

AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO INTERNO EM GALPÕES DE FRANGO DE CORTE COM DIFERENTES MATERIAIS DE COBERTURA NA MESORREGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM¹

Kedson Raul de Souza LIMA²

José Antônio Koury ALVES³

Cláudio Vieira ARAÚJO⁴

Maria Cristina MANNO⁵

Moema Luise Correa de JESUS⁶

Dario Lisboa FERNANDES⁶

Fernando TAVARES⁶

RESUMO: Foi avaliado o ambiente interno de galpões para frango de corte com três diferentes coberturas nas regiões de Benevides (BE) e Americano (AM), localizados na mesorregião metropolitana de Belém, no nordeste do estado do Pará. O ambiente interno dos galpões foi avaliado com base no Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), no Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Temperatura Efetiva (TE) e Umidade Relativa do Ar (UR), em intervalos de duas horas (das 8 horas até às 18 horas) durante todo o período experimental. Os galpões selecionados foram classificados como G1 (telha de alumínio), G2 (telha de barro) e G3 (telha de cimento-amianto). O ITGU e a TE apresentaram diferenças significativas ($P < 0,10$) entre os tratamentos e entre horários de observação. O galpão com cobertura de telha de cerâmica apresentou menores valores de ITGU e TE. Os valores de UR e ITU não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,10$) entre os galpões testados. Conclui-se, com base nos índices térmicos avaliados, que os galpões construídos com telha de cerâmica são mais favoráveis à criação de frango de corte, e que o horário do dia em que há maior carga térmica proveniente da cobertura é 12:40h.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Ambiência, Ambiência Avícola, Índices de Conforto Térmico, Materiais de Cobertura, Temperatura Efetiva, Temperatura de Globo Negro.

¹ Aprovado para publicação em 22.04.09

² Zootecnista, Dr., Professor Adjunto da UFRA. E-mail: kedson_lima@uol.com.br

³ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., professor da UFRA

⁴ Zootecnista, Dr., Professor Adjunto da Universidade Federal do Mato Grosso.

⁵ Zootecnista, M.Sc., Empresa FETEC S/A – Belém (PA). E-mail: mcmanno@uol.com.br

⁶ Alunos de graduação do Curso de Zootecnia da UFRA. Bolsistas do PIBIC.

INNER THERMAL ENVIRONMENT ASSESSMENT IN BROILER HOUSE WITH DIFFERENT ROOFS MATERIALS ON THE GREAT METROPOLITAN REGION OF BELÉM

ABSTRACT: It was assessed the broilers' inner environment houses with three different roofing on the regions of Benevides (BE) and Americano (AM), located on the Great Metropolitan Region of Belém, on Northeast Pará State, Brazil. The broiler houses inner environment was assessed based on Black Globe Temperature and Humidity Index (BGTHI), Temperature and Humidity Index (THI), Effective Temperature (ET) and air relative humidity (RU), in 2 hours intervals (from 8:00 a.m. to 6:00 p.m.) during the whole experimental period. The selected broiler houses were classified as G1 (aluminium roofing tile), G2 (clay roofing tile) and G3 (asbestos cement roofing tile). BGTHI and ET presented significant differences ($P < 0.10$) between treatment and timing observation. Broiler houses with clay roofing tile presented minor BGTHI and ET values. THI and RU values did not present significant differences ($P > 0.10$) among tested houses. Based on thermal index it is concluded that the houses built with clay roofing tile are more favorable to broilers growth, and the time with more thermal load from the covering is 12:40 p.m.

INDEX TERMS: Climate Control, Poultry Environment, Thermal Comfort Index, Roofing Material, Effective Temperature, Black Globe Temperature.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de corte, no Brasil, vem crescendo continuamente nos últimos anos, sendo o país, hoje, o segundo produtor e o maior exportador de carne de frango do mundo (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA, 2006). Este grande desenvolvimento da avicultura industrial está diretamente relacionado com a implantação de técnicas e materiais de construção direcionados ao conforto térmico nas instalações (NÃÃS, 1994; LLOBET, 1993).

