

EFICIÊNCIA BIOCLIMATOLÓGICA DOS TERMÔMETROS CONSTRUÍDOS COM LUMINÁRIA PLÁSTICA E BOLA DE PINGUE-PONGUE, EM COMPARAÇÃO AO GLOBO NEGRO PADRÃO - OUTONO E PRIMAVERA¹

Sandra Regina Pires de Moraes²; André Luiz Ribas de Oliveira³; Patrícia da Silva Simão⁴; Juliana da Silva Rodrigues⁵.

² Professora pós Dra. UEG/UNUCET – Orientadora (Meteorologia e Climatologia – Análise estatística), FACIPLAC – GAMA. Brasil.

³ Professor pós Dr. UEG/UNUCET (Ciências do Ambiente), Uni-ANHANGUERA, andreluizaps@yahoo.com.br

⁴ Bolsista PBIC-UEG.

⁵ Estudante Engenharia Agrícola.

Data de recebimento: 02/05/2011 - Data de aprovação: 31/05/2011

RESUMO

Grande parte das pesquisas de campo utiliza o termômetro de globo negro padrão para caracterizar o ambiente térmico, sendo esse um equipamento muito caro. Podendo ser confeccionado com materiais simples de manipular e mais baratos, o termômetro de globo negro é um instrumento de fácil construção, uso e aplicação, além de constituir meio prático e econômico de quantificar os componentes da energia radiante do ambiente. O objetivo geral desse trabalho foi avaliar a eficiência bioclimatológica dos termômetros construídos com luminária plástica e bola de pingue-pongue, em comparação ao termômetro de globo negro padrão, para as estações outono e primavera, Anápolis - Goiás. As temperaturas foram coletadas semanalmente, no outono e primavera, na sombra durante 26 semanas, às 8, 10, 12, 14, 16 e 18 horas, na Universidade Estadual de Goiás. Os tratamentos foram dispostos num esquema de parcelas subdivididas no tempo. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, sendo cada bloco constituído por um dia de coleta de dados – semanal, com 13 repetições para cada estação, tendo na subparcela os seis horários de coleta (8, 10, 12, 14, 16 e 18 horas). Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análises de variância e regressão. As médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste Tukey Estabeleceu-se uma equação de regressão para cada globo-termômetro em função do horário de observação. Os maiores valores de temperatura de globo negro obtidas nos três tratamentos ocorreram entre 16 e 18 horas, indicando a relação direta entre os termômetros. Os termômetros de globo negro confeccionado com bola de pingue-pongue e plástico podem ser utilizados em campo em substituição ao globo negro padrão, com resultados confiáveis e baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiência, Conforto térmico, Índices de conforto

¹ Artigo do projeto de pesquisa: Eficiência bioclimatológica dos termômetros construídos com luminária plástica e bola de pingue-pongue, em comparação ao globo negro padrão - outono e primavera

² Professora pós Dra. UEG/UNUCET – Orientadora (Meteorologia e Climatologia – Análise estatística), FACIPLAC – GAMA.

³ Professor pós Dr. UEG/UNUCET (Ciências do Ambiente), Uni-ANHANGUERA, andreluizaps@yahoo.com.br

⁴ Bolsista PBIC-UEG.

⁵ Estudante Engenharia Agrícola.

EFFICIENCY BIOCLIMATOLOGY THERMOMETERS BUILT WITH PLASTIC AND PING-PONG BALL COMPARED TO THE STANDARD BLACK GLOBE - AUTUMN AND SPRING

ABSTRACT

Almost all of the field research uses the standard black globe thermometer to characterize the thermal environment, this is a very expensive equipment. Can be made from simple materials to handle and cheaper, the black globe thermometer is an instrument easy to build, use and application, and also provide practical and economical means to quantify the components of the radiant energy from the environment. The general objective of this study was to evaluate the efficiency of the thermometers bioclimatology built with plastic and ping-pong ball compared to the standard black globe thermometer, to the fall and spring, Anápolis – Goiás. Temperatures were collected weekly in the fall and spring in the shade for 26 weeks at 8, 10, 12, 14, 16 and 18 hours at the State University of Goiás. Treatments were arranged in split plot. The design was randomized blocks, each block consisting of one day of data collection - weekly, with 13 repetitions for each season, and each subplot are the six collection times (8, 10, 12, 14, 16 and 18 hours). The data were interpreted by analysis of variance and regression. The mean quality factor were compared by Tukey test. Was established a regression equation for each globe-thermometer as a function of time of observation. The highest values for black globe temperature obtained from the three treatments occurred between 16 and 18 hours, indicating a direct relationship between the thermometers. The black globe thermometers made of ping-pong ball and plastic can be used in the field to replace the standard black globe, with reliable and low cost.

KEYWORDS: Ambience, Thermal Comfort, comfort indices.

