

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES BITOLAS DE TERMOPAR EM UM PSICRÔMETRO ASPIRADO DE BAIXO CUSTO

CLÁUDIO RICARDO DA SILVA¹, JOABEL RAABE²; RONALDO ANTÔNIO DOS SANTOS³

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os valores horários de umidade relativa do ar obtido com um psicrômetro aspirado, sob diferentes bitolas de termopares. Foram utilizadas três bitolas de termopares de cobre-constantan: 24 AWG (0,511mm de diâmetro) 32 AWG (0,202mm de diâmetro) e 40 AWG (0,080mm de diâmetro) que formaram as junções seca e úmida do psicrômetro. Os termopares foram colocados em um único psicrômetro, posicionados lado a lado numa distancia aproximada de 3 cm. O experimento foi conduzido no período de 04/03/2008 a 06/03/2008, em condições de campo, na UFPI, Bom Jesus, Piauí (9,08°S, 44,3°W e 297 m de altitude). Os valores obtidos com cada bitola foram comparados com os valores de umidade relativa obtidos com um higrômetro capacitivo comercial. Os resultados mostraram que para qualquer bitola de termopar utilizada (24, 32 e 40AWG), os valores de umidade realtiva do ar apresentaram boa correlação e acurácia com os valores de umidade relativa determinados pelo higrômetro ($r^2 > 0,97$, RMSE $\leq 3,98\%$).

PALAVRA-CHAVE: umidade relativa, vapor de água, higrômetro.

EVALUATION OF DIFFERENT THERMOCOUPLE GAUGES ON ASPIRATED THERMOCOUPLE PSYCHROMETER

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the values of air relative humidity obtained with an aspirated psychrometer under different thermocouple gauges. Were used three gauges of thermocouples copper-constantan: 24 AWG (0,511mm of diameter), 32 AWG (0,202mm of diameter) and 40 AWG (0,080mm of diameter). The thermocouples were placed in a single psychrometer, and each one positioned side by side in a distance of approximately 3 cm. The experiment was carried out from 04/03/2008 to 06/03/2008, under field conditions,

¹ Prof.Dr. Campus de Bom Jesus, UFPI Rodovia BR-135, km 3, CEP 64900-000, Bom Jesus, PI. Tel/Fax: 89 3562 2535/1866 Bom Jesus, PI. e-mail:claudio@ufpi.edu.br

² Graduando do curso de Engenharia Florestal, UFPI-Campus de Bom Jesus.

³ Doutorando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Eng. Rural da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

in Bom Jesus, Piauí (9.08 ° S, 44.3 ° W and 297 m of altitude). Hourly air humidity values obtained from each gauge were compared with the values obtained with a capacitive hygrometer. The results showed that independent of thermocouple gauge used (24, 32 and 40AWG), the values of air relative humidity showed good correlation and accuracy with values determined by the hygrometer ($r^2 > 0.97$, RMSE ≤ 3 , 98%).

KEY WORDS: air relative humidity, water vapour, hygrometer.

