



DESEMPENHO TÉRMICO DE TIPOS DE COBERTURAS NO INTERIOR DE MODELOS REDUZIDOS DE GALPÕES AVÍCOLAS

Mariana Guedes da Silva¹, Samuel Martin², Carlos Eduardo Gomes Oliveira¹, Eder Stolben Moscon³ & Flavio Alves Damasceno⁴

RESUMO: Objetivou-se avaliar o uso de diferentes tipos de coberturas, em modelos reduzidos de galpões avícolas, a partir da análise dos índices de conforto térmico, em experimento conduzido na região Central do Brasil. Foram utilizados 03 modelos de galpões avícolas (em escala reduzida 1:10), sendo que em cada modelo foi utilizado um material de cobertura diferente, a saber: telha cerâmica, telha alumínio e telha de fibra vegetal asfáltica (reciclada). Para a análise deste estudo, foram coletados dados de temperatura do bulbo seco (Tbs), temperatura do globo negro (Tgn), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (vv), durante 9 dias. A caracterização do ambiente interno foi feita pelo Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiante (CTR) e efetividade (ϵ), sendo observado valores médios de ITGU de 75,65 e CTR de 453,09 W.m⁻² para a telha cerâmica. Os resultados permitem concluir que para a região de estudo, a utilização de telha de cerâmica, quando comparada às demais telhas testadas, propicia melhores condições de conforto térmico.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiente térmico, avicultura, telhado.

THERMAL CONFORT OF REDUCED SCALE MODELS OF POULTRY SHEDS WITH DIFFERENT TYPES OF ROOFING

ABSTRACT: The goal of this work was to evaluate the thermal comfort index of reduced scale models (1:10) of poultry houses with different roofing materials. This study was conducted in Central Brazil. Three models of poultry sheds were used with different cover material: ceramic tile, aluminum tile and asphalt, and paper tile (recycled). To analyze the models, information about the dry bulb temperature (Tbs), black globe temperature (BGT), relative humidity (RH) and wind speed (vv), were collected during nine days. The thermal comfort was evaluated and classified through black-globe humidity index (BGHI), thermal heat load (THL), and effectiveness (ϵ). Average values of 75.65 and 453.09 W.m⁻² for BGHI and THL, respectively, were observed in ceramic tile roofing. The results showed that the ceramic tiles provide better thermal environment in reduced scale models of poultry houses.

KEYWORDS: Environment, poultry, roof.

1 INTRODUÇÃO

A escolha da edificação para a criação de frangos é um processo que engloba além da análise econômica, o estudo do clima da região, a fim de que sejam utilizados materiais de construção adequados aliados a um manejo correto, que permitam a obtenção de um ambiente interno adequado, onde as aves poderão desempenhar todo o seu potencial genético (ALBINO; TAVERNARI, 2010; BAETA; SOUZA, 2010). Neste contexto, o estudo das coberturas, a partir de seus diferentes materiais e modificações, tem sido alvo de estudos por pesquisadores, na busca de melhores condições de conforto térmico aos animais (PASSINI et al., 2013; MELO et al., 2013; FIORELLI et al., 2009).

A utilização de modelos físicos reduzidos baseados na teoria da similitude, para avaliar diferentes materiais de cobertura, tornou-se uma importante aliada na escolha dos melhores materiais para a criação intensiva de animais de produção, dentre as quais a avicultura (ALMEIDA; PASSINI, 2013; CARDOSO et al., 2011; SAMPAIO et al., 2011; CAMERINI et al., 2009). A utilização destes modelos apresenta certas vantagens, como o baixo custo de material e de mão de obra, além de permitir testar diferentes configurações construtivas (JENTZSCH et al., 2013).