INTRODUÇÃO

De acordo com SILVA (2000), o estudo bioclimatológico de uma instalação é de extrema importância para atender a interação animal-ambiente-instalação, visando propiciar o bem-estar dos animais e manter a produtividade em níveis elevados.

BAÊTA & SOUZA (1997), afirmam que o meio ambiente é considerado como sendo o conjunto de todos os fatores que afetam direta ou indiretamente os animais. Os fatores que causam os maiores efeitos sobre o bem-estar e, conseqüentemente, sobre a produção do animal, são a temperatura, umidade, radiação e ventilação, que constituem o ambiente térmico animal.

O ambiente interno de uma instalação normalmente é resultante das condições locais externas, das características construtivas e dos materiais da instalação, da espécie, do número de animais, do manejo e das modificações causadas pelos equipamentos do sistema produtivo e pelos que têm como objetivo o condicionamento ambiental (RIVERO, 1986).

De acordo com RIVERO (1986), os fatores térmicos ambientais considerados mais importantes são: temperatura, umidade, movimento do ar e radiação térmica. O conforto térmico de um indivíduo pode ser alcançado quando as condições do meio permitirem que o sistema termorregulador esteja em estado de mínima tensão.

Para caracterizar o ambiente térmico, vários autores têm proposto a utilização de índices térmicos ambientais, e os mais comumente utilizados são a própria temperatura absoluta do ar ou de bulbo seco (TBS), a temperatura de globo negro

(TGN), o índice de temperatura e umidade (ITU), o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e a carga térmica de radiação (CTR).

Alguns autores têm trabalhado utilizando índice de temperatura de globo negro para avaliação de bem estar de bovinos como MARCHETO et al. 2002 avaliaram o efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro, na produção de vacas leiteiras alojadas em sistema de *freestall*. SOUZA et al. 2007 no intuito de determinar os parâmetros fisiológicos e o índice de tolerância ao calor (ITC), de bovinos da raça Sindi, utilizaram o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) e parâmetros fisiológicos (temperatura retal, frequências respiratória e cardíaca) e os hematológicos.

Assim como na avaliação do bem estar de aves e suínos utilizam o ITGU SANTOS et al. 2006 em experimento realizado com modelos reduzidos de galpões avícolas, a análise foi feita quantificando-se a Carga Térmica de Radiação (CTR), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e Umidade Relativa do ar (UR), em diferentes horários ao longo do período experimental. SANTOS et al. 2004 objetivando analisar coberturas com telhas de barro, cimento-amianto e alumínio. Utilizaram-se modelos reduzidos de galpões animais, escala 1:10, quantificando-se Carga Térmica de Radiação (CTR), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e Umidade Relativa do ar (UR), em diferentes horários.

Sendo que SOUZA et al. 2002 em artigo objetivaram avaliar as características físicas do termômetro de globo, como o diâmetro do globo e o material utilizado na sua confecção, analisaram o cobre, o alumínio, o latão e o plástico,

Este trabalho objetivou a avaliação da eficiência bioclimatológica dos termômetros construídos com luminária plástica e com bola de pingue-pongue, em comparação ao globo negro padrão, no outono e na primavera. Ainda medir a temperatura no termômetro de globo negro padrão, do termômetro de globo negro construído em plástico e do termômetro de globo negro construído em bola de pingue-pongue.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo YANAGI JUNIOR (2006), a bioclimatologia é a ciência que estuda as relações entre os animais e o clima, sendo necessário, portanto, informações precisas sobre o clima e animais, abrangendo o conhecimento dos elementos meteorológicos, das respostas fisiológicas e comportamentais dos animais, visando sempre à garantia do bem-estar animal e aumento de sua produtividade.

Dentre as informações climáticas mais importantes para a caracterização do ambiente de produção animal, pode-se destacar o conhecimento da temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR), velocidade (v) do ar, radiação solar e precipitação.

Condições climáticas inadequadas à produção causam redução no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. Especialmente em regiões tropicais e subtropicais, um dos desafios a ser considerado para o sucesso da produção animal é a redução dos efeitos climáticos, sendo que para isto, torna-se necessário caracterizar o ambiente térmico.

Carga Térmica de Radiação (CTR)

A carga térmica de radiação (CTR) é um indicador de conforto térmico ambiental, que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida pelo globo negro de todos os espaços ou partes da vizinhança, podendo ser determinada, segundo ESMAY (1974), pela equação de Stefan-Boltzmann:

$$CTR = \sigma (TRM)^4 \quad (1)$$

em que:

CTR = carga térmica radiante, $W.m^{-2}$;

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

TRM = temperatura radiante média, em K.