Em climas tropicais e subtropicais, a alta

intensidade de radiação incidente (ESMAY, 1982) e os elevados valores de temperatura e umidade relativa (UR) do ar representam condições de desconforto térmico, no interior das instalações, que podem restringir o desenvolvimento e a reprodução dos animais (OLIVEIRA et al., 1995). Isso pode ser verdadeiro se considerarmos que a troca de calor da ave com o ambiente é fortemente afetada pelas instalações quando estas promovem o equilíbrio térmico desejável.

Em ambientes tropicais, a alta temperatura causa a redução no consumo de alimento; por outro lado, se há um equilíbrio com o ambiente

circundante, o animal se encontrará confortável e apto para a produtividade máxima (PENZ Jr, 1989; SILVA; GHELFI FILHO; CONSIGLIERO, 1990). Esta zona de conforto varia de acordo com a idade do animal. Na idade de 1 a 7 dias, a zona de conforto está entre 31°C e 33°C; para a idade de 35 a 42 dias a temperatura de conforto estaria entre 21°C e 23°C. Estes dados são válidos para UR de 65 a 70%, e nessas condições, os sistemas de regulação de temperatura do animal atuam com um menor gasto de energia, o que pode ser traduzido em ganho de peso e conversão alimentar mais eficientes (MACARI, 1996). A posição destas faixas de temperatura varia conforme o tamanho do animal, manejo, aspectos nutricionais, estrutura física da instalação, dentre outros.

Segundo Nããs (2005), os fatores construtivos mais importantes de uma edificação em criação intensiva são a orientação das edificações e o material utilizado na construção da cobertura. A orientação mais recomendada é a leste-oeste, porém ainda não foi cientificamente comprovado se a orientação neste sentido é realmente a mais indicada para países tropicais e subtropicais, pois se trata de uma recomendação importada dos países de clima temperado, onde é comum o uso de isolamento nos telhados e paredes. Realmente, há uma maior incidência de

calor radiante, provinda do sol, concentrada sobre o telhado na orientação leste-oeste. No entanto, no Brasil, o uso de forros é antieconômico, e não é recomendado em regiões que predominem altas taxas de UR em razão da condensação do ar entre o forro e o telhado, deixando de ser um isolante para ser apenas uma barreira física (NÃÃS, 2005). Uma solução seria a orientação norte-sul, sombreados para evitar a entrada de sol através das laterais das instalações.

O tipo de cobertura presente nos galpões avícolas é outro fator que interfere na condição de conforto das aves, e, segundo Morgan (1990), a radiação solar que incide na cobertura representa cerca de 75% da carga térmica transferida para o interior de um galpão, sendo o telhado, portanto, a parte da construção através da qual se dá a principal entrada de calor. Furtado et al. (2003) concluíram, em experimento realizado no Agreste Pernambucano, que as instalações com telhado de barro tendem a proporcionar um maior conforto térmico quando comparadas com aquelas cuja cobertura é composta de telha de cimento-amianto,. Entretanto, poucos trabalhos foram conduzidos na região amazônica, tipicamente quente e úmida.

O telhado é, sem dúvida, o elemento construtivo mais importante quanto ao controle da radiação solar incidente. Tal fato deve-se à grande

área de interceptação de radiação. Para instalações situadas nas regiões tropicais, a incidência da radiação solar ocorre numa direção mais próxima à perpendicular aos planos que compõem a cobertura, principalmente no verão e para as horas de maior intensidade de radiação (RODRIGUES; ARAÚJO, 1996).

Em São Paulo, Toledo (1970), estudando causas de desconforto térmico em construções residenciais, concluiu que o fluxo de calor através das coberturas, juntamente com as elevadas temperaturas na face inferior das telhas, era a causa principal do desconforto no interior das residências.

