

## AMBIENTE TÉRMICO NO INTERIOR DE MODELOS FÍSICOS DE GALPÕES AVÍCOLAS EQUIPADOS COM CÂMARAS DE VENTILAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL

Luiz de Gonzaga Ferreira Júnior<sup>1</sup>, Tadayuki Yanagi Junior<sup>2</sup>, Flávio Alves Damasceno<sup>3</sup> Eberson Silva<sup>3</sup>, Gleice Cristina de Andrade e Silva<sup>1</sup>

### RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho, analisar o ambiente térmico no interior de modelos físicos de galpões avícolas, construídos em escala reduzida (1:10), equipados com câmara de ventilação natural e artificial instalada sob a cobertura. O conforto térmico foi avaliado e classificado por meio do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), carga térmica de radiação (CTR), umidade relativa do ar (UR) e efetividade ( $\square$ ) das coberturas em reduzir o ITGU em relação à cobertura construída com telhas de alumínio. Quatro modelos físicos construídos com telhas de cimento amianto e equipados com ventilação natural ou forçada sob a cobertura foram comparados a dois modelos físicos construídos com telhas de amianto e de alumínio, respectivamente, sem lanternim. Com base nos resultados, pode-se concluir que a incorporação de câmaras de ventilação artificial ou natural sob a cobertura proporciona melhores condições térmicas no interior dos modelos físicos reduzidos de galpões avícolas.

**Palavras - chave:** Câmara de ventilação, coberturas, avicultura, ambiente térmico.

### ABSTRACT

#### THERMAL ENVIRONMENT IN REDUCED SCALE MODELS OF POULTRY SHEDS EQUIPPED WITH NATURAL AND ARTIFICIAL VENTILATING CHAMBERS

This work was done to analyze the thermal environment in the reduced scale models (1:10) of poultry sheds, equipped with natural and artificial ventilation chamber installed under roof. Thermal comfort was evaluated and classified through black-globe humidity index (BGHI), thermal heat load, relative humidity and effectiveness of roofs in reducing the BGHI in relation to the aluminum roof. Four models built with asbestos tiles and equipped with natural and forced ventilation chambers at the roof were compared with two models constructed with asbestos and aluminum tiles, respectively, without ridge vent. The results showed that incorporation of natural and artificial ventilation chambers under the roof provided better thermal conditions in the reduced scale models of poultry buildings.

**Keywords:** Ventilation chamber, roofs, Poultry, thermal environment.

---

Recebido para publicação em 09/10/2008. Aprovado em 20/03/2009

1 Graduando do curso de Engenharia Agrícola, UFLA, [luizdgrf@gmail.com](mailto:luizdgrf@gmail.com)

2 Eng. Agrícola, Dr., Professor do Departamento de Engenharia, UFLA, [yanagi@ufla.br](mailto:yanagi@ufla.br)

3 Mestrando em Engenharia Agrícola - Construções e Ambiência, UFLA, [flavioufla@yahoo.com.br](mailto:flavioufla@yahoo.com.br)

## INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais e subtropicais, como o Brasil, as condições ambientais podem causar problemas à produção animal, devido, por exemplo, à intensidade de extremos climáticos, como ondas de calor ou frio, que tendem a se agravar com o aquecimento global, devido principalmente, as mudanças nos fatores climáticos, diminuição da produção de grãos utilizados nas rações animais, escassez de água, dentro outros.

Especificamente para frangos de corte adultos, os limites de temperatura da zona de termoneutralidade situam-se em um intervalo bem estreito, ou seja, entre 15 e 25 °C (Curtis, 1983; Esmay & Dixon, 1986; Timmons & Gates, 1988), podendo variar em função da sua constituição genética, idade, sexo, tamanho corporal, peso, dieta e exposição prévia ao calor (aclimatação).

De forma geral, a faixa de temperatura de bulbo seco ( $t_{bs}$ ), a umidade relativa (UR) e a velocidade do ar (V), que resultam em maior desempenho de frangos de corte a partir de 21 dias de idade, ocorrem entre 21 °C e 27 °C; 50% e 70%, e 0,5 m s<sup>-1</sup> e 1,5 m s<sup>-1</sup>, respectivamente (Sainsbury, 1971; Yousef 1985; Macari & Furlan, 2001; Ferreira, 2005; Medeiros et al., 2005). O desvio do ambiente térmico em relação à zona de termoneutralidade resulta em decréscimo de bem-estar das aves, reduzindo sua produtividade, em casos extremos, podendo levá-las à morte.

Desta forma, para o setor de avicultura, em que a concorrência tem se mostrado crescente, fatores ambientais, tais como a variação do ambiente térmico, passam a ser imperativos na produção animal, pois podem influenciar a qualidade do produto final (Moraes, 1999), bem como o bem-estar dos animais. Além dos efeitos negativos sobre o desempenho das aves, os fatores térmicos estão relacionados com problemas de má qualidade de carne, aumento da incidência de doenças, dentre outros fatores.

Às variações do ambiente térmico no interior das instalações avícolas podem ser reduzidas por

meio do condicionamento térmico natural, com ênfase na concepção arquitetônica da cobertura, principalmente na escolha dos diversos tipos de materiais empregados, influenciando, diretamente, o balanço de calor no interior das instalações (TINÔCO, 2004), reduzindo a carga térmica de radiação (CTR) que incide sobre as aves (BOND et al., 1961; LEAL, 1981; SILVA et al., 1990; SILVA et al., 1991; SEVEGNANI et al., 1994; BAÊTA & SOUZA, 1997; Santos et al., 2005).

