósica (33,67°C), seguido pelos tratamentos das coberturas cerâmica (32,65°C) e fibrocimento com fibras de PVA (31,33°C).

Para os 42 dias pós-eclosão, houve interação significativa entre linhagem e tratamento ($P = 0,0001$), havendo diferença entre as linhagens nas coberturas de cimento com polpa celulósica ($P = 0,0004$) e fibrocimento com reforço de fibras de PVA ($P = 0,0001$). A linhagem branca apresentou maiores médias de temperatura superficial média sob os tratamentos de telhas cerâmica e de fibrocimento com fibras de PVA: 31,91°C e 31,85°C, respectivamente. Entre os tratamentos a linhagem semi-caipira alcançou maior sua média de TSM sob o tratamento de fibrocimento com fibras de PVA (33,73°C), registrando-se uma diferença de 2,17°C em relação à média encontrada sob a cobertura cerâmica (31,56°C).

O presente estudo encontrou valores de TSM abaixo de 36°C para as duas linhagens. Faria Filho (2003) encontrou para frangos de corte de 21 a 42 dias, criados com baixo teor protéico e em diferentes temperaturas, valores de TSM de 26,92°C para temperatura ambiente de 20°C (fria), 32,83°C para temperatura ambiente de 25°C (termoneutra) e 36,53°C para temperatura ambiente de 33°C (quente). Malheiros et al. (2000) encontraram em estudo com frangos de corte na primeira semana pós-eclosão, valores de TSM de 32,7°C, 34,4°C e 36,3°C para as temperaturas de 20°C, 25°C e 35°C, respectivamente.

Ao comparar as duas linhagens encontra-se maiores médias de TSM para a linhagem semi-caipira nas idades 28 e 42 dias. Mesmo aos 35 dias pós-eclosão, quando não houve diferença significativa entre as linhagens, os animais semi-caipiras apresentaram médias numericamente superiores às da linhagem branca. Esses resultados podem estar relacionados com as diferenças genética e metabólica existentes entre as duas linhagens e, também, pela diferença na coloração. Os animais coloridos (penas marrons) têm menor poder de reflexão e podem absorver maior taxa de calor por radiação se comparados aos animais com penas brancas.

4.2.2. Perda de Calor por Radiação (PCR)

A análise estatística revelou interação significativa entre tratamento, linhagem e idade ($P = 0,0001$). Na Tabela 5, encontram-se os valores médios da PCR das linhagens para cada tratamento nas diferentes idades.

Tabela 5 - Valores médios da PCR (Watts) dos animais aos 21, 28, 35 e 42 dias de idade para os tratamentos avaliados.

21 dias de idade				
Linhagem	Cimento celulose	Cerâmica	Fibrocimento PVA	Médias
Branco	3,86 b*	3,70 b*	3,25 b*	3,60
Semi-caipira	2,38 a*	1,67 a*	1,89 a*	1,98
Médias	3,12 A**	2,69 B**	2,57 C**	2,79
Erro Padrão	0,0851	0,0851	0,0851	0,1146
28 dias de idade				
Linhagem	Cimento celulose	Cerâmica	Fibrocimento PVA	Médias
Branco	4,99 b*	5,02 b*	4,31 b*	4,77
Semi-caipira	4,23 a*	3,04 a*	3,01 a*	3,42
Médias	4,61 A**	4,03 B**	3,66 C**	4,10
Erro Padrão	0,1435	0,1435	0,1435	0,0955
35 dias de idade				
Linhagem	Cimento celulose	Cerâmica	Fibrocimento PVA	Médias
Branco	5,27 b*	4,85 b*	3,35 b*	4,49
Semi-caipira	3,88 a*	2,84 a*	2,62 a*	3,12
Médias	4,58 A**	3,85 B**	2,99 C**	3,81
Erro Padrão	0,1612	0,1612	0,1612	0,0969
42 dias de idade				
Linhagem	Cimento celulose	Cerâmica	Fibrocimento PVA	Médias
Branco	5,07 b*	5,61 b*	5,69 b*	5,56
Semi-caipira	4,46 a*	3,63 a*	5,04 a*	4,38
Médias	4,76 B**	4,77 B**	5,37 A**	4,97
Erro Padrão	0,1625	0,1625	0,1625	0,0834

*Valores médios seguidos de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (10%).

** Valores médios seguidos de letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey (10%).

Para todas as idades estudadas, houve diferença significativa ($P = 0,0001$) entre as linhagens, para os tratamentos avaliados.

Aos 21, 28 e 35 dias de idade, as maiores médias de perda de calor por radiação ocorreram nos tratamentos com telhas de cimento com polpa celulósica e cerâmica para a linhagem branca: 3,86 W e 3,70 W aos 21 dias, 4,99 W e 5,02 W aos 28 dias, e 5,27 W e 4,85 W aos 35 dias, respectivamente. Para a linhagem semi-caipira, o tratamento que apresentou maiores médias de PCR, aos 21, 28 e 35 dias de idade, foi o composto por telhas de cimento com polpa celulósica: 2,38 W, 4,23 W e 3,88 W, respectivamente.

Com a idade de 42 dias, os animais de coloração branca perderam mais calor nos tratamento de cerâmica, já os animais da linhagem semi-caipira apresentaram maior PCR no tratamento de fibrocimento com fibras de PVA.