Oliveira et al. (1995) testaram sete tipos de telhas (cerâmica, cimento-amianto, fibrocimento isolada com fibra de vidro, alumínio, madeirite aluminizada, aço galvanizado e aço galvanizado pré-pintado) em instalações para frangos de corte em Cuiabá-MT, medindo as temperaturas do ar e do termômetro de globo negro ao nível das aves; e as temperaturas superior e inferior das telhas, assim como o ganho de peso, o consumo de ração e a mortalidade dos frangos. Segundo estes autores, os diferentes tipos de telha não causaram diferenças significativas ($P > 0,05$) no desempenho produtivo das aves; no entanto, causaram variações nos parâmetros ambientais e na mortalidade,

sendo que os melhores desempenhos, quanto ao ITGU, ocorreram para as telhas cerâmicas. Estes resultados estão em acordo com diversos autores (GHELFI FILHO et al., 1992; HARDOIM; LOPES, 1993; SEVEGNANI; GHELFI FILHO; SILVA, 1994) que observaram que a telha cerâmica apresentou melhores resultados térmicos que a de cimento-amianto. No entanto, segundo a TCPO (1980), a cobertura com telhas onduladas de cimento-amianto apresenta custo de construção inferior àquela executada com telhas cerâmicas, devido, principalmente, à estrutura de suporte ser mais leve, e à menor quantidade de mão-de-obra empregada. Além disso, a construção é mais rápida, apresenta maior facilidade de limpeza, o que justifica a preferência desse tipo de cobertura pelos avicultores.

As comparações de desempenho entre diferentes modelos de instalações, em razão do grande número de variáveis envolvidas, são facilitadas pelos índices de conforto térmico animal. Tais índices foram classificados por Nããs (1989) em: biofísicos (troca de calor entre o corpo e o ambiente), fisiológicos (baseiam-se nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura ambiente, temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade do ar) e subjetivos (sensações subjetivas de conforto em face de variações dos elementos de conforto

térmico). São exemplos de índice de conforto térmico, segundo Savastano Jr. et al. (1996), o índice de temperatura ambiente e umidade (ITU), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e temperatura efetiva (TE).

O ITU foi originalmente desenvolvido por Thom (1959) como um índice de conforto térmico humano; com essa finalidade, é empregado desde 1959 pelo U.S. Weather Bureau. Este índice tem sido usado para descrever o conforto térmico de animais, desde que Johnson et al. (1962) observaram significativas quedas na produção de leite de vacas, associadas a aumentos no valor de ITU. De acordo com Hahn (1985), um valor entre 71 e 78 é crítico; entre 79 e 83, indica perigo; acima de 83 já constitui uma emergência. Segundo esse autor, tais faixas seriam válidas para animais domésticos em geral e não apenas para vacas. Outra forma de se calcular o ITU foi proposta por Baccari et al. (1997).

O ITGU é o índice de conforto térmico mais comumente utilizado. Buffington et al. (1977) afirmaram que este é o índice mais preciso para se medir o conforto térmico para animais, pois tal medida engloba os efeitos da temperatura de bulbo seco, da velocidade do ar, da umidade e da radiação. Segundo Baêta (1987), valores acima de 84 representam emergência.

A TE é a temperatura relacionada à sensação térmica que é ocasionada pelas características do ar circundante na superfície corporal, ou seja, é a temperatura real a que o animal está submetido. Este contato com o ar retira calor corporal e está dependente, principalmente, da umidade relativa do meio. A TE não pode ser medida por termômetro, mas pode ser estimada através da fórmula proposta por Thom (1959), que utiliza os valores de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido.

Os índices de conforto são adimensionais (com exceção da TE que é dada em °C) e variam em razão das características do ambiente em que o animal está inserido.

Como base no que foi exposto, propôs-se a realização deste trabalho cujo objetivo é determinar as condições térmicas internas de galpões avícolas com diferentes tipos de cobertura no estado do Pará, uma região de altas temperatura, umidade relativa do ar e incidência de energia térmica, observando a viabilidade para a produção de frangos de corte.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados três galpões com diferentes coberturas localizados na Mesorregião

Metropolitana de Belém, no Nordeste do estado do Pará, que abrange os municípios de Americano, Ananindeua, Barcarena, Benevides, Bujaru, Castanhal, Inhangapi, Marituba, Santa Izabel do Pará e Santo Antônio do Tauá. As instalações utilizadas para este experimento encontravam-se nas regiões de Benevides (BE) e Americano (AM), distantes 25 km e 40 km, respectivamente, da capital Belém.