Bond et al. (1961) mediram a radiação térmica recebida de várias partes da instalação que envolvia um animal à sombra e concluíram que 28% da CTR provinha do céu, 21% do material de cobertura, 18% da área não-sombreada e 33% da área sombreada. Desta forma, observa-se que a CTR devido ao material de cobertura e sua sombra, representa 54% da radiação térmica total, realçando a importância da cobertura sobre o ambiente interno das instalações para fins zootécnicos. Resultados oriundos de diversas pesquisas desenvolvidas no Brasil indicam que o sombreamento proveniente de coberturas de instalações para produção animal reduz a CTR entre 20% e 40% (BAÊTA & SOUZA, 1997; FURTADO et al., 2006; DAMASCENO, 2008; GOMES et al., 2008).

Para se reduzir a CTR no interior de instalações zootécnicas, pode-se utilizar diferentes tipos de materiais de cobertura (MORAES, 1999), aplicar pinturas sobre o telhado (TINÔCO, 2001), construir forros sob os telhados (COSTA, 1982; CAMPOS, 1986), construir telhados com diferentes inclinações (YANAGI JUNIOR et al., 2001) ou aspergir água sobre o telhado (MORAES, 1999). Outros estudos mostram também o potencial de uso de telhados ventilados (ZAPPAVIGNA & LIBERATI, 1997; SANTOS et al., 2005).

Estudos desta natureza, para que sejam economicamente variáveis, exigem o uso de modelos computacionais (YANAGI JUNIOR et al., 2001) ou de modelos físicos de galpões avícolas construídos em escala reduzida (LEAL, 1981; SILVA et al., 1990; GHELFI FILHO et al.,

1991; SEVEGNANI et al., 1994; DANTAS, 1995; MORAES, 1999; JENTZSCH, 2002; SANTOS et al., 2005). Os modelos físicos em escala reduzida estabelecem relações físicas e assim permitem previsões mais realísticas dos modelos construídos (JENTZSCH, 2002)..

Geralmente, o ambiente térmico externo ou no interior de galpões reais ou de modelos físicos construídos em escala reduzida são avaliados e classificados por meio do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), da CTR, da UR e da efetividade ( $\epsilon$ ) em relação à cobertura de alumínio (MORAES et al., 1999; SEVEGNANI et al., 2004; SANTOS et al., 2005; GOMES et al., 2008).

Desenvolvido por Buffington et al. (1981), o ITGU é atualmente o índice mais adequado para prever as condições de conforto térmico em regiões quentes, em razão de incorporar a  $t_{bs}$ , UR, V e a radiação na forma de temperatura de globo negro, em um único valor, conforme mostrado na equação 1.

$$\text{ITGU} = t_g + 0,6 \cdot t_p - 330,8 \quad (1)$$

em que

$t_{gn}$  = temperatura de globo negro, K, e

$t_{po}$  = temperatura do ponto de orvalho, K.

A CTR também tem sido usada como forma complementar para a avaliação do ambiente térmico. Segundo Esmay (1974), a CTR pode ser determinada pela equação 2.

$$\text{CTR} = \sigma \cdot (T_m)^4 \quad (2)$$

em que

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ), e

$T_{mr}$  = temperatura média radiante, calculada pela equação 3.

$$T_m = 100 \cdot \left[ 2,5 \cdot V^{0,5} \cdot (T_g - T_b) + \left( \frac{T_g}{100} \right)^4 \right]^{1/4} \quad (3)$$

A classificação de materiais utilizados nas coberturas ou mesmo as suas concepções tem sido feita por meio da  $\epsilon$ , que pode ser definida em relação à CTR ou ao ITGU (KELLY & BOND, 1958; MORAES, 1999; TINÔCO, 2001; SANTOS et al., 2005). Entretanto, Moraes (1999) afirma que o uso do ITGU no cálculo da efetividade ( $\epsilon$ ) (Equação 4) é mais apropriado, tendo em vista que o ITGU é o índice mais utilizado na quantificação das condições térmicas em instalações zootécnicas.

$$\epsilon = \frac{\text{ITGU}_{(\text{ao sol})} - \text{ITGU}_{(\text{telha testada})}}{\text{ITGU}_{(\text{ao sol})} - \text{ITGU}_{(\text{telha de alumínio})}} \quad (4)$$

Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o ambiente térmico, por meio do ITGU, CTR e UR, no interior de modelos físicos reduzidos de galpões avícolas equipados com câmaras de ventilação natural e artificial instaladas sob a cobertura e, classificar as diversas concepções de coberturas por meio da  $\epsilon$ .