A diferença de PCR, encontrada para as linhagens, pode ser explicada pela diferença genética existente entre os animais, resultando em metabolismo e desenvolvimento desiguais. Segundo Curtis (1987), a taxa de produção de calor metabólico de uma vaca e de um rato, considerando-se a unidade de peso corporal, é de 0,6 W/kg e 10 W/kg, respectivamente. Há que se considerar que quanto maior a diferença de tamanho entre dois animais, maior será a diferença para a perda de calor. Então, a produção de calor por unidade de peso metabólico deve ser mais alta para aves menores, que, neste estudo, estão representadas pela linhagem semi-caipira, que apresentou desenvolvimento mais tardio se comparada à linhagem branca (comercial). Segundo Baeta & Souza (1997), a perda de calor total de um frango de 2,0 kg é da ordem de 1,5 W.

Para temperaturas elevadas, a baixa PCR demonstra menor importância dos mecanismos de trocas térmicas, que dependem de gradientes de temperatura, como: condução, convecção e radiação. Assim, os resultados, referentes à linhagem semi-caipira, apontam para maior produção de calor interno, menor perda de calor por trocas térmicas e maior perda de calor por evaporação de água pelo trato respiratório.

Para Furlan & Macari (2002), os maiores valores de PCR para aves criadas em ambientes frios ocorre em razão do elevado gradiente de temperatura entre a ave e o ambiente. Faria Filho (2003) constatou, para frangos de corte de 21 a 42 dias, criados com baixo teor protéico e em diferentes temperaturas, que a PCR foi maior para a temperatura baixa (20°C) do que em temperatura termoneutra (25°C) e elevada (33°C).

Schmidt & Nielsen (1979) relataram que o lugar de maior perda de calor em aves, submetidas a altas temperaturas, é a pata. Em ambientes com elevadas temperaturas, a forma mais eficaz de perder calor é através do resfriamento evaporativo, que depende do gradiente de umidade.

4.3. Desempenho animal

Os resultados de desempenho animal correspondem ao intervalo entre 21 e 42 dias pós-eclosão. A ração fornecida e as sobras foram pesadas diariamente a partir dos 21 dias de idade dos animais. Os resultados representam o desempenho médio por ave em cada um dos tratamentos avaliados.

Ocorreram mortes somente na linhagem branca, gerando uma taxa de 4,5% de mortalidade. Ou seja, dos 330 animais dessa linhagem, 15 morreram. Ressalta-se o número de mortes por tratamento, em que os tratamentos com cobertura de cimento com polpa celulósica, cerâmica e fibrocimento reforçado com fibras de PVA apresentaram 6, 4 e 5 mortes, respectivamente. Oliveira (2000), ao avaliar o efeito do isolamento térmico do telhado sobre o desempenho de frangos de corte alojados em diferentes densidades, encontrou mortalidade de 5,78% para o ambiente com isolamento térmico, e mortalidade de 9,84% para o ambiente sem isolamento térmico.

4.3.1. Consumo de Ração (CR)

A análise estatística do consumo de ração por ave apresentou interação significativa ($P = 0,0015$) entre linhagem e tratamento. A Figura 15 mostra os resultados do consumo médio de ração para cada linhagem entre os 21 e 42 dias de idade em cada tratamento.

Figura 15. Valores médios e respectivos erros padrão do consumo de ração (CR) das linhagens nos tratamentos avaliados.

Apesar do tratamento com cobertura de fibrocimento reforçado com fibras de PVA apresentar maiores médias de ITGU ao longo do dia, foi no tratamento com cobertura cerâmica que houve menor consumo de ração pela linhagem semi-caipira ($P = 0,083$). A carga térmica radiante mostrou-se superior para a cobertura cerâmica, o que pode ser a causa desse menor consumo de ração pelas aves semi-caipiras, já que estas possuem penas coloridas e podem ter absorvido mais calor que os animais de coloração branca.

Independente da cobertura, nota-se grande diferença para o consumo de ração entre as linhagens, em que os animais semi-caipiras apresentaram menor consumo em relação à linhagem branca. Esses resultados concordam com os encontrados por Figueiredo (2001), que relata diferenças para aptidão e desempenho de linhagens de frangos tipo caipira em relação às linhagens industriais.

Hellmeister Filho et al. (2003), ao avaliar o desempenho de frangos tipo caipira a partir do genótipo e do sistema de criação, relatam um CR médio de 5688 g/ave para a linhagem Label Rouge, 4996 g/ave para a Caipirinha, 4307 g/ave para a linhagem 7P, e 4738 g/ave para a Paraíso Pedrês. Esses valores correspondem às médias encontradas para aves com idade de 2300 g. Os resultados de CR desse estudo, para a linhagem semi-caipira, não corroboram com os encontrados pelos

autores citados acima, pois os valores encontrados correspondem ao CR no período de 21 a 42 dias de idade e o peso médio dos animais era inferior a 2300 g.

Carrijo et al. (2001), ao avaliarem linhagens alternativas na criação de frangos tipo caipira, encontraram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre linhagens para consumo de ração, porém não observaram diferenças significativas entre linhagens para conversão alimentar.