O clima nesta mesorregião é do tipo quente e úmido, com grande incidência pluviométrica durante todo o ano. O tipo climático da mesorregião metropolitana de Belém é, segundo classificação de Köppen, citado por Alves (2006), o Afi (tropical úmido), caracterizado por chuvas abundantes durante todo o ano, com período mais chuvoso entre dezembro e maio, e menos chuvoso de junho a novembro, com médias climáticas anuais de 26°C de temperatura, 85% de umidade relativa do ar e 2.870mm de precipitação pluviométrica.

O experimento foi conduzido no mês de dezembro de 2003. O ambiente interno de cada galpão foi monitorado durante o dia (devido à presença de radiação solar) através de termômetros de bulbos seco e úmido, e termômetro de globo negro, em intervalos de duas horas (das 8 horas às 18 horas) durante o período de duração do

experimento. As instalações permaneceram vazias (sem equipamentos e animais) durante todo o período experimental, e os equipamentos de medição foram posicionados no centro geométrico das instalações.

Os galpões selecionados eram semelhantes em comprimento (100 metros), largura (10 metros), altura de pé-direito (3 metros) e beiral (1,20 metro), e foram classificados de acordo com o material de cobertura em G1 (telha de alumínio, estrutura metálica), G2 (telha de barro, estrutura de madeira) e G3 (telha de cimento-amianto, estrutura de madeira). Todos os galpões possuíam o telhado orientado no sentido leste-oeste, com área em volta gramada.

Os parâmetros térmicos avaliados a partir do monitoramento das variáveis foram: índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), índice de temperatura e umidade (ITU), umidade relativa do ar (UR) e temperatura efetiva (TE).

Para o ITGU foi utilizada a equação proposta por Buffington et al. (1977), em que $ITGU = 0,72 (T_{bu} + T_{gn}) + 40,6$ (onde: T_{bu} = Temperatura de bulbo úmido em °C; T_{gn} = Temperatura de globo negro em °C); para o ITU foi utilizada a equação proposta por Thom (1959), em que $ITU = 0,72 (T_{bs} + T_{bu}) + 40,6$ (onde: T_{bs} =

temperatura de bulbo seco, °C; T_{bu} = temperatura de bulbo úmido); e para a TE foi utilizada a equação proposta por Thom (1959), em que $TE = 0,4 (T_{bs} + T_{bu}) + 4,8$ (onde: T_b = Temperatura de bulbo seco em °C; T_{bu} = Temperatura de bulbo úmido em °C).

A UR foi calculada mediante o uso de carta psicrométrica, utilizando as temperaturas de bulbo seco (T_{bs}) e bulbo úmido (T_{bu}) obtidas com termômetros de coluna de mercúrio (psicrômetro).

A temperatura de globo negro (T_{gn}) foi medida por um globo de Vernon colocado dentro de cada galpão, na altura de 30cm da cama, correspondente ao centro geométrico das aves.

O ensaio experimental teve a duração de quatro semanas e os tratamentos foram dispostos em um delineamento de blocos casualizados, onde cada semana foi considerada um bloco. A disposição dos dados experimentais foi em esquema de parcelas subdivididas, tendo os níveis do fator galpões avícolas dispostos na parcela, enquanto que os níveis do fator horário foram alocados na subparcela. As análises estatísticas foram conduzidas conforme o modelo estatístico descrito abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_j + (\alpha b)_{ij} + \gamma_k + (\gamma\beta)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

onde;

Y_{ijk} = Valor da variável resposta observado referente ao k-ésimo horário, no i-ésimo galpão, pertencente ao j-ésimo bloco;

μ = constante geral, associada a todas as observações

α_i = efeito fixo do fator galpão i, com $i=1, 2$ e 3 ;

b_j = Efeito aleatório do j-ésimo bloco, com $j=1, 2, 3$ e 4 ;

(αb) = efeito aleatório do erro experimental associado às observações da parcerla, com $\sim NIID(0, \sigma^2)$;

ij

γ_k = efeito fixo do fator horário k, com $k=1, \dots, 6$;

$(\gamma\beta)_{ik}$ = efeito fixo da interação dos níveis dos fatores galpões e horários;

ε_{ijk} = efeito aleatório do erro experimental associado a cada observação, com $\sim NIID(0, \sigma^2)$.