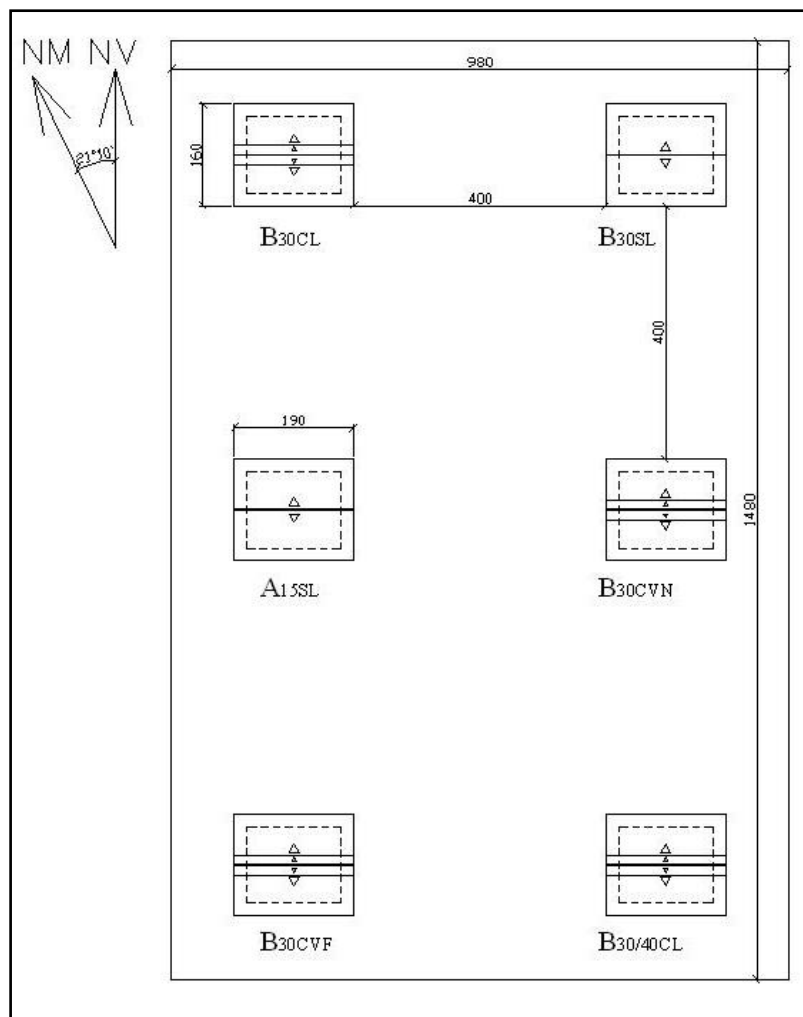
## MATERIAL E MÉTODOS

Os modelos físicos de galpões avícolas, construídos em escala reduzida, foram alocados na área experimental do setor de Construções Rurais e Ambiente do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras, durante nove dias na estação do verão de 2007, de 13h a 16h, nas coordenadas geográficas de 21°14' S e de 45°00' W, a 918 m de altitude. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima do município é do tipo Cwa, temperado úmido com inverno seco.

Para a execução do experimento, foram construídos cinco modelos de galpões avícolas em escala reduzida de 1:10 com diferentes tipologias construtivas usando telhas de cimento amianto e uma cobertura com telhas de alumínio, totalizando seis tratamentos (Figura 1), descritos no Quadro 1 e ilustrado no esquema das seções transversais dos modelos (Figura 2).

**Quadro 1.** Descrição dos tratamentos investigados no experimento

Código	Descrição dos Tratamentos
T <sub>am30CVF</sub>	Cobertura com telha de amianto ondulada, de espessura 0,5 cm, com pé-direito de 35 cm e com 30° de inclinação, sem lanternim e com câmara de ventilação forçada paralela à superfície interna do telhado, construída com lona preta de polietileno. A renovação de ar utilizada foi de uma troca de ar a cada 2 minutos, promovida por meio de um miniexaustor elétrico.
T <sub>am30CVN</sub>	Cobertura com telha de amianto ondulada, de espessura 0,5 cm, com pé-direito de 35 cm e com 30° de inclinação, com lanternim e câmara de ventilação natural, construída com lona preta de polietileno paralela a superfície do telhado.
T <sub>am30CL</sub>	Cobertura com telha de amianto ondulada, de espessura 0,5 cm, com 30° de inclinação, com lanternim e pé-direito de 35 cm.
T <sub>am30/40CL</sub>	Telhado assimétrico com inclinações de 30° norte e 40° sul, com telhas de amianto ondulada, de espessura 0,5 cm, com lanternim e pé-direito de 40 cm.
T <sub>am30SL</sub>	Telha de amianto ondulada, de espessura 0,5 cm, com 30° de inclinação, sem lanternim e pé-direito de 35 cm.
T <sub>al15SL</sub>	Telha de alumínio com 0,05 cm de espessura, com 15° de inclinação, sem lanternim e pé-direito de 35 cm.

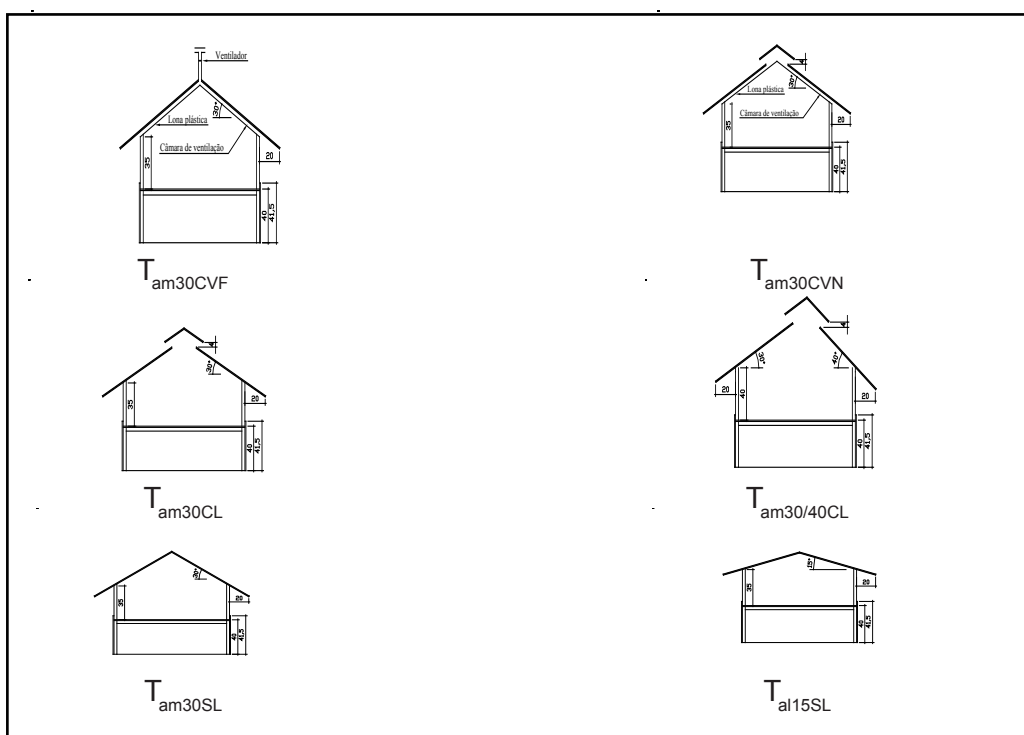


**Figura 1.** Disposição dos tratamentos no campo (Cotas em centímetros)

Os modelos físicos foram construídos tomando-se como base as dimensões reais de um galpão comercial para criação de frangos de corte, com 12,0 m de largura, 120,0 m de comprimento, pé-direito de 3,5 m e distância entre tesouras de 5,0 m. As águas das coberturas com telhas de amianto tinham inclinação de 30° ou 30° e 40° ( $T_{am\ 30/40\ CL}$ ) e as de telhas de alumínio 15°, com beirais de 2,0 m.