A temperatura radiante média (TRM) é a temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com a qual um corpo (globo negro) troca tanta energia quanto a do ambiente atual considerado (BOND & e KELLY, 1955), sendo expressa pela equação:

$$TRM = 100 \sqrt[4]{2,51\sqrt{v}(Tgn - Tbs) + (Tgn/100)^4} \quad (2)$$

em que:

v = velocidade do vento, em $m.s^{-1}$;

Tgn = temperatura de globo negro, em K; e

Tbs = temperatura de bulbo seco, em K.

Correção dos valores de ITGU e CTR

PEREIRA *et al.* (1967) estudaram alternativas para substituição do globo negro (padrão) na confecção do globo-termômetro. Os autores concluíram que, apesar das limitações, a bola de pingue-pongue na confecção do globo-termômetro pode ser considerada uma importante ferramenta na avaliação do ambiente térmico.

SILVA (1996) realizou estudos sobre os índices de conforto térmico calculados com dados coletados em globos-termômetros de alumínio, latão, plástico, com diferentes diâmetros, durante o verão, em Viçosa - MG, e obtiveram os fatores de correção para os valores de ITGU e CTR de cada globo negro testado, em relação aos valores obtidos com globo negro de cobre (padrão). Neste estudo, o coeficiente de determinação (R^2) para correção do ITGU e CTR obtidos em termômetros de globo (0,036 m) foi de 0,99 para ITGUcorr e 0,98 para CTRcorr.

A seguir, as equações de regressão para correção dos valores de ITGU e CTR, para dados obtidos em globos de plástico com 0,036 m de diâmetro (bola de pingue-pongue):

$$ITGUcorr = 12,9651 + 0,80531 \times ITGU \quad (3)$$

em que:

ITGUcorr = índice de temperatura de globo e umidade corrigido; e

ITGU = índice de temperatura de globo e umidade, calculado a partir da temperatura de globo negro (globo com 0,036 m de diâmetro).

$$CTRcorr = 135,938 + 0,66462 \times CTR \quad (4)$$

em que:

CTRcorr = carga térmica de radiação corrigida; e

CTR = carga térmica de radiação, calculada a partir da temperatura de globo negro (globo com 0,036 m de diâmetro).

Teoria da Similitude

Os principais objetivos da teoria da similitude são estabelecer relações necessárias que permitem previsões reais, feitas de observações em modelos reduzidos, e estabelecer o relacionamento existente entre as variáveis envolvidas nos fenômenos físicos, nas quais o dado mais pertinente pode ser sistematizado com segurança. Existem três classes de modelos: o dissimilar, quando não há semelhança entre o modelo reduzido e o real; o distorcido, quando o modelo reduzido é uma reprodução do real, sendo utilizadas duas ou mais escalas na

largura, no comprimento e na altura; e o geometricamente similar, quando o modelo reduzido é uma reprodução, em escala, do real (MURPHY, 1950).

HAHN *et al.* (1961) pesquisaram o uso de modelos reduzidos, geometricamente similares, para estudos de instalações rurais, usando abrigos para porcos em escala 1:2, 1:4 e testemunha em escala real. Os autores concluíram que os testes em modelos reduzidos mostraram resultados de CTR próximos aos do abrigo original, independentemente do fator escala utilizado, dentro dos limites testados. Para tanto, é necessário, segundo esses autores, que os valores de CTR para os modelos reduzidos sejam calculados a partir de leituras em termômetros de globo negro reduzidos na mesma escala dos modelos.

MORAES (1999) realizou experimento com modelos reduzidos de galpões avícolas, de acordo com a teoria da similitude e realizou adequação no termômetro de globo negro confeccionado com bola de pingue-pongue, onde foram testados diversos materiais de cobertura. O resultado foi condizente com o observado em termômetros de globo negro padrão, para a cidade de Viçosa - MG.

MATERIAL E MÉTODOS

A fase experimental deste trabalho foi realizada no Campus da Universidade Estadual de Goiás, em duas condições – outono e primavera, na cidade de Anápolis - GO. O experimento foi conduzido à sombra no interior do laboratório de engenharia, ambiente fechado. A coleta de dados para a estação primavera teve início em setembro, finalizando em novembro de 2008 e para a estação outono teve início em março, finalizando em abril de 2009.

Os dados bioclimatológicos foram coletados em seis horários diferentes, às: 8, 10, 12, 14, 16 e 18 horas, com 13 repetições para primavera e 13 repetições para outono, totalizando 26 repetições.

Instrumentos e Medições Utilizados na Caracterização do Ambiente

Foram utilizados três termômetros: Termômetro de globo negro padrão digital, termômetro de globo negro construído com luminária plástica e termômetro de globo negro construído em bola de pingue-pongue.

Os termômetros foram dispostos um do lado do outro, à 1,5m do piso.