Similarmente aos resultados entre linhagens tipo caipira para consumo de ração, foram observadas diferenças significativas entre linhagens comerciais nos trabalhos realizados por Moreira et al. (2004) e Takahashi et al. (2006).

4.3.2. Ganho de Peso Médio (GP)

Na Figura 16, estão descritos os resultados de ganho de peso médio por ave para as linhagens nos tratamentos avaliados. A análise mostra diferença significativa ($P = 0,0001$) entre elas, em que os valores correspondem ao ganho de peso dos animais a partir dos 21 dias pós-eclosão.

Figura 16. Valores médios e respectivos erros padrão do ganho de peso (GP) das linhagens nos tratamentos avaliados.

Para uma mesma linhagem, o ganho de peso se mostrou semelhante para todos os tratamentos, independentemente da cobertura. O comportamento do GP acompanhou a tendência do consumo de ração, em que os animais da linhagem branca ganharam mais peso que os da linhagem semi-caipira. Essa diferença entre as linhagens também é notada nos resultados de conversão alimentar dos animais, item 4.3.3. A vantagem obtida no ganho de peso das aves Cobb (linhagem branca) confirma o alto ganho de peso a uma idade precoce.

A superioridade, encontrada neste trabalho, da linhagem branca sobre a semi-caipira também foi descrita por Takahashi et al. (2006), que encontrou ganho de peso médio de 2042 g/ave para a linhagem Ross, 1323 g/ave para a linhagem Paraíso Pedrês, 941 g/ave para a Pescoço Pelado, e 1017 g/ave para a Caipirinha. Porém, esses valores encontrados por Takahashi et al. (2006) correspondem ao período de 29 a 63 dias de idade das aves.

Michelan Filho & Souza (2001) afirmam que, desde 1948, o frango de corte tem sido submetido a intenso processo de seleção e cruzamentos, descaracterizando as raças e originando linhagens específicas, com características próprias.

Coutinho et al. (2000), citados por Takahashi (2006), relatam que as aves, selecionadas por várias gerações, apresentam aumento na frequência dos alelos associados com características fenotípicas desejáveis, gerando entre 1 e 2% de aumento de ganho de peso ao ano.

4.3.3. Conversão Alimentar (CA)

Para a conversão alimentar foi encontrada diferença significativa ($P = 0,1048$) entre as linhagens nos tratamentos avaliados (Figura 17).

Figura 17. Valores médios e respectivos erros padrão da CA a partir dos 21 dias pós-eclosão.

Os piores índices de conversão alimentar são relativos à linhagem semi-caipira, o que significa dizer que estes animais registraram, no período avaliado, menor aproveitamento do consumo de ração para ganho de peso.

As linhagens de frango tipo caipira, em geral, apresentam menor consumo que as aves comerciais, conseqüentemente, menor eficiência alimentar (VAROLI JUNIOR, 1999).

Os valores de CA encontrados neste trabalho, para a linhagem semi-caipira, foram mais altos que os descritos por Hellmeister Filho et al. (2003), que encontraram valores de CA entre 1,87 e 2,46 para frangos tipo caipira. Os valores de CA dos animais da linhagem branca se mostram mais altos, se comparados aos apresentados por Sartor et al. (2001), que encontraram valores de 1,93 a 2,12, ao avaliarem sistemas de resfriamento evaporativo para frangos industriais. Takahashi et al. (2006) encontraram conversão alimentar de 2,35 para a linhagem Ross, 2,62 para a linhagem Paraíso Pedrês, 2,52 para a Pescoço Pelado e, 2,53 para a Caipirinha, em que esses valores correspondem ao período de 29 a 63 dias de idade das aves.

A instalação foi o principal fator que contribuiu para o baixo desempenho produtivo encontrado no presente experimento, por ser antiga e não apresentar qualquer tipo de benfeitoria arquitetônica ou sistema de climatização, o que aumentaria o conforto térmico animal, e, provavelmente, teria reflexos sobre o desempenho produtivo das linhagens.

4.4. Comportamento animal

Neste estudo, foi avaliado apenas o comportamento ingestório dos animais (água e alimento), que foram monitorados por câmeras de vídeo diariamente entre às 7 e 19 h. A utilização das câmeras de vídeo favoreceu o estudo em questão, pois não causou interação ou qualquer reação entre os animais, o que não seria possível com a presença humana no interior das instalações.

As Figuras 18 e 19, que seguem, correspondem às gravações realizadas no interior das instalações, quando os animais tinham 22 e 40 dias de idade respectivamente. Todos os boxes contavam com duas câmeras de vídeo.

Figura 18. Imagens do comportamento ingestório dos animais, com 22 dias de idade, para os horários das 8 h (A e B) e das 14 h (C e D).

Figura 19. Imagens do comportamento ingestório dos animais, com 40 dias de idade, para os horários das 8 h (A e B) e das 14 h (C e D).

As gravações ocorreram de maneira ininterrupta, mas, para facilitar a análise, foi escolhido o período das 13 às 15 h, que compreende o horário considerado mais desconfortante, 14 h (KAWABATA, 2003; FERREIRA, 1993). As gravações foram pausadas a cada 15 min, e o número de animais presentes no comedouro e no bebedouro era contado no instante em que a imagem era paralizada.