Na confecção dos modelos em escala reduzida, foram utilizadas placas de madeira compensada com 1 cm de espessura, reforçadas por estrutura de madeira com secção de 3 x 3 cm. Após a construção, os modelos passaram a ter as

dimensões de 120 cm de largura, 150 cm de comprimento e distância entre tesouras de 50 cm. As faces leste e oeste dos galpões foram totalmente fechadas com placas de madeira compensada, enquanto que as laterais possuíam altura de 1,5 cm, correspondendo, assim, às muretas de 15 cm existentes em galpões reais. Os pisos dos galpões foram elevados em relação ao solo em 40 cm, fazendo com que o fluxo de ar à altura do piso fosse aproximadamente o mesmo com relação a um galpão hipoteticamente real. Todos os modelos físicos reduzidos tiveram as cumeeiras dos telhados orientados na direção leste-oeste verdadeiros.



**Figura 2.** Esquema ilustrativo das seções transversais dos modelos físicos construídos em escala reduzida (cotas em centímetro)

As variáveis  $t_{bs}$ ,  $t_{gn}$ , UR e V foram medidas no interior dos modelos físicos construídos em escala reduzida e no ambiente externo durante o período de nove dias, não consecutivos, em condições de verão e céu claro, entre 13 h e 16 h, em intervalos de 15 min, por representarem condições severas de desconforto térmico. No interior dos modelos físicos em escala reduzida, os sensores foram instalados à altura correspondente ao centro geométrico das aves, ou seja, a 3 cm do piso (correspondendo a

30 cm em galpões reais). No ambiente externo, os dados climáticos foram coletados no interior de um abrigo meteorológico, instalado na área experimental, exceto a  $t_{gn}$  e V, cujos sensores foram alocados à altura correspondente ao centro geométrico das aves.

A  $t_{bs}$  e UR foram medidas por meio de sensores e registradores com precisão de  $\pm 0,2\ ^\circ\text{C}$  e  $\pm 2\%$ , respectivamente. A  $t_{gn}$  foi medida por meio de um termômetro digital para sensor termopar tipo

T (precisão de  $\pm 0,02$  °C), sendo que, o globo negro foi construído com uma esfera de plástico pintada de preto-fosco com 3,6 cm de diâmetro. A V foi medida por meio de um anemômetro digital com precisão de  $\pm 0,10$  m s<sup>-1</sup>, sendo as medidas obtidas nas proximidades de cada globo negro, nos mesmos dias e horários considerados. Todos os sensores usados nas medições foram previamente calibrados.

Os valores de ITGU e CTR para cada horário de medição foram determinados em função da  $t_{bs}$ ,  $t_{gn}$ , UR e V medidos nos horários predeterminados, conforme as equações 1 e 2, respectivamente. Os valores de  $t_{po}$  usados na equação 1 para o cálculo do ITGU foram determinados com base na  $t_{bs}$  e UR por meio da metodologia proposta por Wilhelm (1976).

A efetividade de cada modelo testado foi calculada em função dos valores de ITGU (Equação 4) correspondente ao nível das aves para cada tratamento, ao sol e padrão (telha de alumínio), conforme recomendado por Moraes (1999), nos horários de 13 às 16 h.

O delineamento em blocos casualizados (DBC) foi usado neste experimento. Para tanto, os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, com nove repetições (dias

de medição), atribuindo às parcelas os modelos construídos em escala reduzida com as diversas coberturas natural e artificialmente ventiladas, e às subparcelas, os horários de medição. As médias de ITGU e CTR para os tratamentos foram comparadas por meio do teste de Skott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitas no programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das análises de variância para as variáveis ITGU, CTR e UR são mostrados no Quadro 2, onde se verifica a diferença significativa ( $p < 0,01$ ) para os fatores tratamentos e horários de medição para todas as variáveis analisadas. No entanto, nenhuma diferença significativa foi verificada para a interação tratamento x horários ( $p > 0,05$ ). Os resultados de coeficiente de variação obtidos são similares àqueles encontrados por Santos et al. (2005), que foram 1,27% e 1,21%, para o ITGU e 0,85% e 1,39%, para a CTR, porém ligeiramente inferiores aos valores encontrados por Gomes et al. (2008), que foram 2,64% e 1,33%, no caso do ITGU e 3,37% e 2,65%, para CTR.

**Quadro 2.** Análise de variâncias resumida referente ao efeito dos tratamentos (telhados natural e artificialmente ventilados) à altura de medição do centro de massa das aves e aos horários de observação

FV	GL	Quadrados Médios		
		ITGU	CTR (W m <sup>-2</sup> )	UR (%)
Blocos	8	65,38**	3.796,88**	7584,06**
Tratamentos	5	45,91**	1.159,18**	320,49**
Erro (a)	40	1,98	238,18	24,53
Horários	12	18,05**	774,35**	52,16**
Tratamentos x Horários	60	0,39 <sup>ns</sup>	56,78 <sup>ns</sup>	2,73 <sup>ns</sup>
Erro (b)	576	1,19	108,93	7,55
C. V. Erro (a) % =		1,78	3,17	9,97
C. V. Erro (b) % =		1,38	2,14	5,53

4

4 \*\* significativo a 1% de probabilidade, <sup>ns</sup> não significativo



No Quadro 3, têm-se os valores médios de ITGU no interior dos modelos físicos em escala reduzida e no ambiente externo e, a redução de ITGU proporcionada pelas coberturas dos seis tratamentos testados em relação ao ITGU determinado para o ambiente externo.

