

AValiação DE TERMôMETROS DE GLOBO NEGRO ALTERNATIVOS

VALTER A. BECEGATO¹, CARLOS AUGUSTO DE P. SAMPAIO²; ODANIR SCHNEIDERS³, KÉSIA S. LOURENÇO³

1. Agrônomo, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agroveterinárias, CAV/UEDESC, Lages - SC, Fone: (0xx49) 2101 9100, vab@cav.udesc.br

2. Engo Agrícola, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agroveterinárias, CAV/UEDESC, Lages – SC.

3. Discentes de Agronomia. Centro de Ciências Agroveterinárias, CAV/UEDESC, Lages – SC.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: O conforto térmico de um ambiente depende de fatores como temperatura, umidade e velocidade do ar e da temperatura radiante média (TRM) do meio. O termômetro de globo negro é um instrumento que se destaca na quantificação desta variável. O preço do globo de cobre utilizado no instrumento padrão torna-se muitas vezes proibitivo sua aquisição. Objetivou-se neste trabalho avaliar em condições controladas e no ambiente as características físicas de termômetro de globo, tais como a inércia térmica, diâmetro do globo e material utilizado na sua confecção. Foram usados o cobre, o latão e o plástico como globos negros, buscando-se a comparação com a temperatura dada pelo termômetro padrão. Os resultados mostraram que em condições ambientais, os globos termômetros apresentaram correlação satisfatória com o de cobre. Com base nos resultados através do Índice de Bulbo Úmido Temperatura de Globo (IBUTG) e da Carga Térmica de Radiação (CTR) apresentaram alta correlação.

PALAVRAS-CHAVE: globo-termômetro, fatores ambientais, conforto térmico

EVALUATION OF THE ALTERNATIVE GLOBE THERMOMETER

ABSTRACT: The thermal comfort is function to the combined effects of the temperature and humidity of the air, speed of the air and the radiant mean temperature. The black globe thermometer constitutes practical and efficient form of measure this variable. The price of the copper globe used in the standard instrument difficult your acquisition. The objectives of this work were to evaluate the physics characteristics of the globe thermometer, such as the thermal inertia as the diameter of the globe and the materials used in your making, being analyzed the copper, the brass and the plastic. The measures were being at controller environmental and in the environmental to verify the implications of the variations of those characteristics on the final result, in other words, the black globe temperature, in comparison with the one of the standard instrument. At environmental conditions, the globe of plastic and brass showed satisfactory correlation with the one of copper. Based in the Wet Bulb Globe Thermometer Index (WBGT) and Radiant Thermal Load (RTL) the globes thermometer showed satisfactory correlation.

KEYWORDS: globe-thermometer, environmental factors, thermal comfort

INTRODUÇÃO: O globo negro é um receptor e um meio prático para quantificar os componentes da energia radiante do ambiente, a partir da chamada temperatura de globo negro. Tem seu maior comprometimento na avaliação de conforto térmico sobre humanos, animais e vegetais. A temperatura de globo negro é obtida pelo termômetro de globo negro, instrumento que consiste em uma esfera oca de cobre, nas dimensões aproximadas de 0,15 m de diâmetro e 0,5 mm de espessura,

pintadas externamente com duas camadas de tinta preta fosca para maximizar a absorção de radiação solar e no interior do qual se encerra um sensor de temperatura (CAMPOS, 1986). Seu uso data dos anos 30, com o trabalho realizado por BEDFORD & WARNER (1934) que usaram este instrumento em estudos sobre aquecimento e ventilação em habitações. PEREIRA et al. (1967) realizaram estudos para encontrar alternativas para substituição do globo de cobre na confecção do globo-termômetro e obtiveram resultados satisfatórios na utilização da bola de pingue-pongue. SOUZA et al. (2002) avaliaram cinco materiais alternativos no uso como globo negro e concluíram que os globos negros feitos de plástico tipo PVC representam opções satisfatórias para substituição do globo de cobre, ao avaliarem os índices de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR) para comparação, entretanto não fizeram menção à inércia térmica dos globos. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a inércia térmica em condições controladas e no ambiente e os valores de ITGU e CTR a partir de medidas realizadas com globos termômetros confeccionados com globos de plástico e de latão, comparando as medidas obtidas com o globo termômetro considerado padrão, buscando indicar materiais alternativos que proporcione resultados satisfatórios para confecção do instrumento.