A avaliação do ambiente interno às instalações pode ser feita a partir da análise de dados coletados de forma direta como também a partir da utilização de índices térmicos. O Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), desenvolvido por Buffington et al. (1981), é atualmente o índice mais adequado para prever as condições de conforto térmico em regiões quentes, em razão de incorporar a Temperatura de bulbo seco (Tbs), Umidade Relativa (UR), velocidade do vento (vv) e a radiação na forma de Temperatura de globo negro (Tgn). A efetividade (ϵ) é também utilizada e serve para classificar a diversidade de materiais

¹ Eng. Agrônomo, FAV/UnB, Brasília – DF. mariguedes8@gmail.com; carlos_eduardo14@globo.com

² Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Faculdade de Agronomia e Veterinária, UnB, Brasília – DF. samuelmartin@unb.br

³ Eng. Agrônomo, Doutorando, Faculdade de Agronomia e Veterinária, UnB, Brasília – DF. hederstolben@hotmail.com

⁴ Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras – MG. flavioufla@gmail.com

utilizados nas coberturas e suas concepções (SANTOS et al., 2005).

Outro indicador do ambiente térmico é a Carga Térmica de Radiação (CTR), que em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida pelo globo negro de todos os espaços ou partes da vizinhança. Para a obtenção da CTR, é necessário que se tenha a Temperatura Radiante Média (TMR), que vem a ser a temperatura de uma circunvizinhança considerada uniformemente negra para eliminar o efeito da reflexão, com a qual um corpo troca a mesma quantidade de energia em relação ao ambiente considerado (BOND; KELLY, 1955).

A partir do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o uso de diferentes materiais de cobertura, em modelos reduzidos de galpões avícolas, a partir da análise dos índices de conforto térmico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na região Centro-oeste do Brasil, no mês de março de 2013, em área localizada nas coordenadas 15°56' S 47°56' W e altitude média de 1.080m. Foram construídos 3 modelos de galpões avícolas (em escala reduzida) baseando suas dimensões em galpões comerciais utilizados na avicultura de corte. Com o processo de redução para a escala 1:10 as medidas dos modelos utilizadas foram: largura de 1,2 m, comprimento de 1,5 m que corresponde a 3 módulos de 5 metros, pé-direito de 0,35 m, beiral de 0,20 m e muretas de 1,5 cm, de acordo com os estudos feitos por Santos et al. (2005) e Ferreira Júnior et al. (2009), ainda confirmados por Oliveira et al. (2014).

As faces leste e oeste dos modelos foram fechadas, sendo que as laterais norte e sul ficaram abertas a partir de uma altura de 1,5 cm, que corresponde as muretas de 15 cm encontradas nos galpões comerciais. Os modelos foram construídos com madeira compensada branca (espessura de 10 mm) e com caibros de madeira 3x3 cm. O acabamento foi feito com o uso de tinta acrílica branca, solúvel em água, com duas demãos, aplicada tanto na parte interna quanto na parte externa. Os modelos foram dispostos em uma área gramada e não sombreada, de forma não alinhada, orientados na direção leste/oeste e afastados 10 metros um do outro.

Na Figura 1 visualizam-se os modelos em campo. Para cada modelo foi utilizado um diferente material de cobertura, sendo que os tratamentos foram assim definidos: CE30 - cobertura de telha de cerâmica tipo canal, com 30° de inclinação, 1,10m de altura de cumeeira e pé direito de 0,70 m; AL15 - cobertura de telha de alumínio com 15° de inclinação, 0,90m de altura de cumeeira e pé direito de 0,55 m; ON15 - cobertura de telha de fibra vegetal asfáltica com 15° de inclinação, 0,90m de altura de cumeeira e pé direito de 0,55 m.

Definiu-se como AMB os dados coletados no ambiente externo aos modelos reduzidos.

Para a análise dos modelos e suas diferentes coberturas foram coletados dados de temperatura do bulbo seco (Tbs), temperatura do globo negro (Tgn), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (vv). Os horários de coleta de dados foram entre 10 e 16 horas, sempre de hora em hora.