INTRODUÇÃO

Existem diversos instrumentos para a medição da umidade relativa do ar, entretanto, o psicrômetro, que utiliza a diferença nas leituras de um termômetro de bulbo seco (temperatura do ar) e a de um bulbo úmido é um dos mais antigos e ainda utilizados, dado a sua simplicidade e precisão. Com o advento da microeletrônica no século passado, os termômetros de mercúrio foram gradativamente substituídos por termopares elétricos, que além da simplicidade de construção e precisão podem ser acoplados a um sistema de aquisição automático de dados. Em estudos que envolvem os fluxos verticais da temperatura e vapor de água, como no método de Bowen, os gradientes verificados são tão pequenos que se torna fundamental que estes sensores apresentem alta resolução e suficiente precisão e nesses estudos, o psicrômetro de termopar tem sido utilizado com sucesso (Silva, 2005). Com relação ao modelo de psicrômetro, Cunha et al. (2001) construíram e avaliaram um psicrômetro de termopar cobre-constantan comparativamente as medidas feitas por um sensor comercial e verificaram que as correlações encontradas apresentaram coeficientes de determinação de 0,973 e 0,932, respectivamente, para as condições de ambiente protegido e de campo. Já Marin et al. (2001) construíram um psicrômetro de termopar aspirado, de baixo custo e encontraram que tanto em ambientes naturais como em controlados, a precisão e a exatidão das medidas foi muito boa. Apesar do sucesso na fabricação destes psicrômetros, não foram realizados estudos avaliando o efeito de diferentes bitolas de termopares na precisão das medidas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito de diferentes bitolas de termopares (AWG – 24; AWG – 32; AWG – 40) na precisão e resolução das medidas de umidade relativa do ar obtidas com um psicrômetro de baixo custo comparativamente às medidas do sensor comercial Vaisala (modelo HMP45D), em condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Psicrômetro: era constituído por dois tubos de PVC, concêntricos, com 150 mm de comprimento e diâmetros internos de 50 mm e 25 mm (Figura 1A). Nas extremidades dos tubos foram fixadas duas ventosas de 50 mm. Em uma extremidade do tubo foi fixado um microventilador (50 mm de diâmetro, 12V) para promover a aspiração do ar para as junções termopares que se encontravam no interior do tubo interno. Foram utilizadas três bitolas de termopares de cobre-constatan: 24 AWG (0,511mm de diâmetro) 32 AWG (0,202mm de diâmetro) e 40 AWG (0,080mm de diâmetro) que formaram junções com cerca de 10 mm de comprimento; sendo que a junção seca foi posicionada anteriormente em relação à úmida no sentido do fluxo de ar, e distanciadas uma da outra por 5 cm (Figura 1B). Os termopares foram colocados em um único tubo, posicionados lado a lado numa distancia aproximada de 3 cm, resultando que a os termopares AWG24 e 32 ficaram posicionados na lateral do tubo e o AWG 40 no centro. O custo por metro de cada termopar foi de R\$12,5 para os termopares de 24 e 32AWG e de R\$14,3 para o termopar 40AWG. O custo com PVC, cola, lixa, microventilador, totalizou R\$28,00. O psicrômetro contava ainda com um reservatório (200ml) para ser utilizado no umedecimento da junção úmida (Figura 1A). Para o funcionamento do microventilador e para as leituras dos termopares, foi utilizado um sistema automático de dados “datalogger” (Campbell Scientific, modelo CR10)

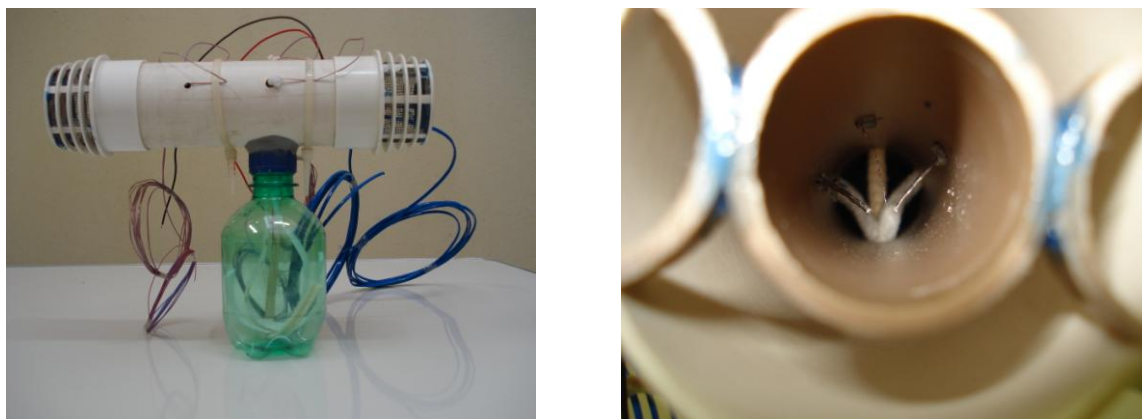


Figura 1. Psicrometro aspirado de PVC utilizado no experimento (A). Junções de termopares seca e úmida(envolvida com cadarço de algodão(B)).