Em relação ao ITGU (Quadro 3), verifica-se que as melhores condições térmicas no interior dos modelos em escala reduzida foram observadas nos tratamentos  $T_{am30CVF}$  e  $T_{am30CVN}$ , que são estatisticamente iguais (teste Skott-Knott,  $p < 0,05$ ). Estes resultados confirmam o efeito positivo da câmara de ventilação natural ou artificial usada abaixo do telhado, confirmando os resultados obtidos por Santos et al. (2005).

Enquanto que, no experimento desenvolvido por Santos et al (2005), o modelo físico equipado com ventilação artificial proporcionou melhores condições de ambiente térmico que aquele equipado com ventilação natural. Neste trabalho especificamente, este comportamento não foi observado. Isto pode ter ocorrido devido a dois aspectos: a) enquanto que, neste trabalho foram usadas telhas de cimento amianto, no trabalho de Santos et al. (2005) usou-se telhas de cerâmica, que garantem temperaturas menores no interior da câmara. Desta forma, o aumento da vazão de ar proporcionado pela ventilação forçada pode proporcionar resultados superiores comparados à câmara com ventilação natural; b) em telhados construídos com telhas de cimento amianto, o fluxo de ar que atravessa a câmara é facilitado devido a menor rugosidade das telhas quando comparadas aos telhados construídos com telhas cerâmicas, o que pode ter compensado ou superado o maior número

de fendas (nos encaixes das telhas) existentes nestes telhados que facilita o escoamento do ar quente.

Similar ao observado por Santos et al. (2005), o uso de telhado assimétrico e maior altura do pé-direito no tratamento  $T_{am30/40CL}$  não resultaram em melhores condições de ambiente térmico no interior do modelo físico reduzido quando comparado ao tratamento  $T_{am30CL}$ . Este comportamento do ambiente térmico deve-se provavelmente a maior exposição do interior do galpão à carga térmica de radiação proveniente do horizonte. Os maiores valores de ITGU foram observados para os tratamentos  $T_{am30SL}$  e  $T_{al15SL}$ , que são estatisticamente diferentes (teste Skott-Knott,  $p < 0,05$ ).

A atenuação do ITGU pelas coberturas variou de 11,24% a 9,19% para o melhor ( $T_{am30CVF}$ ) e pior ( $T_{al15SL}$ ) tratamentos, respectivamente. Santos et al. (2005) observaram valores de redução de ITGU no intervalo de 9,00% e 10,36%. Porém, Gomes et al. (2008), encontrou valores de redução de ITGU ligeiramente menores, variando entre 5,60% e 7,09%.

Os valores de ITGU observados no interior dos modelos físicos de galpões avícolas estão acima do limite superior de conforto térmico para frangos de corte, que é 75 (TINÔCO, 1988). Durante os dias e horários no qual o experimento foi conduzido, entretanto, as reduções de ITGU observados para cada tratamento em relação ao tratamento  $T_{al15SL}$ , indicam que as diferentes concepções das coberturas podem ser usadas como forma complementar para a redução dos gastos fixos e variáveis com sistemas de ventilação artificial e resfriamento evaporativo.

**Quadro 3.** Valores médios e desvios-padrão do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e redução do ITGU em relação ao ambiente externo para os diversos tratamentos testados

Tratamentos	ITGU		Redução de ITGU (%)
$T_{am30CVF}$	78,2 ± 0,6	a	11,24
$T_{am30CVN}$	78,6 ± 0,6	a	10,78
$T_{am30/40CL}$	79,1 ± 0,8	b	10,22
$T_{am30CL}$	79,1 ± 0,6	b	10,22
$T_{am30SL}$	79,5 ± 0,6	c	9,76
$T_{al15SL}$	80,0 ± 0,6	d	9,19
Ambiente externo	88,1 ± 1,9		

5

5 Médias de ITGU seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot, a 5% de probabilidade.

No Quadro 4 tem-se os valores médios de CTR ( $W m^{-2}$ ) e a redução proporcionada pelos tratamentos testados em relação a CTR calculada para o ambiente externo. Os tratamentos que proporcionaram as melhores condições de conforto térmico no interior dos modelos físicos reduzidos, com base na CTR, foram o  $T_{am30CVF}$  e  $T_{am30CVN}$ , que são estatisticamente iguais (teste Skott-Knott,  $p < 0,05$ ). Os demais tratamentos, que são estatisticamente iguais (teste Skott-Knott,  $p > 0,05$ ),

apresentaram os piores resultados (Quadro 4).

A atenuação da CTR pelas coberturas variou de 21,64% a 20,28% para o melhor ( $T_{am30CVF}$ ) e pior ( $T_{al15SL}$ ) tratamentos, respectivamente, enquanto Santos et al. (2005) observaram valores de redução de ITGU entre 29,42% e 30,44%. Estes resultados encontram-se no intervalo sugerido por diversos autores, que é de 20% a 40% (SANTOS et al., 1993; TURCO et al., 1994; ABREU et al., 1995; BAËTA & SOUZA, 1997).