Para a medição de temperatura e umidade relativa do ar, dentro dos modelos reduzidos foram utilizados registradores de temperatura e umidade (datalogger) que trabalham em uma faixa de temperatura entre -20°C a 70°C e umidade relativa do ar entre 5% a 95%, com resoluções respectivas de 0,03°C e 0,03%. Termopares do tipo K foram dispostos internamente aos globos negros (diâmetro de 5,08 cm), instalados dentro de cada modelo de galpão. Os sensores foram instalados na altura correspondente ao centro geométrico de massa das aves, ou seja, a 3 cm do piso, equivalente a 30 cm em galpões reais, conforme Figura 2.

Outro globo negro com diâmetro de 15,24 cm e termopar em seu interior foi posicionado externamente aos modelos a uma altura de 1,50 m, ao lado da estação meteorológica (sensores da marca Vaissala, modelo HMP155), sendo que a estação foi utilizada para coleta de dados externos aos modelos reduzidos. Dentro dos modelos a velocidade do vento foi medida por meio de um anemômetro de fio quente com faixa de leitura entre 0,15 m.s⁻¹ a 3,0m.s⁻¹, e resolução de 0,01m.s⁻¹.

O ITGU foi calculado por meio da Equação 1, de acordo com Jentsch et al. (2011).

$$ITGU = Tgn + 0.36 * Tpo - 330.08 \quad (1)$$

onde Tgn = temperatura do globo negro (K) e Tpo = temperatura do ponto de orvalho (K), calculada com o uso do programa GRAPSI.

A CTR, proposta por Esmay (1969), foi calculada fazendo-se uso das Equações 2 e 3:

$$CTR = \sigma * (TMR)^4 \quad (2)$$

$$TMR = 100 * \left[2.51 * (vv)^{0.25} * (Tgn - Tbs) + \left(\frac{Tgn}{100} \right)^4 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (3)$$

onde “σ” = constante de Stefan-Boltzman (5,67x10⁻⁸ w.m⁻².K⁻⁴), TMR = temperatura média radiante (K), vv = velocidade do vento (m.s⁻¹) e Tbs = temperatura do bulbo seco (K).

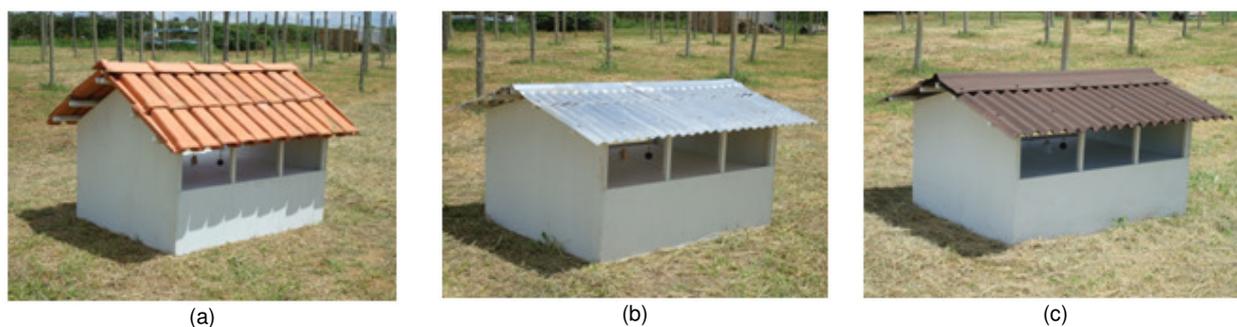


Figura 1 - Modelos de galpões avícolas, em escala reduzida, construídos com diferentes tipos de cobertura: (a) CE30 - telha de cerâmica com 30° de inclinação; (b) AL15 - telha de alumínio com 15° de inclinação; (c) ON15 - telha de fibra vegetal asfáltica com 15° de inclinação.