MATERIAL E MÉTODOS: Este trabalho foi realizado no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente e nas dependências do Centro de Ciências Agroveterinárias, em Lages - SC, com latitude de 27° 49' sul, longitude de 50° 20' oeste e altitude de 940 m. O clima da região, de acordo com KOPPEN, é Cfb (mesotérmico constantemente úmido com verão brando). Foram avaliados os globos negros (tratamentos) dos seguintes materiais: esfera oca de cobre com 16,0 cm de diâmetro e 0,5 mm de espessura (Pd); esfera oca de latão com 11 cm de diâmetro e 0,5 mm de espessura (Lt) e esfera oca de plástico com 11,5 cm de diâmetro e 0,5 mm de espessura (PL). Foram analisados os globos termômetros em condições controladas de temperatura e vento para se verificar a inércia térmica e o comportamento temporal no aquecimento e no resfriamento e, nas condições ambientais para se verificar os índices de conforto térmico IBUTG e CTR, de forma a concluir sobre o comportamento estatístico dos globos termômetros. Os dados coletados foram: temperatura do ar, temperatura de globo negro, temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido e velocidade do ar. Em ambientes controlados foram realizadas leituras nos intervalos de 15 minutos e de 1 minuto para comparação dos globos quanto à inércia térmica e histerese. No ambiente, foram realizadas leituras no intervalo de 15 minutos. Foi definido como temperatura alta $T > 25^{\circ}\text{C}$ e velocidade de vento alta $V > 1,0\text{m/s}$. Os globos termômetros foram colocados na altura de 1,20 m aproximadamente. O Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo (IBUTG) (MINARD et al., 1971) foi determinado pela seguinte expressão: $\text{IBUTG} = 0,7 T_w + 0,2 T_g + 0,1 T_d$ onde: T_w = Temperatura de bulbo úmido, ($^{\circ}\text{C}$); T_g = Temperatura de globo negro, ($^{\circ}\text{C}$); T_d = Temperatura de bulbo seco, ($^{\circ}\text{C}$). Outro indicador de conforto térmico-ambiental é a carga térmica radiante, CTR, que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida por animal de todos os espaços ou parte da vizinhança, podendo ser determinada pela equação de Stefan-Boltzmann: $\text{CTR} = \sigma (\text{TRM})^4$ onde: CTR - carga térmica radiante em W.m^{-2} ; σ - constante de Stefan-Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8} \text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$; TRM - temperatura radiante média em K. A temperatura radiante média 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 (CAMPOS, 1986). A TRM pode ser expressa pela seguinte equação:
$$\text{TRM} = 100 \cdot \left[2,51 \cdot (\sqrt{V})(T_g - T_{bs}) + (T_g / 100)^4 \right]^{0,25}$$
 em que: v = velocidade de ar, m.s^{-1} ; T_{bs} = temperatura de bulbo seco, K. A partir dos dados coletados, foi utilizado o aplicativo PSIAw, desenvolvido por SAMPAIO et al. (2006) para o cálculo dos índices. A análise estatística foi feita com base nos resultados médios no tempo dos índices ITGU e CTR, para cada um dos tratamentos. Para as relações entre os globos termômetros utilizou-se a análise de regressão ao nível de significância de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O comportamento entre os globos PL e Lt para diferentes temperaturas e velocidades do ar são mostradas na figura 1 (a,b,c,d).