A análise estatística para a ingestão de alimento não apresentou interação significativa entre hora, linhagem e tratamento ($P = 0,8233$). Não foi observada interação significativa entre hora e linhagem ($P = 0,1900$) ou entre hora e tratamento ($P = 0,9706$). Também, não foi observada interação significativa entre linhagem e tratamento ($P = 0,5247$). Não houve diferença estatística nem para linhagens ($P = 0,5524$) nem para tratamentos ($P = 0,6873$). Assim, como para a ingestão de alimento, houve diferença estatística apenas entre as horas do dia ($P = 0,0129$),

indicando que as linhagens apresentaram comportamento ingestório de alimento similar.

Para a ingestão de água a análise estatística não apresentou interação significativa entre hora, linhagem e tratamento ($P = 0,5586$). Não foi observada interação significativa entre hora e linhagem ($P = 0,7842$) ou entre hora e tratamento ($P = 0,9226$). Também, não foi observada interação significativa entre linhagem e tratamento ($P = 0,2701$). Não houve diferença estatística nem para linhagens ($P = 0,9197$) nem para tratamentos ($P = 0,7342$). Assim, como para a ingestão de alimento, houve diferença estatística apenas entre as horas do dia ($P = 0,0333$), indicando que as linhagens apresentaram comportamento ingestório de alimento similar.

A Figura 20 mostra a porcentagem de animais em visita ao comedouro e ao bebedouro para o período avaliado.

Figura 20. Porcentagem média de visitas dos animais ao comedouro e bebedouro, entre 22 e 42 dias de idade, para o período das 13 às 15 h.

A partir da Figura 20, nota-se um aumento na ingestão de água no horário das 14 h, comportamento já esperado, pois a alta temperatura faz com que os animais bebam mais água para refrigerar o organismo e diminuir a desidratação causada pela perda de calor por via respiratória (ofego). Esses resultados são condizentes com os encontrados por Sevegnani et al. (2005) e Pereira et al. (2002). Já para os horários que seguem, a partir das 14h15min, as imagens analisadas do comportamento ingestório de água mostram a movimentação dos animais, o que resultou em baixa porcentagem de visitas ao bebedouro no instante analisado, mas esses instantes não devem descaracterizar um possível maior consumo de água pelos animais na faixa horária mais quente do dia, como descrito por outros autores (SEVEGNANI et al., 2005; PEREIRA et al., 2002).

De acordo com Macari (1996), o organismo das aves tem adaptações específicas em consonância com as alterações cardio-respiratórias e metabólicas ante o estresse calórico. Essas modificações estão associadas à preservação da água corporal, perdida na tentativa de manter o resfriamento evaporativo e o volume sanguíneo, para suportar o aumento no débito cardíaco induzido pela vasodilatação periférica no calor.

No entanto, em relação ao comportamento junto ao comedouro, foi mantido um número similar de visitas para o período analisado, das 13 às 15 h, havendo uma tendência de incremento na porcentagem de visitas às 14 h. Esse resultado pode ser explicado por três hipóteses. A primeira é que o aumento na ingestão de água permitiu a refrigeração do organismo e a manutenção do comportamento junto ao comedouro; segunda hipótese, que os ambientes de criação apresentaram baixa umidade relativa, o que permitiu aos animais perder calor através da evaporação de água pelo trato respiratório. E a terceira é que os animais se adaptaram às condições ambientais do experimento.

4.5. Simulação térmica dos ambientes avaliados

O uso do método elementos finitos (FEM) veio auxiliar a discussão dos resultados do desempenho térmico dos ambientes avaliados neste trabalho.

A partir do modelo numérico tridimensional (Figura 21) 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 21. Modelo numérico tridimensional do galpão avícola utilizado no experimento.

O uso do MEF 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 (Figuras 22 e 23).

Figura 22. Simulação do comportamento térmico da instalação no horário mais quente do dia (14 h).

A Figura 22 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.

Figura 23. Simulação do comportamento térmico do ar no interior de um ambiente de criação, no horário mais quente do dia (14 h).

Após a resolução das equações diferenciais do modelo, foi estimado o comportamento térmico no interior dos ambientes dos tratamentos, em diferentes alturas a partir do piso, para os diversos horários do dia (Figuras 24, 25 e 26).

Figura 24. Simulação do comportamento térmico obtido em diferentes alturas do ambiente interno sob a cobertura de cimento com polpa celulósica.

A partir da Figura 24, 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 para a faixa de ar situada a 1,5 m.

Figura 25. Comportamento térmico obtido em diferentes alturas do ambiente interno sob a cobertura cerâmica.

A Figura 25 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 não implicaria em desconforto térmico para as aves. Porém, deve ser considerado que os dias utilizados nesta simulação não correspondem aos dias de criação. Outro fator importante é que, com a ausência de animais, não foi considerado nos cálculos o calor produzido por eles, que se caracterizam como pequenas cargas térmicas.

Figura 26. 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 (Figura 26), 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.

4.6. Comentários adicionais sobre os resultados

As características arquitetônicas do galpão utilizado e a ausência de qualquer sistema de climatização artificial contribuíram para que os ambientes de criação (microclima interno) ficassem subordinados às mudanças climáticas ao longo do dia. Porém, a falta de climatização artificial foi proposital, já que o objetivo principal do presente estudo era avaliar o desempenho térmico das coberturas sem a interferência de qualquer benfeitoria, o que poderia mascarar os resultados de desempenho térmico das coberturas avaliadas. Os resultados ambientais, obtidos

através do cálculo dos índices de conforto térmico, demonstram desempenho térmico similar entre as coberturas testadas, o que viabiliza o uso das telhas não convencionais em instalações de interesse zootécnico.