Condução do experimento: O experimento foi realizado no período de 4 a 6 de março de 2008, totalizando-se 72 valores. Os valores de temperatura obtidos por cada bitola de termopar foram convertidos em umidade relativa pela equação de Tetens, conforme metodologia detalhada por Pereira et al. (2002). O sistema foi programado para realizar leituras de temperatura a cada segundo e médias a cada hora. De maneira similar ao trabalho realizado por Marin et al. (2001), para avaliação do desempenho, compararam-se os

resultados de umidade relativa obtida por cada termopar como os de um higrômetro capacitivo acoplado a um termistor para medir a temperatura do ar (Vaisala Inc, modelo HMP45D) que consta na estação meteorológica automática de Bom Jesus pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e localizada no campus da universidade (9,08°S, 44,3°W e 297 m de altitude). Para a performance, levou-se em consideração os parâmetros estatísticos, como o grau de associação, representado pelo cálculo do coeficiente de determinação (r^2), regressão linear entre os valores de umidade relativa obtida pelo psicrometro e com o sensor comercial (feitas pelo programa computacional Excel, Microsoft); e o erro-padrão de estimativa (RMSE), calculado pela raiz quadrada do quadrado da diferença entre os valores obtidos com o psicrômetro (E) e os valores do sensor(M) ou seja

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - M_i)^2 \right]^{0,5} . \text{ Quando menor o RMSE, melhor a acurácia do psicrômetro.}$$

RESULTADO E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a variação média horária da umidade relativa calculda com os termopares 24, 32 e 40AWG durante os dias 4, 5 e 6 de março de 2008 (72 médias). Nota-se uma boa concordância entre as medidas de umidade relativa feitas por pelas diferentes bitolas em relação ao higrômetro comercial. Esta boa concordância, se reflete nas regressões lineares obtidas como mostra a Figura 3. Nota-se uma alta associação entre os valores obtidos pelo psicrômetro com os diferentes termopares com os valores aos valores obtidos pelo sensor higrômetro ($r^2 > 0,97$). Entretanto, a curva obtida para o termopar 40AWG saiu levemente do ajuste 1:1. Entretanto, pelo teste F, não se observou diferenças entres os valores de umidade relativa obtidos por cada bitola. Com relação ao erro padrão (RMSE), os valores obtidos por cada bitola foram muito próximos, com 3,98% para o 24AWG; 3,28% para 32AWG e 3,38% para o 40AWG.