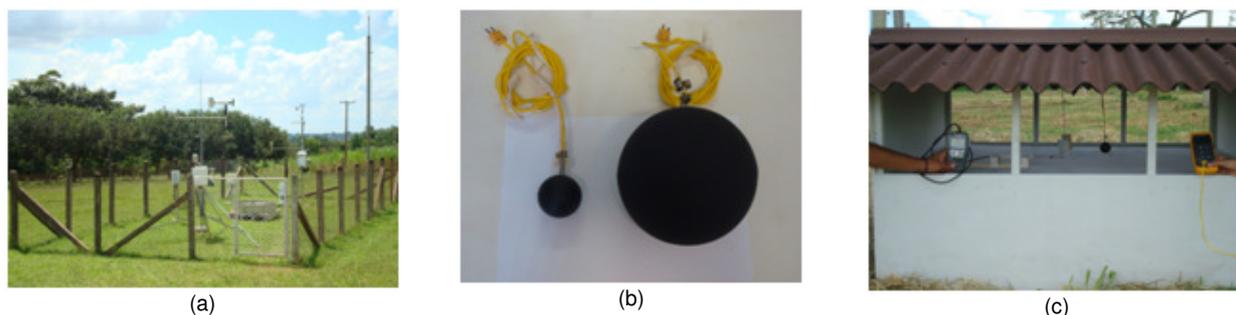


Figura 2 - Equipamentos utilizados: (a) estação meteorológica; (b) globos negros de diferentes diâmetros; (c) anemômetro de fio quente, datalogger (registrador de temperatura e umidade relativa) e globo negro com termopar e termômetro digital.

No cálculo da efetividade (ϵ) utilizou-se o ITGU, que é mais indicado por ser o índice mais utilizado na quantificação das condições de conforto térmico em instalações zootécnicas, sendo descrita pela Equação 4:

$$\epsilon = \frac{[\text{ITGU}(\text{ambiente}) - \text{ITGU}(\text{telha testada})]}{[\text{ITGU}(\text{ambiente}) - \text{ITGU}(\text{telha de alumínio})]} \quad (4)$$

Neste estudo foi utilizado o delineamento de blocos casualizados (DBC). 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 as diferentes coberturas e às subparcelas, os horários de medição. As médias de ITGU para os tratamentos foram comparadas por meio do teste de Skott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, no programa estatístico Assstat 7.6 Beta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 tem-se o resumo da análise de variância para as variáveis CTR (W.m^{-2}) e ITGU correspondentes aos tratamentos e horários de medição. Com estes dados, verificou-se que houve diferença significativa ($p < 0,01$) para o fator tratamento, ou seja, para os tipos de cobertura usados nos modelos reduzidos. Houve também diferença estatisticamente significativa ($p < 0,01$) para as subparcelas, representadas pelos horários de medição. Isso aconteceu tanto para a CTR quanto para o ITGU. Entretanto, não foi encontrada diferença significativa

para a interação tratamento x horário ($p > 0,05$) tanto para ITGU quanto para a CTR. A pouca variabilidade dos valores observados em relação às médias pode ser constatada em função dos coeficientes de variação para as parcelas e subparcelas que foram, respectivamente, de 0,96% e 2,51% para o ITGU de 1,69% e 3,0%, para a CTR.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância do ITGU e CTR referente ao efeito dos tratamentos (telhas de cerâmica, alumínio e de fibra vegetal asfáltica) e aos horários de medição.

FV	GL	Quadrados Médios	
		ITGU	CTR (W.m^{-2})
Blocos	8	66,57**	1217,59**
Telhas (a)	2	13,61**	679,53**
Erro (a)	16	0,54	59,66
Horários (b)	6	51,75**	3194,85**
Telhas x horários	12	1,68 ^{ns}	176,83 ^{ns}
Erro (b)	144	3,65	188,19
CV (%) Erro (a)		0,96	1,69
CV (%) Erro (b)		2,51	3,00

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; ^{ns} não significativo.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Fiorelli et al. (2010), Ferreira Júnior et al. (2009) e

Santos et al. (2005), onde ambos não verificaram diferença significativa para a interação telhas x horários ($p > 0,05$). Por sua vez estes discordam de Conceição et al. (2008), que encontrou interação significativa ($p > 0,05$) entre as telhas e horas, para a CTR.