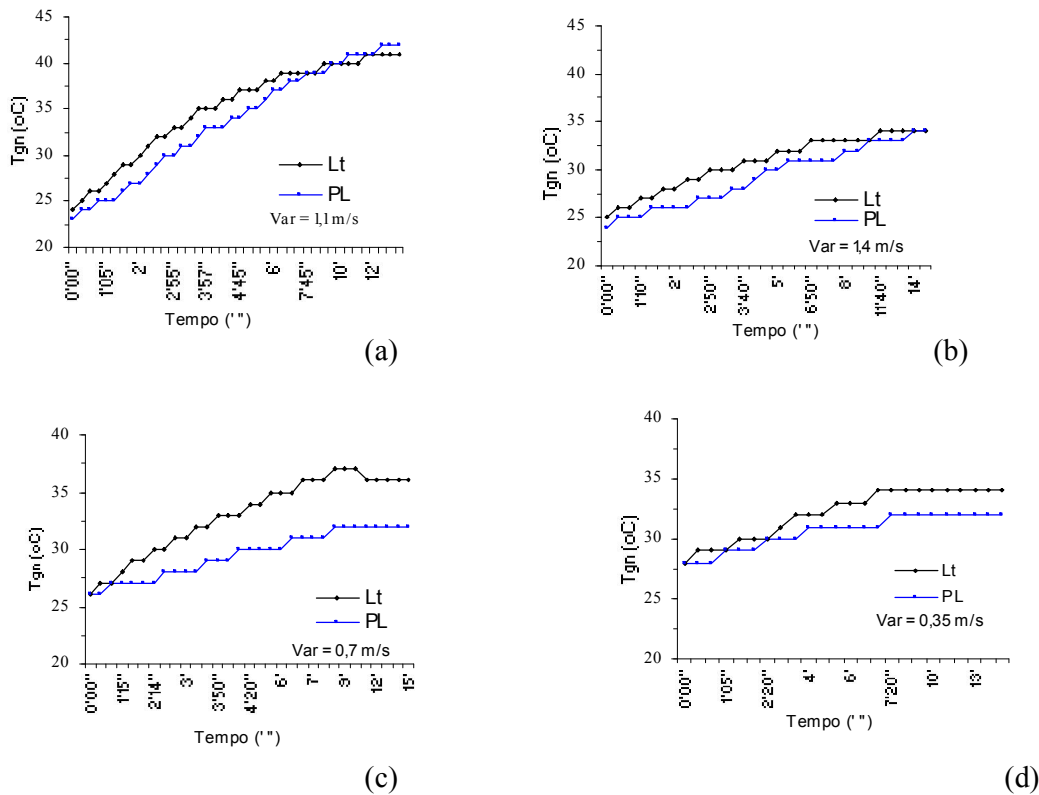


Figura 1. Comparação entre globos PL versus Lt para diferentes velocidades de ar.

Verifica-se que para ar aquecido e para baixas velocidades do ar, houve menor inércia térmica no globo Lt e, para velocidades do ar superior a 1m/s e ar aquecido houve comportamentos semelhantes entre ambos. O comportamento temporal no aquecimento e no resfriamento foi diferente, com tempo menor para o resfriamento. Ao se comparar o globo PL versus o globo Pd, como mostra a figura 2a, verificou-se que tanto para baixa quanto para alta velocidade do ar, apresentaram comportamentos semelhantes. Ao se comparar o globo Lt versus o globo Pd, como mostra a figura 2b, verificou-se que tanto para baixa quanto para alta velocidade do ar, que o Lt apresentou uma menor inércia térmica considerável em comparação com o padrão.

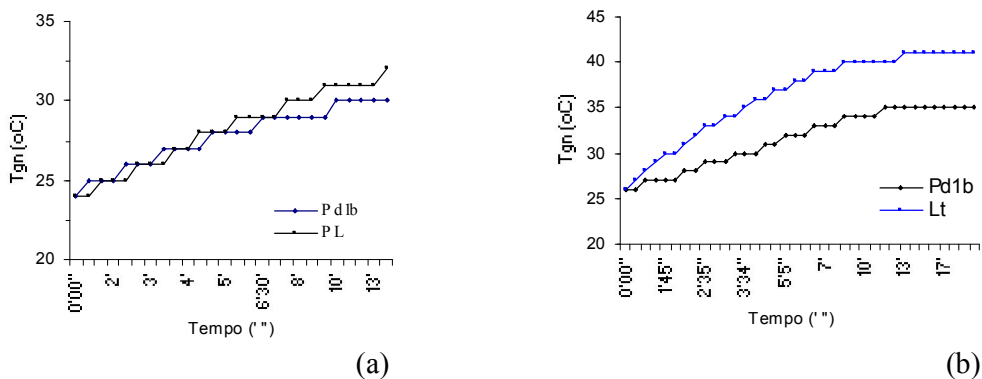


Figura 2. Comparação entre globos PL e Lt versus Pd.

O comportamento dos globos avaliados versus o globo termômetro padrão em condições ambientais, sendo lido a Tgn, é mostrado na figura 3a. Nota-se que os globos termômetros

apresentaram leituras próximas. As equações de regressão são mostradas na figura 3b, onde se pode notar alta correlação entre os globos.