Variáveis coletadas:

- Temperatura de globo negro padrão (TGN)
- Temperatura de globo negro plástico (TGNp)
- Temperatura de globo negro pingue-pongue (TGNpp)
-

Delineamento Experimental

Para o estudo das variáveis ambientais, TGN, TGNp e TGNpp, os tratamentos foram dispostos num esquema de parcelas subdivididas no tempo, com delineamento em blocos casualizados, sendo cada bloco constituído por um dia de coleta de dados – semanal, com 13 repetições para cada estação. Tendo na subparcela os seis horários de coleta (8, 10, 12, 14, 16 e 18 horas).

Os dados foram interpretados estatisticamente, por meio de análise de variância e regressão através do programa estatístico SAEG.

Para o fator quantitativo, os modelos estatísticos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de Student (“t”) a 5% de probabilidade, e coeficiente de determinação (R^2).

As médias do fator quantitativo foram comparadas pelo teste Tukey. Estabeleceu-se uma equação de regressão para cada globo-termômetro em função dos horários de observação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise da Temperatura de Globo Negro para Estação Primavera e Outono

A Tabela 1 apresenta a análise de variância referente à temperatura de globo negro (TGN), o efeito dos blocos (B), das estações primavera e outono (E), dos horários de observação (H) e tratamentos (T).

TABELA 1. Análises de variância da temperatura de globo negro (TGN) e os efeito dos blocos (B), das estações primavera e outono (E), dos horários de observação (H) e tratamentos (T).

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Total	467	488,8316	-	-	-
B	12	64,5627	5,3802	1,30	0,2172
E	1	100,8876	100,8876	24,34	0,0000
T	2	14,8517	7,4258	1,79	0,1682
T*E	2	7,5405	3,7702	0,91	-
ERRO A	60	248,6648	4,1444	-	-
H	5	16,3028	3,2605	34,44	0,0000
H*E	5	0,1290	0,0258	0,27	-
T*H	10	0,6884	0,0688	0,73	-
T*H*E	10	1,1224	0,1122	1,19	0,2991
Resíduo	360	34,0814	0,0946	-	-

Coeficiente de Variação = 1.2069

Os resultados da temperatura de globo negro em função dos horários de coleta de dados estão apresentados em valores médios na Tabela 2.

Verifica-se, na Tabela 2, que as menores temperaturas ocorreram as 16 e 18 horas não diferindo estatisticamente ($P < 0,05$) entre si. Maiores temperaturas ocorreram entre as 8 e 14 horas, onde não houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre as 12 e 14 horas.

TABELA 2. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN), considerando a média das duas estações primavera e outono em função dos horários de observação.

HORÁRIOS	TGN (°C)
08	25,7436 a
10	25,6581 b
12	25,5828 c
14	25,5196 c
16	25,3546 d
18	25,2991 d

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os resultados da temperatura de globo negro em função dos tratamentos estão apresentados na forma de valores médios na Tabela 3, observa-se que os termômetros são diferentes estatisticamente ($P < 0,05$).

TABELA 3. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN) em função dos tratamentos, termômetro de globo negro padrão (1), termômetro de

globo negro plástico (2) e termômetro de globo negro pingue-pongue (3). Obtidas através das médias das duas estações primavera e outono.

TERMÔMETROS	TGN
1	25,2729 c
2	25,7092 a
3	25,4968 b

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Os resultados da temperatura de globo negro em função das estações estão apresentados na forma de valores médios na Tabela 4. Conclui-se a partir dos resultados da Tabela 4, que as estações diferem estatisticamente (P<0,05).

TABELA 4. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN), para as duas estações primavera e outono em função dos horários de observação.

ESTAÇÃO	TGN
Primavera	25,9573 a
Outono	25,0287 b

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Análise da Temperatura de Globo Negro para Estação Primavera

A Tabela 5 apresenta a análise de variância referente ao efeito dos blocos (B), dos tratamentos (T) e dos horários de observação (H), com a estação primavera.

Os resultados da temperatura de globo negro em função dos horários de observação estão apresentados na forma de valores médios na Tabela 6.

Verifica-se, na Tabela 6, que as maiores temperaturas ocorreram as 8, 16 e 18 horas não diferindo estatisticamente (P < 0,05) entre si. Menores temperaturas ocorreram entre as 10 e 14 horas, onde não houve diferença estatística (P<0,05) entre as 12 e 14 horas, 14 e 16horas, bem como não houve diferença entre as 10 e 12 horas.