As comparações múltiplas entre os níveis do fator galpões, foram realizadas por meio do teste Student Newman Kewls (SNK), para os níveis do fator horário foram ajustadas equações de regressão linear polinomial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de ITGU (Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade), TE (Temperatura Efetiva), UR (Umidade Relativa) e demais parâmetros avaliados durante todo o período experimental estão descritos na Tabela 1.

Apesar de não haver radiação emitida de corte adultos. De acordo com Teixeira (1983), pela presença de animais dentro da instalação, com base em consumo de ração e desempenho, o uma vez que os galpões estavam vazios, os valores valor de ITGU de 76 pode ser considerado o limite de ITGU e de ITU são considerados elevados, crítico superior para a criação de frangos após os denotando ambiente de desconforto para frangos 21 dias de idade.

Tabela 1 – Médias, desvios-padrão, valores mínimos, valores máximos e coeficientes de variação das análises de variância, para as variáveis ITGU (Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade), ITU (Índice de Temperatura e Umidade), TE (Temperatura Efetiva), TBS (Temperatura de Bulbo Seco), TBU (Temperatura de Bulbo Úmido), TGN (Temperatura de Globo Negro) e UR (Umidade Relativa)

Variável	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	C.V.
ITGU*	81,30	2,44	77,07	87,12	1,80
ITU *	81,11	2,24	76,80	86,10	1,60
TE*	27,86	1,32	25,44	31,00	2,65
TBS (°C)	28,56	1,64	25,60	33,20	3,11
TBU (°C)	26,47	1,23	24,40	29,80	3,27
TGN (°C)	30,01	1,95	26,40	35,00	3,12
UR(%)	84,01	5,10	68,20	92,00	3,79

*Valores adimensionais.

Os valores de TE (27 °C) e UR (84 %) vital mais importante dos animais: a homeotermia. analisados apresentaram-se elevados, segundo Em trabalho realizado por Macari (1996), a zona Oliveira et al. (1995). Os mesmos autores citam de conforto para pintos de sete dias e para animais em final de ciclo produtivo é de 31 a 33 °C e 21 a 23 que valores acima da zona de conforto do animal °C, respectivamente, e varia em acordo com UR, são limitadores do desenvolvimento produtivo cuja faixa ideal está entre 65 a 70%; portanto, bem e reprodutivo. Isto se torna mais acentuado abaixo dos valores obtidos neste experimento. na avicultura, em que há uma dificuldade de

troca de calor das aves com o meio ambiente. A diferença de 1,5°C, verificada entre a Segundo Tinôco (1996), o ambiente a que as TBS e a TGN, denota a presença de radiação, que aves estão submetidas constitui um dos principais elevaria a sensação de desconforto das aves dentro responsáveis pelo sucesso ou fracasso do da instalação. Provavelmente tal fato seria ainda empreendimento avícola, uma vez que os fatores agravado pela elevada umidade relativa (84%), bem acima do recomendado para aves domésticas térmicos (radiação térmica, temperatura, umidade – 60 a 75% - segundo Macari (2006). e movimentação do ar) comprometem a função

O ITGU, a TE e a UR nos diferentes horários apresentaram diferenças significativas ($P < 0,10$) em acordo com as equações de regressão expostas na Tabela 2.

Tabela 2 – Equações de regressão das variáveis ITGU (Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade), ITU (Índice de Temperatura e Umidade), TE (Temperatura Efetiva) e UR (Umidade Relativa), o R2 e respectivos horários derivados.