**Quadro 4.** Valores médios e desvios-padrão da carga térmica de radiação (CTR) e redução da CTR em relação ao ambiente externo para os diversos tratamentos testados

Tratamentos	CTR ( $W m^{-2}$ )		Redução de CTR (%)
$T_{am30CVF}$	481,90 ± 3,56	a	21,64
$T_{am30CVN}$	484,24 ± 3,83	a	21,26
$T_{am30CL}$	486,41 ± 3,75	b	20,91
$T_{am30SL}$	487,73 ± 5,29	b	20,69
$T_{am30/40CL}$	489,28 ± 5,96	b	20,44
$T_{al15SL}$	490,26 ± 4,28	b	20,28
Ambiente externo	614,97 ± 30,97		

6

No Quadro 5, pode-se observar os valores médios de UR (%) e a variação nos cinco tratamentos testados e no ambiente externo. Os valores médios de UR variam de 47% a 52% observado nos tratamentos  $T_{al15SL}$  e  $T_{am30/40CL}$ , respectivamente, enquanto que a média de UR do ambiente externo foi de 50% (Quadro 5). Estes valores médios estão dentro ou

muito próximos do intervalo considerado como de conforto para produção de frangos de corte, que é de 50% a 70% (SAINSBURY, 1971; YOUSEF, 1985; MEDEIROS et al., 2005). A variação absoluta de UR no interior dos modelos físicos de galpões avícolas construídos em escala reduzida foi menor que 6%, conforme mostrado no Quadro 5.

**Quadro 5.** Valores médios e desvios-padrão da umidade relativa (UR) e variação da UR em relação ao ambiente externo para os diversos tratamentos testados

Tratamentos	UR (%)		Variação de UR (%)
$T_{al15SL}$	47 ± 1	a	- 6
$T_{am30CL}$	49 ± 1	b	- 2
$T_{am30SL}$	49 ± 1	b	- 2
$T_{am30CVN}$	50 ± 1	b	0
$T_{am30CVF}$	51 ± 3	c	+ 2
$T_{am30/40CL}$	52 ± 1	d	+ 4
Ambiente externo	50 ± 1		

7

6 Médias de CTR seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

7 Médias de UR seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.



A classificação das efetividades das coberturas testadas é apresentada no Quadro 6. Pelo Quadro 6, pode-se observar comportamento similar àquele encontrado por Santos et al. (2005). Estes resultados complementam as informações da literatura relacionados à classificação de coberturas constituídas por diversos tipos de materiais, especialmente os obtidos por Moraes (1999) e Santos et al. (2005).

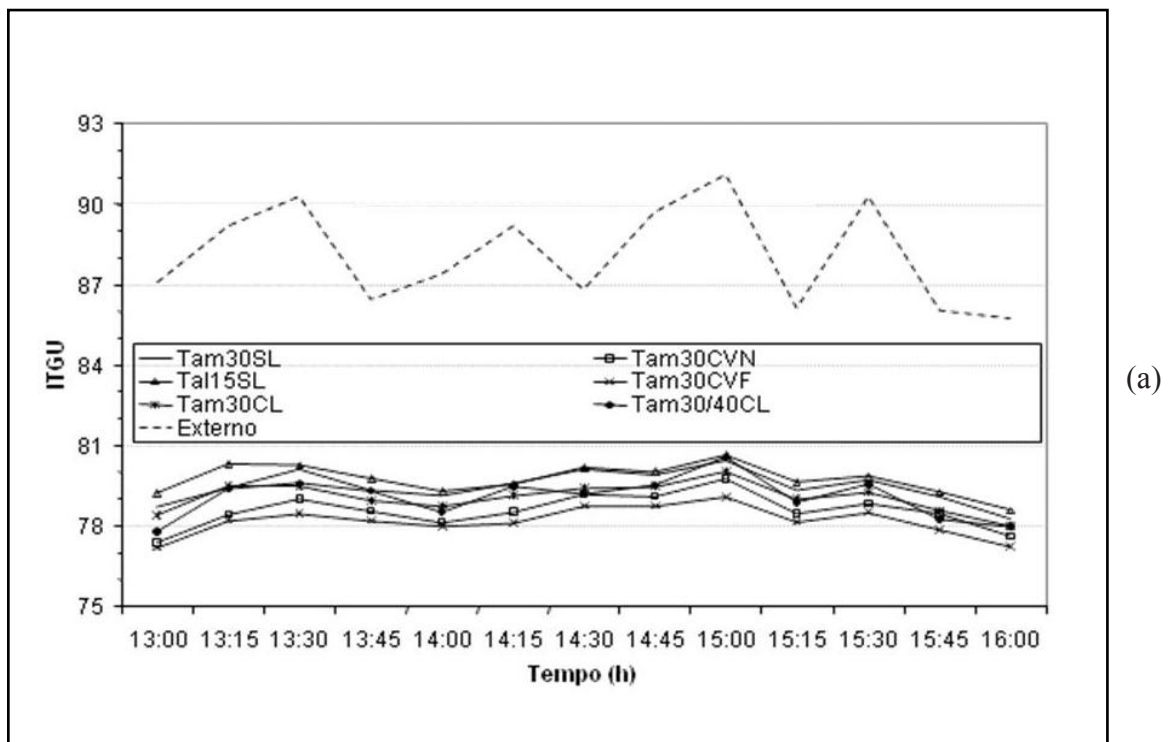
Os comportamentos médios do ITGU e da CTR em função dos horários de medição no ambiente externo e no interior dos modelos