TABELA 5. Resumo das análises de variância referentes à temperatura de globo negro (TGN) e os efeitos dos tratamentos (T), blocos (B) e horários de observação (H), com a estação primavera.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Total	233	294,3126	-	-	-
B	12	246,0382	20,5031	109,91	0,0000
T	2	7,2375	3,61876	19,40	0,0000
ERRO (A)	24	4,4769	0,1865	-	0,0000
H	5	9,1818	1,8363	19,92	-
T*H	10	1,2840	0,1284	1,39	0,0000
H*B	60	15,0325	0,2505	2,72	0,1915
Resíduo	120	11,0615	0,0921	-	0,0000

Coefficiente de Variação = 1,1697

TABELA 6. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN), considerando a média das temperaturas da estação primavera em função dos horários de observação.

HORÁRIOS	TGN
08	26,2103 a
10	25,6538 d
12	25,7897 cd
14	25,8846 bc
16	26,0590 ab
18	26,1462 a

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

TABELA 7. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN) em função dos tratamentos, termômetro de globo negro padrão (1), termômetro de globo negro plástico (2) e termômetro de globo negro pingue-pongue (3). Obtidas através das médias da estação primavera.

TERMÔMETROS	TGN
1	25,8769 b
2	26,2013 a
3	25,7936 b

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Verifica-se, na Tabela 7, que não houve diferença estatística (P<0,05) entre os tratamentos 1 e 3, referentes ao termômetro de globo negro padrão e pingue-pongue.

Estudo da interação Bloco x Horários de observação – Primavera

Os resultados da temperatura de globo negro em função da interação, blocos x horários de observação para estação primavera estão apresentados na forma de valores médios na Tabela 8.

TABELA 8. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN) em função da interação, blocos (B) e horários de observação (H), com a estação primavera.

H	8	10	12	14	16	18
1	25,87 a	25,73 a	25,47 b	25,40 b	25,37 b	25,10 b
2	23,73 a	23,33 a	23,33 a	23,20 a	23,47 a	23,80 a
3	26,10 a	24,90 c	25,00 bc	25,13 bc	25,70 a	25,90 a
4	26,17 b	25,97 b	26,10 b	26,47 ab	26,93 a	27,00 a
5	26,10 a	25,23 c	25,43 bc	25,47 bc	25,70 b	26,20 a
6	26,50 a	25,63 b	25,83 b	25,87 b	25,90 ab	25,93 ab
7	26,50 a	25,20 c	25,27 bc	25,47 bc	25,97 abc	25,97 abc
8	26,13 a	25,90 a	25,97 a	26,00 a	26,13 a	26,27 a
9	27,00 a	26,67 a	26,83 a	27,00 a	27,10 a	27,23 a
10	26,57 a	25,83 b	26,17 ab	26,37 a	26,47 a	26,40 a
11	25,70 a	25,20 a	25,13 a	25,13 a	25,13 a	25,07 a
12	28,40 a	28,17 a	28,17 a	28,13 a	27,87 a	27,97 a
13	25,97 bc	25,73 c	26,57 abc	26,87 ab	27,03 a	27,07 a

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Estudo da interação Horários de observação x Blocos – Primavera

Os resultados da temperatura de globo negro em função da interação, horários de observação x blocos estão apresentados na forma de valores médios na Tabela 9.

TABELA 9. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN) em função da interação, horários de observação (H) e blocos (B), com a estação primavera.

H	8	10	12	14	16	18
1	25,87 cd	25,73 cd	25,47 defg	25,40 de	25,37 ef	25,10 fg
2	23,73 e	23,33 e	23,33 h	23,20 f	23,47 g	23,80 h
3	26,10 cd	24,90 d	25,00 g	25,13 e	25,70 def	25,90 efg
4	26,17 bcd	25,97 bcd	26,10 bcdefg	26,47 bcde	26,93 bcde	27,00 bcde
5	26,10 cd	25,23 cd	25,43 defg	25,47 de	25,70 def	26,20 defg
6	26,50 bcd	25,63 cd	25,83 cdefg	25,87 cde	25,90 def	25,93 efg
7	26,50 bcd	25,20 cd	25,27 efg	25,47 de	25,97 def	25,97 efg
8	26,13 cd	25,90 bcd	25,97 cdefg	26,00 cde	26,13 cdef	26,27 cdefg
9	27,00 bcd	26,67 bc	26,83 bcde	27,00 bc	27,10 abcd	27,23 abcde
10	26,57 bcd	25,83 bcd	26,17 bcdefg	26,37 bcde	26,47 bcdef	26,40 bcdefg
11	25,70 d	25,20 cd	25,13 fg	25,13 e	25,13 f	25,07 g
12	28,40 a	28,17 a	28,17 a	28,13 a	27,87 ab	27,97 ab

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Análise da Temperatura de Globo Negro para Estação Outono

A Tabela 10 apresenta as análises de variâncias referentes aos efeitos dos blocos (B), dos tratamentos (T) e dos horários de observação (H), com a estação outono.

Os resultados da temperatura de globo negro em função dos horários de observação estão apresentados na forma de valores médios na Tabela 11.