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.

No presente trabalho, a diferença genética entre as linhagens utilizadas foi o principal fator que contribuiu para a obtenção de resultados tão diferenciados de desempenho produtivo. A linhagem Cobb (branca) apresentou superioridade em relação à linhagem CPK Isa Hubbard (semi-caipira) em todos os parâmetros de desempenho produtivo: consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar. Essa diferença genética entre os animais resultou em metabolismos e desenvolvimentos desiguais, o que foi comprovado pelos resultados de perda de calor por radiação (PCR), em que a linhagem semi-caipira produziu mais calor por unidade de peso metabólico e apresentou menores médias de PCR quando comparada à linhagem branca. Um segundo fator, que pode estar associado aos diferentes desempenhos produtivos obtidos, é a diferença de coloração entre as linhagens, já que os resultados de temperatura superficial média (TSM), a partir dos 28 dias de idade, demonstram que a linhagem semi-caipira (marrom avermelhado) teve menor capacidade reflexiva e pode ter absorvido mais calor por radiação do que os animais de coloração branca.

Ao avaliar o desempenho térmico das telhas, a partir das variáveis fisiológicas de termorregulação, nota-se que para ambas as linhagens, entre os 21 e 35 dias de idade, o tratamento de fibrocimento com reforço de PVA foi o que apresentou menores médias de TSM, o que é um indicativo de conforto. Já para a PCR, o mesmo tratamento gerou maior perda de calor aos 42 dias de idade dos animais.

A análise do comportamento de ingestão de alimento e água pelos animais foi concentrada no período mais quente do dia, entre às 14 e 15 h. Para as linhagens

avaliadas não foram encontradas diferenças significativas para a ingestão de água ou de alimento. A utilização de câmeras de vídeo na instalação beneficiou o estudo do comportamento ingestório dos animais, já que não foi necessária presença humana nas instalações, o que aumentaria a o estresse dos animais.

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) Para o ITGU, as telhas de cimento com polpa celulósica e de fibrocimento com reforço de PVA apresentaram desempenho equivalente ao da cobertura cerâmica;
- 3) No horário das 14 h os valores de CTR para os ambientes de criação indicaram desempenho térmico similar entre as coberturas testadas;
- 4) 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;
- 5) A diferença genética existente entre as linhagens avaliadas está relacionada aos resultados fisiológicos encontrados, sendo que a linhagem CPK Isa Hubbard (semi-caipira) apresentou maiores médias de TSM e menores médias de PCR;
- 6) Das linhagens avaliadas, a Cobb (branca) foi a que apresentou melhor desempenho produtivo em todos os ambientes de criação;
- 7) As linhagens avaliadas apresentaram comportamento ingestório similar, mesmo sob a influência de diferentes tipos de coberturas;
- 8) O uso do método dos elementos finitos permitiu simular o comportamento térmico das coberturas em função do tempo, o que tornou possível uma melhor visualização do gradiente térmico no interior dos ambientes de criação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V. M. A. & ABREU, P.G. Diagnóstico Bioclimático para Produção de Aves na Meso-região Centro Sul Baiano. Embrapa Suínos e Aves, dezembro de 2003.

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

ARADAS, M. E. C., Avaliação do controle do ambiente em galpões de frangos de corte criados em alta densidade. 2001. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, 2001.

AVISITE – Portal da Avicultura na Internet. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/economia/estatistica.asp?acao=carnefrango>. Consulta em janeiro de 2007.

BACCARI JÚNIOR, F. Manejo ambiental para produção de leite em climas quentes. In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 2., Goiânia, 1998. Anais... Goiânia: SBMet, p. 136-161, 1998..

BAÊTA, F. C., SOUZA, C. F., Ambiência em edificações rurais – conforto animal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 246 p. 1997.

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, 04 jul. 2006.

BARBOSA FILHO, J. A. D. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Física do Ambiente Agrícola)). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

BECKER, B. G. Comportamento das aves e sua aplicação prática. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícola. Anais, 2002.

BEDFORD, T.; WARNER, C. G. The globe temperature in studies of heating and ventilation. Industrial Health Research Board, p. 7. 1934.

BERMUDEZ, A. J. Principles of disease prevention: diagnosis and control. In: SAIF, Y. M. Diseases of poultry. 11. ed. Ames: Iowa State Press, p. 3-55. 2003.

BERTOL, T. M. Estresse pré-abate: consequências para a sobrevivência e a qualidade da carne em suínos. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/?/artigos/2004/artigo-2004-n004.html>>. Acesso em abril de 2006.

BLOKHUIS, H. J. Recent developments in european and international welfare regulations. World's Poultry Science Journal, Wallingford, v. 60, n. 4, p. 469-477, 2004.

BOLIS, D. A. Biosseguridade na criação alternativa de frangos. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícola. Anais. Campinas. 2001.

BORGES, S. A. Balanço eletrolítico e sua interrelação com o equilíbrio ácido-base em frangos de corte submetidos a estresse calórico. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 2001.

BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. Ciência Rural, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 975 – 981, set. – out., 2003.

BUENO, L. G. F., Avaliação da eficiência energética e do conforto térmico em instalações de frango. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiente)) - Universidade Estadual de Campinas, 2004.

BUENO, L.; ROSSI, L. A. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos de corte quanto à energia, ambiência e produtividade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Capina Grande/PB, v. 10, n. 2, p. 497 – 504, 2006.

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

BUXADÉ, C. C. *El Pollo de Carne: Sistemas de Explotación y Técnicas de Producción*. Ed. Mundi-Prensa. Madrí, 1988.

CALDAS, A. et al. Tecnologias alternativas para habitação: o uso de cinzas residuais para produção de novos materiais e componentes construtivos. In: IV Congresso Internacional de Gestão da Qualidade na Construção Civil. GEQUACIL/POLI, Recife/PE, 2000.

CARRIJO, A. S. et al. Avaliação de linhagens alternativas na criação de frango tipo caipira. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. Campinas, v.4, supl.1, p.84, 2002.

COUTINHO, L. L.; GABRIEL, J. E.; ALVARES, L. E. Desenvolvimento embrionário da musculatura de frangos: efeito da linhagem e sexo. In Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000, Campinas/SP. *Anais...* Campinas: FACTA, 2000, v. 2, p.15-32 (Resumo).

CURTIS, S.E., *Environmental management in animal agriculture*. Ames: The Iowa State University, p. 403, 1987.

DONÁT, P. *Measuring Behaviour: The Tools and the Strategies*. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. St. Andrews/UK, v. 15, p. 447-454, 1991.

DUNCAN, I. J. H. & MENCH, J. A. Behaviour as an Indicator of Welfare in Various Systems. *Alternative Housing Systems. Basic Biology and Welfare*. p. 69-76, 1993.

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

FARIA FILHO, D. E. Efeito de dietas com baixo teor protéico, formuladas usando o conceito de proteína ideal, para frangos de corte criados em temperaturas fria, termoneutra e quente. 2003. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal/SP. 2003.

FAWC - FARM Animal Welfare Council's. FAWC updates the five freedoms. Veterinary Record, v.131, n.357, 1992. Disponível em: <<http://www.fawc.org.uk/meetings/000608.htm>>. Acesso em maio de 2006.

FERRANTE, V. et al. Behaviour reactions, semen quality and testosterone levels in cocks: genetic implications. Animal Welfare, v.10, n.3, p.269 - 279, 2001.

FERREIRA, R. Comparação de vários materiais de cobertura através dos índices de conforto térmico. Trabalho de graduação – Faculdade de Agronomia de Ituverava Dr. Francisco Maeda, Fundação Educacional de Ituverava. Ituverava/SP, p. 49, 1993.

FIGUEIREDO, E. A. P. Diferentes denominações e classificação brasileira de produção alternativa de frangos. In: Conferência de Ciência e Tecnologia Avícolas – APINCO, 2001, Campinas. Anais...p. 209-222, 2001.

FONSECA, J. M. Efeito da densidade de alojamento sobre o desempenho de frangos de corte criados em sistemas de nebulização e ventilação em túnel. Dissertação Mestrado, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG, 1998.

FURLAN, R. A.; MACARI. M. Termorregulação. In: MACARI. M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (ed.). Fisiologia Aviária: Aplicada a frangos de corte. Editora FUNEP, p. 209-230, Jaboticabal, 2002.

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

FURTADO, D. A., AZEVEDO, P. V., TINÔCO, I. F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, Paraíba, v.7, n.3, p.559-564, 2003.

GARCIA, R. G. Efeito da densidade de criação e do sexo sobre o empenamento, incidência de lesões na carcaça e qualidade da carne de peito de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 4, n. 1, p. 1- 9. Campinas/SP, 2002.

GHAVAMI, K.; TOLÊDO FILHO, R. D.; BARBOSA, N. P. Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres. *Cement and Concrete Composites*, California/USA, v. 21, p. 39-48, 1999.

GHELFI FILHO, H. et al. Índices de conforto térmico e da CTR para diferentes materiais de cobertura em três estações do ano. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, Londrina, 1991. Anais... Londrina: SBEA, p. 94-110, 1992.

GIANNASI, F.; THEBÁUD-MONY, A. Occupation exposures to asbestos in Brazil. *International Journal of Occupation and Environmental Health*. Philadelphia, 1997.

HEINRICKS, H. et al. Global review of technologies and markets for building materials. In: *Inorganic-Bonded Wood and Fiber Composite Materials*, Sun Valley, 2000. Proceedings. Moscow, University of Idaho, 12p. SHS Report, 2000.

HELLMEISTER FILHO, P. et al. Efeito de genótipo e do sistema de criação sobre o desempenho de frangos tipo caipira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 32, n. 6, p. 1883-1889, 2003.

JOHN, V. M. Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil. II Seminário sobre desenvolvimento sustentável e reciclagem na construção civil. Anais. IBRACON. São Paulo, 1999.

JOHN, V.M.; ZORDAN, S.E. Research & development methodology for recycling residues as building materials – a proposal. Waste Management, v.21, p.213-9, 2001.

JULIAN, R. J. Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry: a review. The Veterinary Journal In Press: Corrected Proof. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Consulta em 20 de janeiro de 2007.