Os dados de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e temperatura do globo negro, internos e externos aos modelos podem ser verificadas na Tabela 2.

O tratamento ON15 foi o que apresentou os maiores valores de Tbs e Tgn, seguido pelo tratamento AL15 e CE30, indicando sua menor capacidade de isolamento térmico. Ambientes confortáveis para frangos adultos são aqueles com temperatura entre 18 a 28°C, sendo 15°C a temperatura crítica inferior e 32°C a temperatura crítica superior (BAËTA; SOUZA, 2010), com umidade relativa do ar entre 50 e 70% (TINÔCO, 2001) e velocidade do ar entre 0,5 e 1,5 m.s⁻¹ (MEDEIROS, 2001). A umidade relativa observada neste estudo esteve sempre dentro dos valores de conforto térmico e pouco variou entre o ambiente interno e o externo. A velocidade do vento foi menor dentro dos modelos devido à barreira natural que a própria estrutura exerceu. Quanto a temperatura de globo negro, que representa em valor único os efeitos combinados da energia radiante, temperatura e velocidade do ar (CAMERINI et al., 2011), observou-se que a disposição do globo negro fora do abrigo (lado da estação meteorológica) resultou inexpressiva diferença encontrada entre os valores de Tgn para o ambiente externo e dos modelos.

Tabela 2 - Valores médios das condições ambientais internamente e externamente aos modelos reduzidos, durante o período experimental.

Tratamentos	Tbs (°C)	UR (%)	vv (m.s ⁻¹)	Tgn (°C)
CE30	28,43 ± 1,19	59,47 ± 4,72	0,36 ± 0,06	27,24 ± 1,16
AL15	28,70 ± 1,25	57,66 ± 4,34	0,39 ± 0,05	27,88 ± 1,38
ON15	29,55 ± 1,42	56,27 ± 4,64	0,35 ± 0,07	28,15 ± 1,51
AMB	27,06 ± 0,79	60,98 ± 4,45	1,88 ± 0,33	35,19 ± 3,10

Tbs - temperatura do bulbo seco; Tgn - temperatura do globo negro, UR - umidade relativa do ar e vv - velocidade do vento

Quanto ao ITGU, são considerados limites de conforto térmico valores de 69 (limite inferior) e 77 (limite superior), de acordo com Gomes et al. (2011) e Medeiros et al. (2005), sendo que para valores fora desse intervalo, considera-se que as aves sofrem estresse. Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram valores de 75,65 para ITGU e 453,09 W.m⁻² para CTR no tratamento CE30, diferentes estatisticamente dos demais tratamentos AL15 e ON15, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. Especificamente para ITGU, ainda houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos AL15 e ON15, onde o tratamento ON15 apresentou valores médios superiores aos demais

tratamentos. Maiores valores de ITGU para a telha de fibra vegetal e betume também foram observados por Almeida e Passini (2013), ao comparar diferentes tipos de telhas.

Tabela 3 - Valores médios do Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica Radiante (CTR) e efetividade (e) determinados¹.

Tratamentos	ITGU	CTR (W.m ⁻²)	Efetividade (e)
CE30	75,65 a	453,09 a	1,07 ± 0,07
AL15	76,19 b	459,39 b	1,00 ± 0,00
ON15	76,57 c	457,86 b	0,96 ± 0,12

¹ médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, para ITGU e CTR, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Castro (2012) ao avaliar a eficiência térmica de materiais de cobertura em instalações avícolas, por meio de modelos reduzidos e índices de conforto térmico, encontrou aumento no valor da CTR das 8 às 14 horas, sendo observado valor máximo as 14 horas. Para Santos et al. (2005), ao avaliar durante o verão o ambiente térmico em modelos reduzidos de galpões avícolas construídos na escala 1:10, foram encontrados valores de ITGU próximos a 80. Para modelos com coberturas com telhas de cerâmica tipo canal, com e sem lanternim e câmaras de ventilação forçada ou não, construídas com lona preta de polietileno, estes mesmos autores chegaram a valores de efetividades muito semelhantes aos descritos neste estudo, conforme Tabela 3.