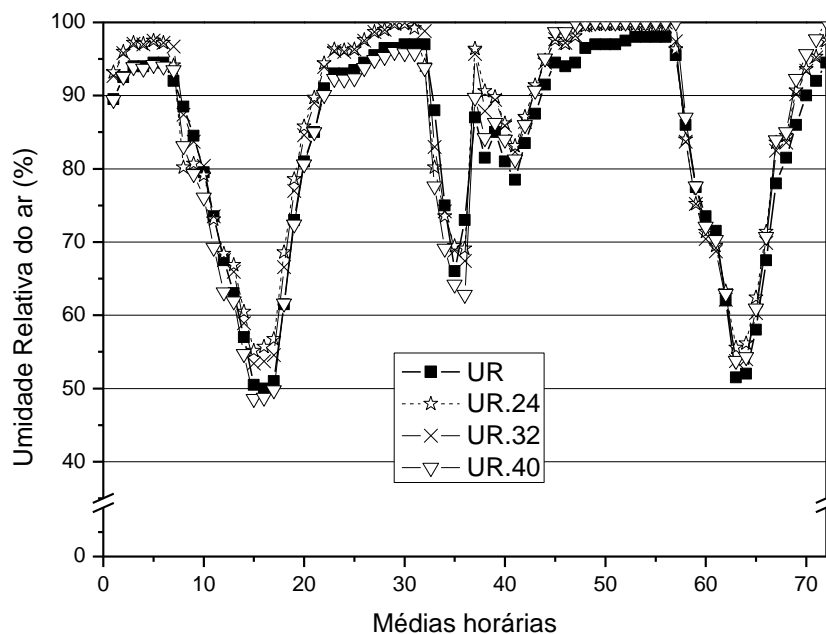


Figura 2. Variação da umidade relativa média calculada com três junções de termopares (24, 32 e 40AWG) durante o período de 4 a 6 de março de 2008. Bom Jesus, PI

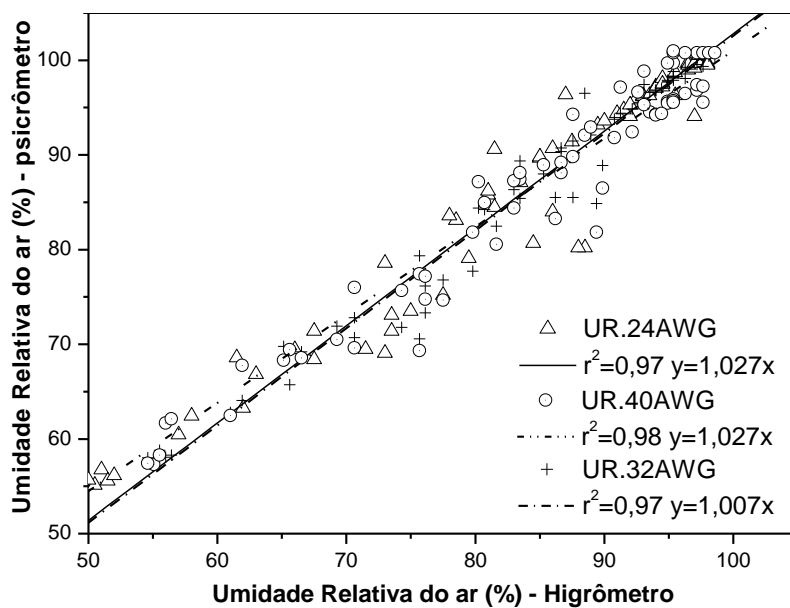


Figura 3. Relação entre a temperatura do ar registrada pelo sensor da estação e a temperatura do termopar de bitola AWG-24 nos dias 4, 5 e 6 de março de 2008.

A grande vantagem do sensor com um menor diâmetro, seria quanto a possibilidade de se obter respostas às variações de temperatura mais rápidas. Entretanto, em função da programação da Estação Meteorológica, não foi possível reduzir o tempo realizado para as leituras dos sensores, que foi de 1 hora. Novos estudos precisam ser conduzidos neste sentido. Como desvantagem, a confecção das junções nesta bitola, ou mesmo o acoplamento ao sistema automático é muito trabalhosa, dado ao reduzido diâmetro.

CONCLUSÕES

Para qualquer bitola de termopar utilizada (24, 32 e 40AWG), os valores de umidade realtiva do ar apresentaram boa correlação e acurácia com os valores de umidade relativa determinados pelo higrômetro ($r^2 > 0,97$, RMSE $\leq 3,98\%$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUNHA, A.R. da; ESCOBEDO, J.F. GALVANI, E. Avaliação de um psicrômetro de termopar de baixo custo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 17-22, 2001.
- MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; COELHO FILHO, M.A.; VILA NOVA, N.A. Construção e avaliação de psicrômetro aspirado de termopar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, n.4, p.839-844,2001.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOGGI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 487p.
- SILVA, Tonny José Araújo da, ALVES JÚNIOR, José, SILVA, C.R. da, BONFIM-SILVA, Edna Maria, FOLEGATTI, Marcos Vinícius. Balanço de energia e estimativa da evapotranspiração em maracujazeiros pelo método de razão de Bowen. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.392 - 403, 2007.