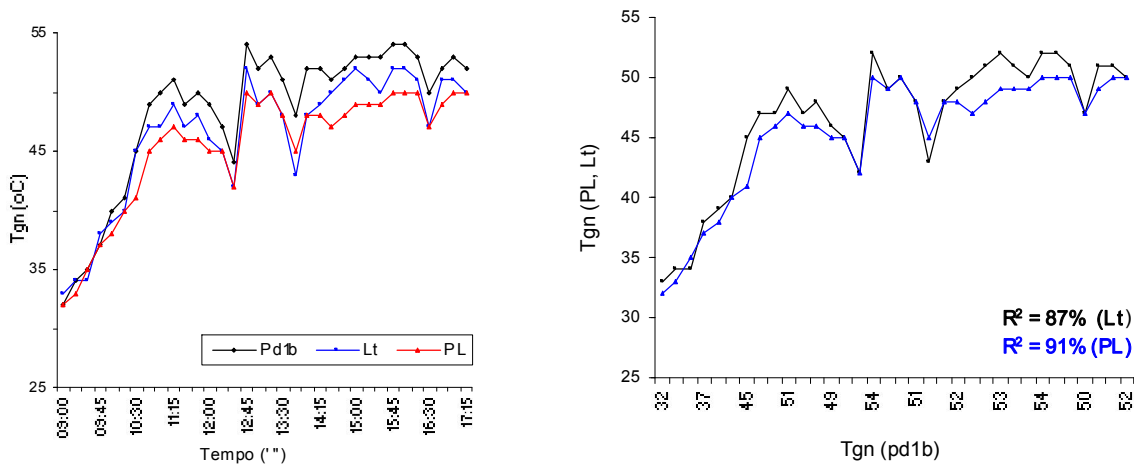


Figura 3. Comparação entre globos PL e Lt versus Pd em condições ambientais.

Os valores médios horários de IBUTG e CTR obtidos a partir da Tgn em condições ambientais, lida nos 3 tipos diferentes de globo termômetros avaliados são mostrados na figura 4 (a,b).

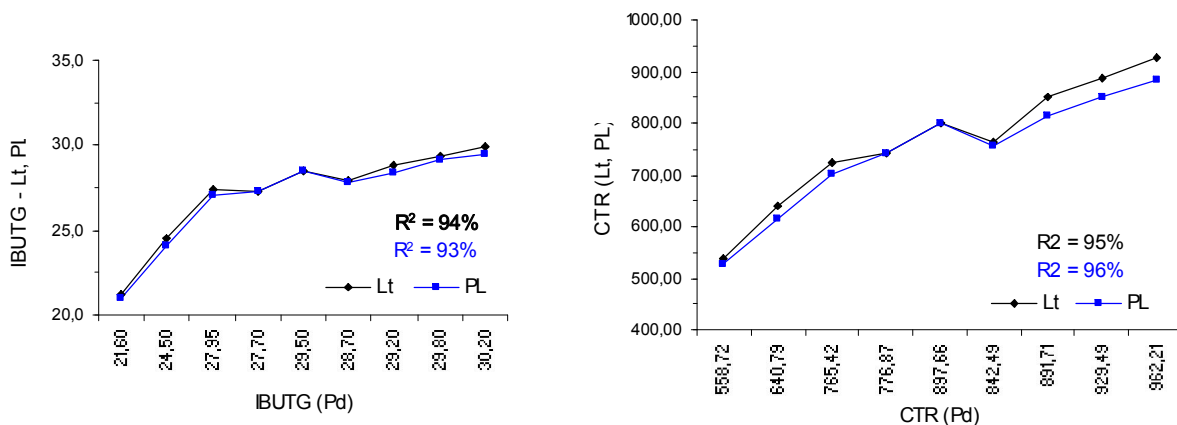


Figura 4. Gráfico da correlação do IBUTG para os tratamentos Lt e PL com o globo padrão.

Analisando os resultados, observa-se que para as medidas realizadas no ambiente, os globos de plástico e de latão apresentaram altos coeficientes de correlação com o cobre e teve medidas próximas das feitas com o globo termômetro padrão.

CONCLUSÕES: Para as condições em que o trabalho foi conduzido e pelos resultados obtidos, pode-se concluir que os tratamentos PL e Lt apresentam opções satisfatórias para substituição do globo negro padrão, feito de cobre. O globo de latão apresentou baixa inércia térmica. As medidas devem ser realizadas com um intervalo mínimo de 15 minutos, para estabilização dos instrumentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BOND, T.E., KELLY, C.F. The globe thermometer in agricultural research. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 36, n. 7, p.251-255, 1955.
 BEDFORD, T.; WARNER, C. The globe thermometer in studies of heating and ventilation. Journal of Hygiene, v.34, n.3, p.458-473. 1934.

CAMPOS, A.T. Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para viçosa – MG. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1986.

MINARD, D. et al. 1971. Physiological evaluation of industrial heat stress. American Industrial Hygiene Association Journal, 32: 17-28.

PEREIRA, N.; BOND, T.E.; MORRISON, S.R. “Ping-pong” ball into black-globe thermometer. Agricultural Engineering, St. Joseph, v.10, n.48, p.341-342, 1967.

SAMPAIO, C.A.P.; JÚNIOR, W.V.W; MADEIRA, F.C.; NAGAOKA, A.K. Programa computacional para determinar as propriedades da mistura ar seco-vapor d’água e atividade da água no armazenamento de grãos. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2006, João Pessoa-PB. Anais... SBEA: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006.

SOUZA, C.F. et al. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. Rev. Ciênc. Agrotec., Lavras, v.26, n.1, p.157-164. 2002.