Verifica-se, na Tabela 11, que as maiores temperaturas ocorreram as 8, 16 e 18 horas, onde as 16 e 18 não diferiram estatisticamente (P < 0,05) entre si, as menores temperaturas ocorreram entre as 10 e 14 horas, onde não houve diferença estatística (P < 0,05) entre as 12 e 14 horas.

Os resultados da temperatura de globo negro em função dos tratamentos estão apresentados na forma de valores médios na Tabela 12.

Verifica-se, na Tabela 12, que não houve diferença estatística (P < 0,05) entre os tratamentos 2 e 3, referentes ao termômetro de globo negro plástico e pingue-pongue.

TABELA 10. Resumo das análises de variância referentes à temperatura de globo negro (TGN) e os efeitos dos tratamentos (T), blocos (B) e horários de observação (H), com a estação outono.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Signif.
Total	233	93,6312	-	-	-
B	12	61,4263	5,1188	95,53	0,0000
T	2	15,1547	7,5773	141,41	0,0000
ERRO (A)	24	1,2859	0,0535	-	-
H	5	7,2499	1,4499	7,97	0,0000
T*H	10	0,5268	0,0526	2,91	0,0027
H*B	60	5,8116	0,9686	5,34	0,0000
Resíduo	120	2,1757	0,0181	-	-

Coeficiente de Variação = 0,53799

TABELA 11. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN), considerando a média das temperaturas da estação outono em função dos horários de observação.

Horários	TGN
08	25,2769 a
10	24,7444 d
12	24,9194 c
14	24,9545 c
16	25,1067 b
18	25,1700 b

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

TABELA 12. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN) em função dos tratamentos, termômetro de globo negro padrão (1), termômetro de globo negro plástico (2) e termômetro de globo negro pingue-pongue (3). Obtidas através das médias da estação outono.

TERMÔMETROS	TGN
1	24,6689 b
2	25,2172 a
3	25,1999 a

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Estudo da interação Bloco x Horários de observação – Outono

Os resultados da temperatura de globo negro em função da interação, blocos x horários de observação para estação outono estão apresentados na forma de valores médios na Tabela 13.

TABELA 13. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN) em função da interação, blocos (B) e horários de observação (H), com a estação outono.

H	8	10	12	14	16	18
1	25,87 ab	25,57 b	25,67 b	25,87 ab	26,03 a	26,13 a
2	26,10 a	25,80 a	25,87 a	25,83 a	25,83 a	25,87 a
3	26,13a	25,17 c	25,33 c	25,47 c	25,80 b	25,80 b
4	25,30 a	24,80 b	24,83 b	24,87 b	25,11 a	24,90 b
5	25,53 a	24,87 d	24,87 d	24,97 cd	25,20 bc	25,37 ab
6	25,70 a	25,13 b	25,20 b	24,95 b	25,11 b	25,17 b
7	25,43 a	24,74 b	25,27 a	25,43 a	25,43 a	25,43 a
8	24,80 b	24,57 b	24,67 b	24,67 b	24,67 b	25,17 a
9	24,83 a	24,00 c	24,17 bc	24,23 bc	24,37 bc	24,27 bc
10	24,83 a	24,77 a	24,73 a	24,73 a	24,80 a	24,77 a
11	24,87 ab	24,20 c	24,27 bc	24,23 c	24,47 bc	24,57 abc
12	24,53 a	24,07 c	24,17 bc	24,20 bc	24,47 abc	24,60 a
13	24,67 b	24,00 c	24,92 ab	24,95 ab	25,11 a	25,17 a

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Estudo da interação Horários de observação x Blocos - Outono

Os resultados da temperatura de globo negro em função da interação, horários de observação x blocos estão apresentados na forma de valores médios na Tabela 14.

TABELA 14. Valores médios¹ de temperatura de globo negro (TGN) em função da interação, horários de observação (H) e blocos (B), com a estação outono.

H	8	10	12	14	16	18
1	25,87 abcd	25.57 a	25.67 abc	25.87 a	26.03 a	26.13 a
2	26,10 a	25.80 a	25.87 a	25.83 abc	25.83 ab	25.87 ab
3	26,13 a	25.17 bcd	25.33 bcde	25.47 bc	25.80 abc	25.80 abc
4	25,30 d	24.80 bcde	24.83 ef	24.87 d	25.11 cde	24.90 def
5	25,53 bcd	24.87 bcde	24.87 ef	24.97 d	25.20 cd	25.37 cd
6	25,70 bcd	25.13 bcd	25.20 cdef	24.95 d	25.11 cde	25.17 cde
7	25,43 cd	24.74 de	25.27 cdef	24.43 c	25.43 bcd	25.43 bcd
8	24,80 e	24.57 def	24.67 f	24.67 d	24.67 ef	25.17 cde
9	24,83 e	24.00 f	24.17 g	24.23 e	24.37 f	24.27 f
10	24,83 e	24.77 cde	24.73 f	24.73 d	24.80 def	24.77 ef
11	24,87e	24.20 ef	24.27 g	24.23 e	24.47 ef	24.57 ef
12	24,53 e	24.07 f	24,17 g	24,20 e	24,47 ef	24,60 ef