Variáveis	Equação	R2	Horário
TE	$14,124 + 2,349X + 0,093X^2$	0,95	12:40
ITU	$58,669 + 3,836X - 0,152X^2$	0,93	12:40
ITGU	$56,74 + 4,192X - 0,166X^2$	0,95	12:40
UR (%)	$121,70 - 6,218X + 0,241X^2$	0,75	12:55

Pela derivação das equações foi observado que o maior valor para ITGU e TE, e o menor valor para a UR ocorreram, respectivamente, às 12:40 h e 12:50 h. Isto é válido se considerarmos que a região em que foi realizado o experimento encontra-se a 2º latitude Sul, onde há uma grande incidência de radiação solar. Esta radiação por sua vez é transferida para a cobertura e daí para o interior do ambiente em forma de calor favorecendo o desconforto ao animal.

Os resultados eram esperados, uma vez que as instalações estão situadas nas regiões tropicais, onde a incidência de radiação solar ocorre numa direção mais próxima à perpendicular aos planos que compõem a cobertura, principalmente para o verão e para as horas mais intensas de radiação (RODRIGUES; ARAÚJO, 1996).

A variação dos valores medidos em relação ao horário do dia para as diferentes variáveis pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 3 – Efeito do horário do dia nos valores médios de ITGU, ITU, TE e UR obtidos no interior das instalações.

Tempo	Horário de Medição					
	8	10	12	14	16	18
ITGU ¹	79,27	82,78	83,29	82,57	81,17	78,79
ITU ¹	79,23	82,48	82,99	82,49	80,54	78,96
TE (°C)	26,73	28,73	28,95	28,57	27,77	26,42
Tbs (°C)	27,08	29,65	29,84	29,70	28,08	27,02
Tbu (°C)	25,57	27,05	27,40	26,97	26,52	25,34
Tgn (°C)	28,28	31,55	31,65	31,23	29,58	27,82
UR (%)	88,05	81,10	82,62	80,58	85,19	86,55

¹Valor adimensional

Os valores estimados de ITGU e de ITU são considerados elevados para qualquer horário de medição, o que acarretaria estresse térmico aos animais no decorrer do dia. Podemos observar uma tendência de piora das condições de temperatura e umidade durante o período de pico de calor (próximo ao meio-dia), que impulsionam a sensação de desconforto térmico, comprovadas pelas medições das variáveis TE e TGN.

A diferença entre os valores de ITGU dos diferentes tipos de cobertura foi significativa ($P < 0,10$), indicando que o ambiente dos galpões G1

(telha de alumínio) e G2 (cerâmica) foram melhores que o do galpão G3 (cimento-amianto) (Tabela 4). Isto está em acordo com Oliveira et al. (1995), que, avaliando sete tipos de telha (cerâmica, cimento-amianto, fibra de vidro, alumínio, madeirit, aço galvanizado e aço galvanizado pré-pintada) observaram um melhor ITGU para as telhas de cerâmica. Também diversos autores (GHELFI FILHO et al., 1992; SEVEGNANI; GHELFI FILHO; SILVA, 1994), estudando diferentes tipos de cobertura, concluíram que, do ponto de vista térmico, a telha de cerâmica é a melhor.

Tabela 4 – Efeito da cobertura dos galpões nos valores médios de ITGU, ITU, TE e UR obtidos no interior das instalações.

Variáveis *	Tipos de Cobertura		
	Alumínio	Barro	Amianto
ITGU **	81,08±2,36 ^a	80,48±2,07 ^a	82,34±2,57 ^b
ITU **	80,97±2,20 ^a	80,57±2,12 ^a	81,79±2,31 ^a
TE **	27,77±1,28 ^a	27,39±1,11 ^a	28,41±1,38 ^b
Tbs	28,69±1,87 ^a	28,21±1,46 ^a	28,77±1,57 ^a
Tbu	26,24±1,06 ^a	26,07±1,05 ^b	27,10±1,33 ^b
Tgn	30,14±2,05 ^{ab}	29,30±1,57 ^a	30,60±2,05 ^b
UR%	81,84±6,13 ^a	84,03±4,35 ^a	86,17±3,77 ^a

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Student Newman Kews, para um nível de significância de 10%.