O ITGU nos modelos reduzidos foi bastante inferior ao do ambiente externo, evidenciando a importância da cobertura no conforto térmico, dados estes de acordo com o comportamento também apresentado por Jentzsch et al. (2011). Na Figura 3 demonstra-se como se comportou o ITGU médio em função dos horários. Os maiores valores de ITGU nos tratamentos foram encontrados entre 13:00 e 14:00 horas, sendo que no ambiente externo aos modelos o ITGU se comportou de forma similar. Além disto, nota-se que apenas o tratamento CE30 permaneceu, durante o período estudado, com valores de ITGU dentro do intervalo de conforto. Os demais tratamentos estiveram sempre acima do limite superior de conforto durante o período do fim da manhã e início da tarde, indicando a maior necessidade de utilização de sistemas de resfriamento. Almeida e Passini (2013), avaliando diferentes tipos de coberturas em instalações para aves, consideraram também para o ITGU, o horário das 14 horas como o mais crítico, ou seja, de menor conforto térmico.

Já os maiores valores de CTR foram detectadas nos modelos às 13 horas, com valores aproximados de 480 W.m⁻² nos tratamentos ON15 e AL15, como pode ser observado na Figura 4(a). Nääs et al. (2001) objetivando avaliar a eficiência térmica de diferentes tipos de telhas, por meio da CTR dentro de modelos de aviários com

escala reduzida, considerou como horário crítico as 14:30 e encontrou valores entre 465 e 466 $W.m^{-2}$ para as coberturas avaliadas. No que se refere aos resultados para a Tgn, apresentados na Figura 4(b), nota-se que

houve um comportamento bastante similar entre os modelos testados.

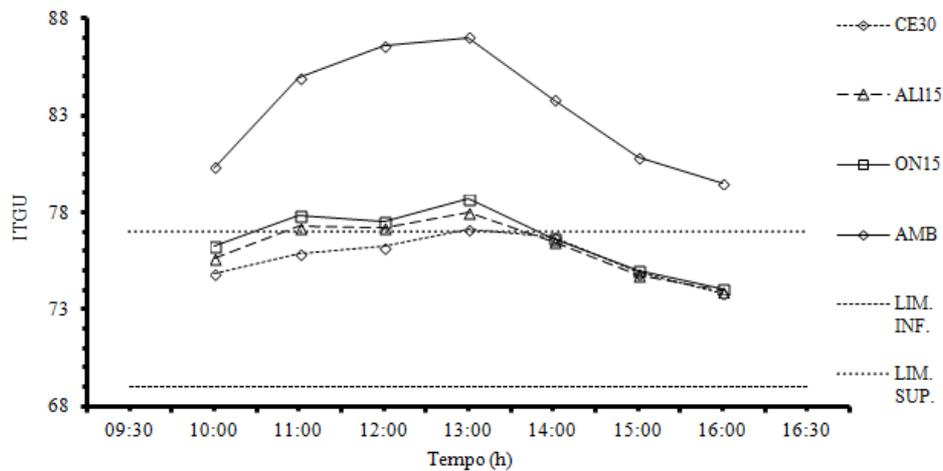


Figura 3 - Representação do comportamento do ITGU (Índice de Temperatura do Globo Negro e Umidade), em função dos horários de observações para os tratamentos CE30, AL15, ON15 e para o ambiente externo aos modelos.