¹Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Foram ajustadas equações de regressão, de forma a se ter uma estimativa do comportamento da temperatura de globo negro padrão, plástico e pingue-pongue, em cada estação (outono e primavera), dentro dos horários de observação, constatando-se que o modelo que melhor representou o comportamento das variáveis foi o polinomial de terceiro grau, conforme apresentado nas Tabelas 15 e 16 respectivamente.

TABELA 15. Equações de regressão para os termômetros de globo negro padrão, globo negro plástico e pingue-pongue, estação primavera.

PRIMAVERA		
Tratamentos	Equações da Regressão	R ²
TGN	$Y = -0,0343H^3 + 0,4322H^2 - 1,6016H + 27,451$	0,98
TGNP	$Y = -0,0369H^3 + 0,4272H^2 - 1,4271H + 27,428$	0,86
TGNPP	$Y = -0,0270H^3 + 0,3525H^2 - 1,2644H + 26,856$	0,93

TABELA 16. Equações de regressão para os termômetros de globo negro padrão, globo negro plástico e pingue-pongue, estação outono.

OUTONO		
Tratamentos	Equações da Regressão	R ²
TGN	$Y = -0,0202H^3 + 0,2526H^2 - 0,8928H + 25,448$	0,90
TGNP	$Y = -0,0334H^3 + 0,3953H^2 - 1,3512H + 26,404$	0,85
TGNPP	$Y = -0,0356H^3 + 0,4432H^2 - 1,6156H + 26,749$	0,87

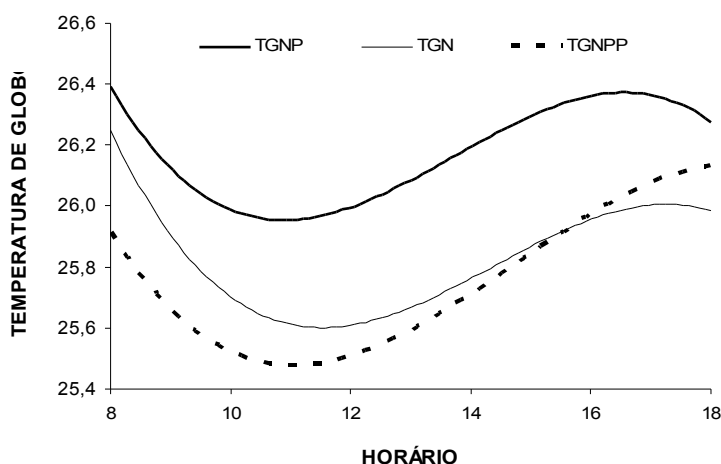


FIGURA 01 – Estimativa da Temperatura de Globo Negro Padrão (TGN), da Temperatura de Globo Negro Plástico (TGNP) e da Temperatura de Globo Negro Pingue-Pongue (TGNPP) em função dos horários de observação, para a estação da primavera.

As equações de regressão apresentam coeficientes de determinação com valores elevados, o que possibilita sua utilização em campo, com segurança dos termômetros construídos com bola de pingue-pongue e plástico.

A partir dos dados de temperatura, foram elaborados os gráficos das figuras 01 e 02, que representam o perfil da temperatura para cada tratamento, nos horários de observação, para primavera e outono, respectivamente.

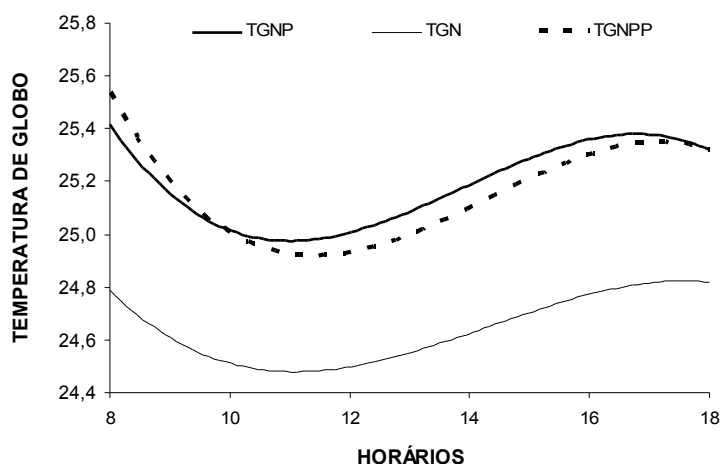


FIGURA 02 – Estimativa da Temperatura de Globo Negro Padrão (TGN), da Temperatura de Globo Negro Plástico (TGNP) e da Temperatura de Globo Negro Pingue-Pongue (TGNPP) em função dos horários de observação, para a estação do outono.