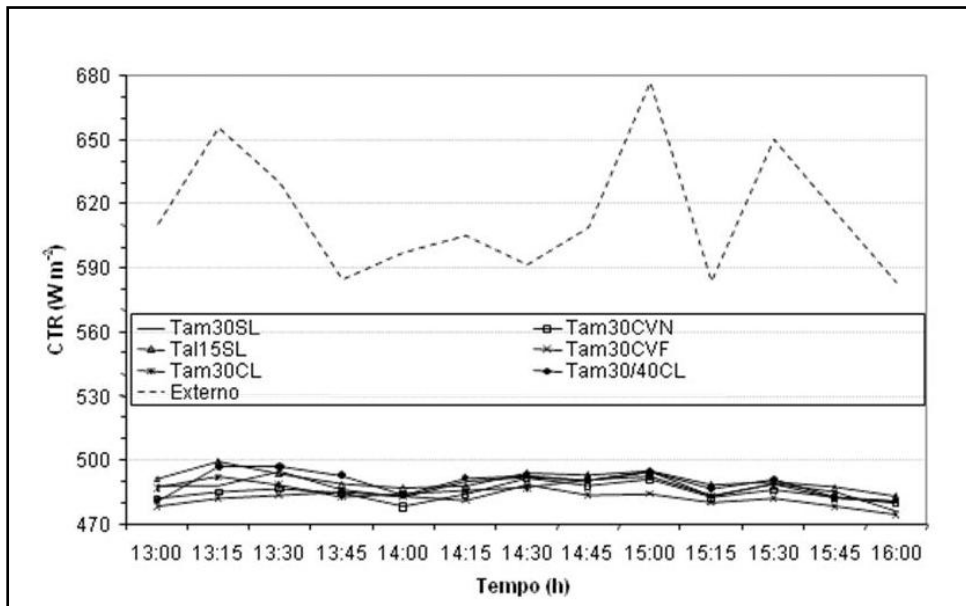
físicos de galpões avícolas são ilustrados na Figura 3, evidenciando o poder de amortecimento do ITGU e da CTR pelas coberturas avaliadas.

Por meio das análises do ITGU, CTR, UR e  $\epsilon$  verifica-se que telhados concebidos com câmara de ventilação forçada ou natural sob a cobertura proporcionam melhores condições de conforto térmico no interior de modelos físicos em escala reduzida. Isto se deve ao aumento de resistência térmica da cobertura, proporcionada pela renovação do ar aquecido, conforme observado por Santos et al. (2005).

**Quadro 6.** Valores médios e desvios-padrão da efetividade ( $\epsilon$ ) das coberturas em reduzir o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) em relação a cobertura construída com telhas de alumínio

Tratamentos	Efetividade ( $\epsilon$ )
T <sub>am30CVF</sub>	1,11 ± 0,02
T <sub>am30CVN</sub>	1,10 ± 0,03
T <sub>am30CL</sub>	1,07 ± 0,02
T <sub>am30/40CL</sub>	1,06 ± 0,02
T <sub>am30SL</sub>	1,02 ± 0,02
T <sub>al15SL</sub>	1,00

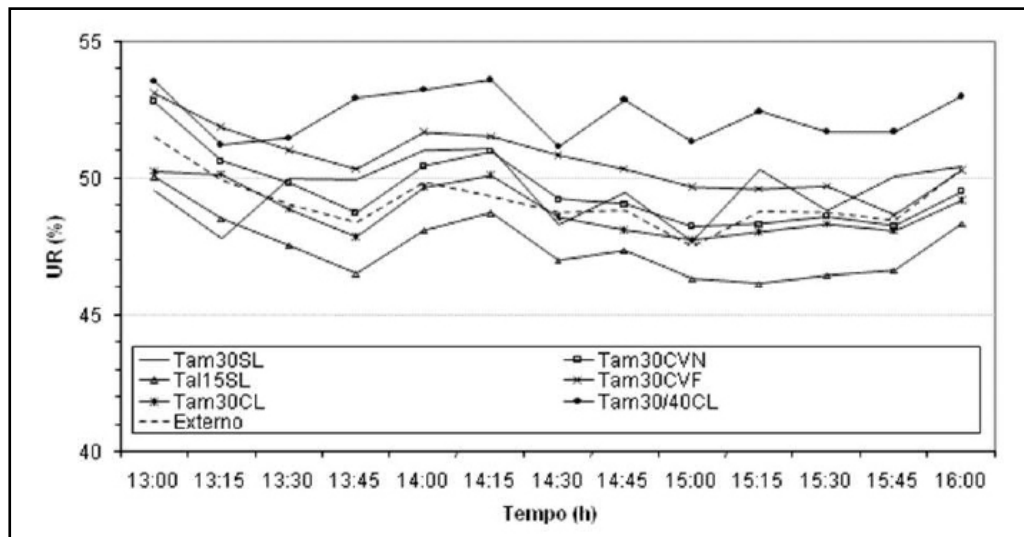




(b)

**Figura 3.** Médias do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e da carga térmica de radiação (CTR), correspondente ao nível das aves.<sup>8</sup>

O comportamento médio da UR entre 13 h e 16 h é ilustrado na Figura 4, indicando a pouca variabilidade durante os horários em estudos e para os diversos tratamentos.



**Figura 4.** Médias de umidade relativa do ar (UR), correspondente ao nível das aves.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Em função dos horários de medição no interior dos modelos físicos reduzidos avaliados e no ambiente externo.

<sup>9</sup> Em função dos horários de medição no interior dos modelos físicos reduzidos avaliados e no ambiente externo.

**CONCLUSÕES**

Por apresentarem menores valores de ITGU e CTR, além de maiores porcentagens de redução dos mesmos em relação ao telhado construído com telhas de alumínio, os tratamentos  $T_{am30CVF}$  e  $T_{am30CVN}$  foram, respectivamente, os que proporcionaram melhores resultados. Portanto, o uso de câmaras de ventilação forçada ou natural instaladas sob os telhados auxilia no aumento da resistência térmica da cobertura, propiciando melhores condições térmicas no interior de modelos físicos de galpões avícolas construídos em escala reduzida. Ademais, o uso da câmara de ventilação natural pode garantir adicionalmente, reduções nos custos operacionais de uma granja, por não requerer maiores custos como implantação, custos operacionais e consumo energético.

**AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo suporte financeiro ao projeto.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABREU, P.G.; BAÊTA, F.C.; SOARES, A.R.; ABREU, U.M.N.; MACIEL, N.F. Utilização de piso aquecido eletricamente na criação de aves. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.4, n.12, p.1-19, 1995.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações Rurais: conforto térmico animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.