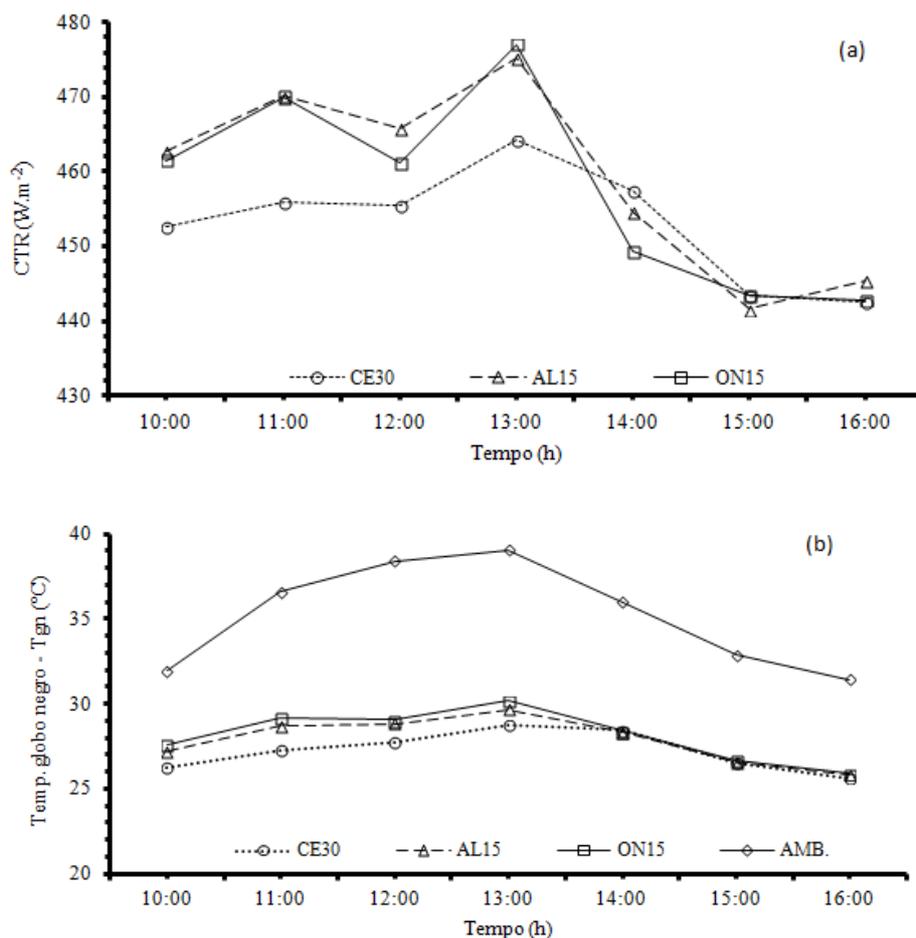


Figura 4 - Comportamento dos valores médios das variáveis CTR – Carga Térmica de Radiação (a) e Tgn – Temperatura do globo negro - (b) no interior dos modelos reduzidos e no ambiente externo.