Com base nessas figuras, verifica-se que a temperatura mínima para todos os tratamentos ocorreu entre dez e doze horas, nas duas estações, enquanto a máxima ocorreu entre 16 e 18 horas. Observa-se que os valores das temperaturas obtidas no termômetro construído com luminária de plástico foram superiores àqueles encontrado no termômetro de globo negro padrão e pingue-pongue.

Os resultados obtidos foram conforme o esperado, uma vez que os termômetros de globo negro confeccionado com bola de pingue-pongue e plástico apresentaram eficiência bioclimatológica em comparação ao globo negro padrão, podendo ser utilizados no campo em substituição ao globo negro padrão com resultados confiáveis, e baixo custo.

A caracterização do ambiente térmico é de grande importância para produção animal, sendo o conforto térmico um dos principais responsáveis para o sucesso da produção animal. O termômetro de globo negro construído com materiais alternativos representa um meio prático e econômico, prontamente disponível aos produtores rurais de Anápolis – GO. O que não discorda de SOUZA et al. 2002 observaram que além de apresentar preço mais acessível com relação ao de cobre, o globo de plástico mostrou correlação satisfatória com o de cobre, com base no ITGU e na Carga Térmica de Radiação, índices de conforto térmico usados como parâmetros comparativos.

CONCLUSÕES

Os termômetros de globo negro confeccionados com bola de pingue-pongue e plástico podem ser utilizado em campo, em substituição ao termômetro de globo negro padrão, com resultados confiáveis e baixo custo.

O termômetro de globo negro bola de pingue-pongue pode ser utilizado tanto na primavera quanto no outono em substituição ao globo negro padrão. O termômetro confeccionado com luminária plástica apresenta eficiência bioclimatológica quando utilizado no outono.

REFERÊNCIAS

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

BOND, T. E., KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. **Agricultural Engineering**, v. 36, n. 4, p. 251-255, 1955.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 2 ed. Westport: AVI Publishing Company, 1974. 325p.

HAHN, LeROY, BOND, T. E., KELLY, C. F. Use of models in thermal studies of livestock housing. **Transactions of the ASAE**, v. 4, n. 1, p. 45-47, 1961.

MARCHETO, F.G.; NAAS, I.A., SALGADO, D. **Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall**. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, São Paulo, v.39, n.6, p. 320-323, 2002.

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

MURPHY, G. C. E. **Similitude in engineering**. New York: Ronald Press, 1950. 302 p.

PEREIRA, N., BOND, T. E., MORRISON, S. R. "Ping-pong" ball into black-globe thermometer. **Agricultural Engineering**, v. 48, n. 6, p. 341-342, 1967.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural**. Porto Alegre: D.C. Luzzatto, 1986, 240 p.

SANTOS, R.C., TINOCO, I.F.F., SILVA, J.N., CORDEIRO, M.B., PAULA, M.O., GATES, R.S. **Influência das coberturas de barro, cimento-amianto e alumínio, com duas alturas de pé-direito, no conforto térmico de galpões para produção de aves e suínos, em condições de inverno**. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.12, n.2, 145-153, Abr./Jun., 2004.

SANTOS, R.C., TINOCO, I.F.F., SOUZA, S.R.L., TOLON, Y.B., BARACHO, M. **Influência das coberturas de barro, alumínio e cimento amianto, no bem estar de aves e suínos, em condições de inverno.** Enciclopédia Biosfera, N.02, 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2006/Influencia%20das%20coberturas%20de%20barro.pdf> Acesso em: 20 maio 2011.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal.** São Paulo: Nobel, 2000.286 p.

SILVA, R. S. **Correção nos valores dos índices térmicos ambientais calculados com dados coletados com globo termômetros de alumínio, latão e plástico de diferentes tamanhos, com relação ao globo termômetro de cobre (padrão).** Viçosa, UFV, 1996. v. 2. (Seminário apresentado como exigência de conclusão de Curso de Engenharia Agrícola).

SOUZA, B.B., SILVA, R.M.N., MARINHO, M.L., SILVA, G.A., SILVA, E.M.N., SOUZA, A.P. **Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça sindi no semi-árido paraibano.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 31, n. 3, p. 883-888, maio/jun., 2007.

SOUZA, C.F., TINÔCO, I.F.F., BAÊTA, F.C., FERREIRA, W.P.M., SILVA, R.S. **Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.26, n.1, p.157-164, jan./fev., 2002

YANAGI JUNIOR, T.. **Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal: relação bem estar animal x clima.** 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm>. Acesso em: 26/3/2009.