BOND, T.E.; KELLY, C.F.; GARRET, W.N.; HAHN, L. Evaluation of materials for livestock shades. **California Agriculture**, Berkeley, v.15, n.1, p.7-8, 1961.

BUFFINGTON, D.E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PIT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions**

**of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-14, 1981.

CAMPOS, A.T. Determinação de índices de conforto térmico e da carga de térmica radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa. 1986. 66 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

COSTA, E.C. **Arquitetura ecológica, condicionamento térmico natural**. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 264 p.

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University, 1983. 410 p.

DAMASCENO, F. A. **Bem-estar do animal e do trabalhador em galpões avícolas climatizados**. 2008. 195p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2008.

DANTAS, F.F. **Estudo do termossifão em galpões para frangos de corte com cobertura em telhas de cerâmica e de cimento-amianto**. 1995. 48 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. 2<sup>nd</sup>. West Port: AVI, 1974. 325 p.

ESMAY, M.L.; DIXON, J.E. **Environmental control for agricultural buildings**. West Port: AVI, 1986. 287 p.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Editora Aprenda Fácil, 2005. 371 p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In. Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 2000, São Carlos.

**Anais...**, São Carlos: Sociedade Internacional de Biometria, 2000. p.255-258.

FURTADO, D. A.; DANTAS, R. T.; NASCIMENTO, J. W. B.; SANTOS, J. T.; COSTA, F. G. P. Efeitos de diferentes sistemas de acondicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte.

**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.2, p.484-489, 2006. Campina Grande, PB.

GUELFILHO, H.; SILVA, I. J. O.; MOURA, D. J.; CONSIGLIERO, F. R. Índices de conforto térmico e da CTR para diferentes materiais de cobertura em 3 estações do ano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991. v.1, p.94-113.

GOMES, R. C. C. ; YANAGI JUNIOR, T. ; SCHIASSI, L. ; AMARAL, A. G. ; DAMASCENO, F. A. Classification of roof materials based on thermal effectiveness. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 37, 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Jaboticabal : SBEA/CIGR/ASABE, 2008. v. 1. p. 1-4.

JENTZSCH, R. **Estudos de modelos reduzidos destinados à predição de parâmetros térmicos ambientais em instalações agrícolas**. 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

KELLY, C. F.; BOND, T. E. Effectiveness of artificial shade materials. **Agriculture Engineering**, St. Joseph, v.39, n.12, p.758-9, 764, 1958.

LEAL, P. A. M. **Determinação do microclima gerado dentro de uma estrutura a partir de dados ambientais**. 1981. 79 f. Tese (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1981.

MACARI, M.; FURLAN, R. L. Ambiência na produção de aves em clima tropical. In: SILVA, I. J. O. (Ed.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001. v. 1, p. 165-200.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F. T.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n.4, 277-286, Out./Dez., 2005.

MORAES, S. R. P. **Conforto térmico em modelos reduzidos de galpões avícolas, para diferentes coberturas, durante o verão**. 1999. 73 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

MORAES, S. R. P. M.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. R. 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.

SAINSBURY, D. **Sanidad y alojamientos para animales**. Barcelona: Ed. Continental, 1971. 196 p.

SANTOS, A. C.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. R.; CARDOSO, R. M. Análise de diferentes bezerreiros individuais móveis, para região de Viçosa. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.2, n.7, p.1-8, 1993.

SANTOS, Pedro A. dos, YANAGI JUNIOR, Tadayuki, TEIXEIRA, Vitor H et al. Ambiente térmico no interior de modelos de galpões avícolas em escala reduzida com ventilação natural e artificial dos telhados. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.575-584, 2005.

SEVEGNANI, K. B.; SILVA, I. J. O.; GHELFI FILHO,

H. Comparação de vários materiais de cobertura através dos índices de conforto térmico. **Scntia Agrícola**, Piracicaba, v.51, n.1, p.1-7, 1994.

SILVA, I.J.O.; GHELFI FILHO, H.; CONSLIERO, F.R. Influência dos materiais de cobertura no conforto térmico de abrigos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.1, n.2, p.43-55, 1991.

SILVA, I.J.O.; GHELFI FILHO, H.; CONSLIERO, F.R. Materiais de cobertura para instalações animais. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.1, n.1, p.51-60, 1990.

TIMMONS, M.B.; GATES, R.S. Predictive model of laying hen performance to air temperature and evaporative cooling. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.31, n.5, p.1503-9, 1988.

TINÔCO, I. F. F. A granja de frango de corte. In: MENDES, A.A.; NAAS, I.A.; MACARI, M.. **Produção de Frangos de Corte**. Campinas: FACTA, 2004, p. 55-85.

TINÔCO, I.F.F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciências Avícolas**, Campinas, v.3, n.1, p.1-26, 2001.

TINÔCO, I. F. F. **Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte**

**para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG**. 1988. 92 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

TURCO, S.H.N.; BAÊTA, F.C.; COSTA, P.M.A.; CARDOSO, R.M.; CECON, P.R. Modificações das condições ambientais de verão em maternidades de suínos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.3, n.11, p.1-12, 1994.

WILHELM, L.R. Numerical Calculation of Psychrometric Properties in SI Units. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 19, n. 2, p. 318-321 e 325, 1976.

YANAGI JUNIOR, T.; DAMASCENO, G.S.; TEIXEIRA, V.H.; XIN, H. Prediction of black globe humidity index in poultry buildings. In: **INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 6.**, 2001, Louisville. **Proceedings...** Louisville: ASAE, 2001. p.482-9.

YOUSEF, M.K. Stress physiology in livestock. **Poultry Science**, Boca Raton, v.3, p.159, 1985.

ZAPPAVIGNA, P.; LIBERATI, P. Towards a more comprehensive approach to the environmental control in hot climate. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM LIVESTOCK ENVIRONMENT, 5.**, 1997, Bloomington. **Proceedings...** Bloomington: ASAE, 1997. p.686-93.