** Valores adimensionais.

A TE apresentou diferença significativa ($P<0,10$) entre os tipos de cobertura, sendo que o galpão com cobertura de telha de cerâmica apresentou o valor térmico mais favorável no seu interior. No entanto, embora apresentando valor de temperatura inferior aos demais, este valor se encontra acima do limite superior da zona de conforto para animais na fase de crescimento e abate, que em acordo com Macari (1996) é de 23 °C. Portanto, fortalece mais ainda a necessidade da utilização de ventiladores para diminuir o estresse térmico no interior dos galpões. Correlacionado à alta umidade relativa registrada neste tipo de instalação, pode-se inferir que animais criados em galpões de cobertura de cimento-amianto estariam submetidos a ambiente de estresse térmico superior quando comparado às demais instalações. O mesmo comportamento pode ser observado com relação aos valores de TGN; entretanto, além de confirmar a dificuldade de criar animais nesta região sob telhado de amianto, demonstrou uma capacidade de retenção da radiação solar em telha cerâmica maior ($P<0,10$) do que em telhas de alumínio.

Segundo relatório fornecido pelo SEOMA – 2º Distrito de Meteorologia de Belém/PA, ligado ao INMET – Instituto de Meteorologia (2006), a temperatura média do período experimental na mesorregião metropolitana de Belém foi de

27°C, com Umidade Relativa (%) em cerca de 83%, o que mostra a dificuldade de preservar baixa temperatura dentro de instalações avícolas, situação que poderá ser agravada futuramente, quando os animais efetivamente fizerem parte do sistema, gerando calor para o meio.

Embora as telhas de cerâmica apresentem um melhor desempenho térmico, a cobertura de telha de cimento-amianto apresenta custo de construção inferior, devido principalmente ao suporte ser mais leve e exigir uma menor quantidade de mão-de-obra (TCPO 7, 1980). Para minimizar o problema térmico, pode ser utilizada aspersão d'água na cobertura, pois o uso de aspersão intermitente permite potencializar o processo de resfriamento da telha, pela associação da transferência de calor por convecção e evaporação (resfriamento evaporativo) (NÃAS, 2005).

Os valores de ITGU e ITU, obtidos no presente trabalho (Tabela 4), revelaram condições ambientais consideradas situação perigosa, segundo Baêta (1987). Nestas condições haveria a necessidade de utilização de ventiladores, pois, segundo Smith (1981), em regiões de alta umidade, o aumento na velocidade do ar de um aviário, via ventilação forçada, é o único método de amenizar o estresse térmico sofrido pelas aves.

4 CONCLUSÃO

Para a Mesorregião Metropolitana de Belém, os índices térmicos avaliados, ITGU e TE, foram menores em galpões cobertos com telhas cerâmicas, comparativamente aos de telhas de alumínio e amianto. O horário do dia em que ocorreu maior carga térmica incidindo sobre a cobertura foi o de 12h40min.

REFERÊNCIAS

- ALVES, O.S. *Zoneamento bioclimático da mesorregião metropolitana de Belém e influência do clima na modernização da avicultura no Estado do Pará*. Belém: Instituto da Saúde e Produção Animal. Universidade Federal Rural da Amazônia, 2006. 37p.
- BACCARI P.; BRASIL, L.H.A.; TEODORO, S.M. et al. Thermoregulatory responses of Alpine goats during thermal stress. In: LIVESTOCK ENVIRONMENT, 1997, Minneapolis. *Proceedings...* Minneapolis: American Society Agricultural Engineers, 1997. p.789-794.
- BAËTA, F. C. et al. *Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows*. St. Joseph: American Society Agricultural Engineers, 1987. 21p. (Paper 87).
- BUFFINGTON, C. S.; COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G. H. et al. *Black globe humidity comfort index for dairy cows*. St. Joseph: American Society Agricultural Engineers, 1977. 19p. (Paper77).
- ESMAY, M. L. *Principles of animal environment*. Westport: AVI Pub., 1982. 325p.
- FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J.W.B.; AZEVEDO, P.V. Análise do conforto ambiental em galpões avícolas utilizando telhas de barro e suas associações no agreste paraibano. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, n.5, p. 107, 2003
- GHELFI FILHO, H.; SILVA, I. J. O.; MORA, D. J. et al. Índice de conforto térmico e CTR para diferentes materiais de cobertura em três estações do ano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1991, Londrina. *Anais...* Londrina: SBEA, 1992. p. 94-110.
- HAHN, G. L. Management and housing of farm animals in hot environments. In. YOSEF, M. K. (Ed.). *Stress physiology in livestock*. Boca Raton: CRC PRESS, 1985. p.151-174.