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.

LANA, G. R. Q. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição da carcaça de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa/MG, v. 29, n. 4, p.1117-1123, 2000.

LIMA, A. M. C. Avaliação de dois sistemas de produção de frango de corte: uma visão multidisciplinar. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiente)). Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2005.

LOPES, S. P. Efeitos de densidade, programas e fontes de luz, durante a fase de recria, sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte. Tese Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 75, 1999.

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

MACARI, M. Água na avicultura industrial. FUNEP, p.128, Jaboticabal, 1996.

MALHEIROS, R. D. et al. Environmental temperature and cloacal and surface temperatures of broiler chicks in first week post-hatch. Journal of Applied Research, v. 9, p. 111 – 117, 2000.

MARIN, R. H. et al. Effect of an acute stressor on fear and on the social reinstatement responses of domestic chicks to cagemates and strangers. *Applied Animal Behavior Science*, v. 71, n. 1, p. 57–66, 2001.

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 Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2001.

MCINERNEY, J. Animal welfare, economics and policy: report on a study undertaken for the farm & animal health economics. Division of DEFRA: Londres, 2004.

MEDEIROS, C. M. et al. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Revista Engenharia na Agricultura*, Viçosa/MG, v.13. n.4, 277-286, Out./Dez., 2005

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.

MICHELAN FILHO, T.; SOUZA, E. M. Formação e características das linhagens atuais de frango. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2001, Campinas, SP. Anais., Campinas: FACTA, 2001. v.2. p.24-31.

MORAES, S. R. P. et al. Conforto térmico em galpões avícolas, sob coberturas de cimento amianto e suas diferentes associações. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, n.1, p.89-92, 1999.

MOREIRA, J. et al. Efeito da densidade populacional sobre desempenho, rendimento de carcaça, e qualidade da carne em frangos de corte de diferentes linhagens comerciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Brasília, v. 33, n. 6, p. 1506-1519, 2004.

MORGAN, W. E. Heat reflective roof coatings. Chicago: ASAE, 12 p. (Paper nº 904513), 1990.

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.

MOURA, D. J.; NÃÃS, I. A. Estudo comparativo de índices de conforto térmico na produção de animais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 22. Ilhéus, 1993. Anais... Ilhéus/BA: SBEA - CEPLAC, v.1, p.42-46, 1993.

NÃÃS, I. A. et al. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. Engenharia Agrícola, Jaboticabal/SP, v. 21, n. 2, p. 121-126, 2001.

NÃÃS, I. A.; MOURA, D. J.; LAGANÁ, C. A. 1995. 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.

NÃÃS, I.A. Aspectos físicos da construção no controle térmico do ambiente das instalações. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas. Santos/SP, Anais... p.167, 1994.

OLIVEIRA, G. A. et al. Influência do ambiente térmico sobre o desempenho de frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade. In: XXXVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, Piracicaba. Anais da XXXVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 26-27, 2001.

OLIVEIRA, J. E. et al. Efeito do isolamento térmico de telhado sobre o desempenho de frangos de alojados em diferentes densidades. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa/MG, v. 29, n. 5, p. 1427-1434, 2000.

OLIVEIRA NETO, A. R. Efeito de níveis de energia da ração e da temperatura ambiente sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos de frangos de corte.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG 1999.

PANDORFI, H. Avaliação do comportamento de leitões em diferentes sistemas de aquecimento por meio da análise de imagem e identificação eletrônica. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Escola de Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba/SP, 2002.

PERDOMO, C. C. Uso do PVC (Viniagro) na Melhora do Condicionamento Ambiental de Frangos de Corte. Comunicado Técnico da Embrapa. Concórdia - SC. 1998.

PEREIRA, D. F. Avaliação do comportamento individual de matrizes pesadas (frango de corte) em função do ambiente e identificação da temperatura crítica máxima. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP, 2005.

PEREIRA, D. F. et al. Determinação de um padrão de uso de bebedouro em função da temperatura para matrizes pesadas. Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas/SP, Suplemento 4, p.79, 2002.

RICHARDS, S. A. The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss. Journal of Physiology, p. 1-10, 1971.

RODRIGUES, E. H. V. Desenvolvimento e avaliação de um sistema de resfriamento evaporativo, por aspersão intermitente, na cobertura de aviários usando modelos de escala distorcida. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP, 1998.

ROMA JUNIOR, L. C. Cobertura de fibrocimento e sistema de climatização: influência no desempenho de vitelos mestiços da raça Holandesa. Dissertação (Mestrado em Zootecnia (Qualidade e Produtividade Animal)) - Universidade de São Paulo, Pirassununga/SP, 2004.

ROSA, O. S. et al. Efeito da temperatura e da duração do jejum pré-abate sobre indicadores de estresse em frangos abatidos aos 35 e 49 dias. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas/SP, Suplemento 4. p. 98, 2002.

ROSA, Y. B. C. J. Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico em condições de verão, para Viçosa - MG. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 1984.

RUTZ, F. Aspectos fisiológicos que regulam o conforto térmico as aves. Conferência APINCO. Anais, p. 99-110. Santos/SP, 1994.

SARTOR, V., BAÊTA, F. C., LUZ, M. L., ORLANDO, R. C. Sistemas de resfriamento evaporativo e o desempenho de frangos de corte. *Scientia Agrícola*, Piracicaba/SP, v. 58, n. 1, p. 17-20, 2001.