4 CONCLUSÕES

A partir dos índices de conforto térmico avaliados nos modelos reduzidos, recomenda-se a utilização de telha de cerâmica com inclinação de 30° por propiciar ambiente interno com menores valores de ITGU e CTR, comparativamente as demais telhas testadas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L.F.T.; TAVERNARI, F.C. **Produção e manejo de frangos de corte**. Viçosa: UFV, 2010. 88 p. (Série didática).
- ALMEIDA, E.A.; PASSINI, R. Thermal comfort in reduced models of broilers houses, under different types of roofing materials. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 19-27, 2013.
- BAETA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 2010. 269 p.
- BOND, T. E.; KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 36, n. 4, p. 251-255, 1955.
- 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. 711-714, 1981.
- CAMERINI, N. L.; NASCIMENTO, J. W. B.; FOOK, M. V. L.; SOARES, E. A.; SILVA, F. A. S. Análise de variáveis ambientais em modelos reduzidos de instalações agropecuárias com forro de resíduo de EVA. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 4.2, p. 40-47, 2009.
- CAMERINI, N. L.; MENDES, L. B.; MOTA, J. K. M.; NASCIMENTO, J. W. B.; FURTADO, D. A. Avaliação de instrumentos agrometeorológicos alternativos para o monitoramento da ambiência em galpões avícolas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 125-131, 2011.
- CARDOSO, A. S.; BAÊTA, F. C.; TINOCO, I. F. F.; CARDOSO SILVA, V. A. Coberturas com materiais alternativos de instalações de produção animal com vistas ao conforto animal. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 19, n. 5, p. 404-421, 2011.
- CASTRO, A. C. **Avaliação da eficiência térmica de materiais utilizados como sistema de cobertura em instalações avícolas**. 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: CT AVI, 1969. 325 p.
- FERREIRA JÚNIOR, L. G.; YANAGI JUNIOR, T.; DAMASCENO, F.; SILVA, E.; SILVA, G. C. A. Ambiente térmico no interior de modelos físicos de galpões avícolas equipados com câmaras de ventilação natural e artificial. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 166-178, 2009.
- FIORELLI, J.; MORCELI, J. A. B.; VAZ, R. I.; DIAS, A. A. Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 204-209, 2009.
- FIORELLI, J.; FONSECA, R.; MORCELI, J. A. B.; DIAS, A. A. Influência de diferentes materiais de cobertura no conforto térmico de instalações para frangos de corte no oeste paulista. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 986 - 992, 2010.
- GOMES, R. C. C.; YANAGI JUNIOR, T.; LIMA, R. R.; YANAGI, S. N. M.; CARVALHO, V. F.; DAMASCENO, F. A. Predição do índice de temperatura do globo negro e umidade e do impacto das variações climáticas em galpões avícolas climatizados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1645 - 1651, 2011.
- JENTZSCH, R.; BAETA, F. C.; TINOCO, I. F. F.; DAMASCENO, F. A.; SARAZ, J. A. O. Parâmetros arquitetônico-ambientais para construção e testes em modelos reduzidos, representativos de galpões avícolas, com base em similitude. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 21, n. 1, p. 19-30, 2013.
- JENTZSCH, R.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; DAMASCENO, F. A.; CECON, P. R.; SARAZ, J. A. O. Predição de parâmetros térmicos ambientais no interior de modelos físicos em escalas reduzidas de galpões avícolas. **Interciência**, Caracas, v. 36, n. 10, p. 738-742, 2011.
- MEDEIROS, C. M. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte**. 2001. 168 f. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- MEDEIROS, C. M.; BAETA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINOCO, I. F. F.; 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, p. 277 - 286, 2005.
- MELO, T.; FURLAN, R.; MILANI, A.; BUZANSKAS, M.; MOURA, A.; MOTA, D.; CARDOSO, D. Avaliação de diferentes inclinações e exposições de telhado em três tipos de cobertura em modelos reduzidos de instalações zootécnicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1327-1338, 2013.

NAAS, I. A.; SEVEGNANI, K. B.; MARCHETO, F. G.; ESPELHO, J. C. C.; MENEGASSI, V.; SILVA, I. J. O. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.21, n. 2, p. 121-126, 2001.

OLIVEIRA, C. E. G.; MARTIN, S.; ZANATTA, F. L.; RIBEIRO, A. C. F.; DAMASCENO, F. A. Características arquitetônicas e tecnológicas de galpões para criação de Frangos de corte no distrito federal. Nota Técnica. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v. 22, n. 2, p. 162-171, 2014.

PASSINI, R.; ARAUJO, M. A. G.; YASUDA, V. M.; ALMEIDA, E. A. Intervenção ambiental na cobertura e ventilação artificial sobre índices de conforto para aves de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 333-338, 2013.

SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C.O.; SOUZA, G. P. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 230-236, 2011.

SANTOS, P. A.; YAHAGI JUNIOR, T.; TEIXEIRA, V. H.; FERREIRA, L. 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.

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