- HARDOIM, P. C.; LOPES, S. P. Análise comparativa de cinco tipos de materiais de cobertura em condições de temperatura máxima em Lavras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1993, Ilhéus. *Anais...* Ilhéus: SBEA, 1993. p.107-117.
- INSTITUTONACIONALDEMETEOROLOGIA. *Relatório 17-06. 2º Distrito de Meteorologia do Pará – SEOMA*. Belém, 2006. 4p.
- JOHNSON, HD.; RAGSDALE, A.C.; BERRY, I. L.; SHANKLIN, M. D. Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. *Missouri Agricultural Experimental Station Research Bulletin*, p.791, 1962.
- LLOBET, J. A. C. *Construcciones y equipos avícolas*. Barcelona: Real Escuela de Avicultura. 1993.
- MACARI, M. Conforto ambiental para aves: ponto de vista do fisiologista. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 2., Goiânia, 1996. *Anais...* Goiânia: UFG/AGA, 1996. p.57-60.
- MORGAN, W. E. *Heat reflective roof coating*. St. Joseph: American Society Agricultural Engineers, 1990. 9 p. (Paper 904513).
- NÃÃS, I. A. Aspectos físicos da construção no controle térmico do ambiente das instalações. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1994, Santos. *Anais...* Campinas: Facta, 1994. 203p.
- _____. Modelos de aviários de frango de corte em termos estruturais de isolamento. *Produção Animal – Avicultura*; a Revista do Avisite, Campinas. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/cet/5/01/index.shtm>>. Acesso em: 14 fev. 2005.
- _____. *Princípios de conforto térmico na produção animal*. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.
- OLIVEIRA, P.A. V. et al. Efeito do tipo de telha sobre o acondicionamento ambiental e o desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1995. *Anais...* Campinas: Facta, 1995. p.297-298.
- PENZ JR., A. M. Estresse pelo calor: efeitos em frangos e matrizes – manipulação do equilíbrio ácido-base. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1989, Campinas. *Anais...* Campinas: APINCO, 1989. p. 139-146.

- RODRIGUES, E. H. V.; ARAUJO, R. C.L. Influência da inclinação e do beiral do telhado sobre o conforto térmico em instalações para frangos de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1996, Bauru *Anais...* Bauru: SBEA, 1996. p.116.
- SAVASTANO JR, H.; LUZ, P. H. C.; FARIA, D. E.; et al. Estudo do desempenho de alguns sistemas de cobertura, visando o conforto térmico em aviários, e sua interrelação com a produção animal. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1996, Curitiba *Anais...* Campinas: Facta, 1996. p.65.
- SEVEGNANI, K. B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I. J. O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.51, n.1, p.1-7, 1994.
- SILVA, I. J. O.; GHELFI FILHO, H.; CONSIGLIERO, F. R. Materiais de cobertura para instalações animais. *Engenharia Rural*, v.1, n.1, p. 51-60, 1990.
- SMIHT, W. K. Poultry housings problems in the tropics and subtropics. In: CLARCK, J.A. *Environmental aspects of housing for animal production*. London: Butterworths, 1981. 511p.
- TCPO: Tabelas de composição de preços para orçamentos. 7. ed. São Paulo: Pini, 1980. 830p.
- TEIXEIRA, V.H. *Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frangos de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco – MG*. 1983. 62p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 1983.
- TINOCO, 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, em condições de verão e outono*. 1996. 169p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Departamento de Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.
- TOLEDO, E. *Coberturas residenciais: Proteção térmica*. São Paulo: Eternit, 1970. 76p. (Boletim , 59).
- THOM, E.C. The discomfort index. *Weatherwise*, v.12, p. 57-56, 1959.