SARTOR, V.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F. Efeito de modificações ambientais de verão nos índices de conforto térmico, em maternidades de suínos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 29., 2000, Fortaleza/CE. Anais... Fortaleza: SBEA, 2000b. (Em CD-ROM).

SARTORI, J. R.; GONZALES, E.; DAL PAI, V. Effect of Environmental Temperature and Feed Restriction on the Performance and Composition of the Skeletal Muscle Fibers in Broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa/MG, v. 30, n. 6, p. 1779-1790, 2001a.

SAVASTANO JUNIOR, H. Sustainable cement based materials and techniques for rural construction. In: AGRIBUILDING 2001, Campinas/SP. Proceedings... Concórdia/SC, 2001. p. 8-27. (CD-ROM) / Invited lecture.

SAVASTANO JUNIOR, H. Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo. Tese (Livre-docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo/SP, 2000.

SAVASTANO JUNIOR, H. et al. Desempenho de Alguns Sistemas de Cobertura Para Aviários. Engenharia Rural, Piracicaba/SP, v. 8, n. 1, p. 1-11, 1997.

SAVASTANO JUNIOR, H.; AGOPYAN, V.; NOLASCO, A. M.; PIMENTEL, L. Plant fibre reinforced cement components for roofing. Construction and Building Materials. Kidlington, v. 13, n. 8, p. 433-438, 1999.

SAVASTANO JUNIOR, H.; PIMENTEL, L. L. Viabilidade do aproveitamento de resíduos de fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande/PB. v. 4, n. 1, p. 103-110, 2000.

SERGEANT, D.; BOYLE, R.; FORBES, M. Computer visual tracking of poultry. Computers and Electronics in Agriculture, Amsterdam, v. 21, p. 1-18. 1998.

SEVEGNANI, K. B. et al. Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande/PB, v. 9, n. 1, 2005.

SEVEGNANI, K. B. Avaliação de tinta cerâmica em telhados de modelos em escala reduzida, simulando galpões para frangos de corte. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP, 1997.

SILVA, I. J. O. Ambiência na produção de aves em clima tropical. Piracicaba/SP, v. 2, p. 150 - 204, 2001.

SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K.B. Ambiência na produção de aves de postura. In: Silva, I. J. O. Ambiência na produção de aves em clima tropical. Editora FUNEP, Piracicaba/SP, p.150-214, 2001.

SILVA, M. A. N. Interação genótipo-ambiente e análise da variabilidade no melhoramento genético de linhagens avós de frangos de corte. Tese (Doutorado em

Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas)) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP, 2006.

SCHMIDT, J.; NIELSEN, K. Desert animals – physiological problems of heat and water. New York, Dover Publications. p. 277, 1979.

SOBRINHO, A. S. C. Introdução ao método dos elementos finitos. Rio de Janeiro. Ed. Ciência Moderna. 403 p. 2006.

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

SOUSA, P. Avaliação do índice de conforto térmico para matrizes em gestação segunda as características do ambiente interno. 2002. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiente)) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2002.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. Fisiologia dos animais domésticos. 11. Ed. Rio de Janeiro, Guanabara/RJ, p. 856, 1996.

TAKAHASHI, S.E. et al . Effect of production system on performance and carcass yield of free range broiler chickens. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., Belo Horizonte/MG, v. 58, n. 4, 2006.

TEETER R. G.; BELAY, T. Broiler water balance and thermoneutral and high ambient temperature exposure. Poultry Science, v. 72, p. 116-124, 1993.

TEIXEIRA, V.H. Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 1983.

TINÔCO, I. F. F. Ambiência e instalações na produção de matrizes avícolas. In: Silva, I.J.O. Ambiência na produção de aves em clima tropical, vol. 2, p.1-74, 2001.

TINÔCO, I. F. F. Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambiente e níveis de energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte, e condições de verão e outono. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 1996.

TINÔCO, I. F. F. Estresse calórico: meios naturais de condicionamento. In: Simpósio Internacional sobre Ambiência em Instalação na Avicultura Industrial, 1995, Campinas. Anais... Campinas/SP: [s.n], p. 99-108, 1995.

VAROLI JUNIOR, J. C. Desempenho e qualidade de carcaça de frangos com gene Na+. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 1999.

VERCOE, J. E.; FITZHUGH, H. A.; VON KAUFMANN, R. Livestock productions systems beyond. Asian – Australian Journal of Animal Sciences, v. 13, p. 411 - 419, 2000.

VON BORELL, E. Neuroendocrine integration of estress and significance of stress for the performance to farm animals. Applied Animal Behavior Science, v. 44, p. 219 – 227, 1995.

XIN, H.; SHAO, J. Real-time behavior-based assessment and control of swine thermal comfort. In: Livestock Environment VII - Seventh International Symposium, Proceedings..., Beijing, 2005. Paper nº. 701P0205, p.694-702, 2005.

YAHAV, S. Heat stress in broiler. Anais da AMEVEA, p. 28-37, Equador, 2002.

ZANOLLA, N. et al. Sistemas de ventilação em túnel e lateral na criação de frangos de corte em alta densidade. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande/PB, v.3, n.3, p.361-366, 1999.