

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE PSICRÔMETRO ASPIRADO DE TERMOPAR DE BAIXO CUSTO

JOABEL RAABE¹; CLÁUDIO RICARDO DA SILVA², RONALDO ANTÔNIO DOS SANTOS³

RESUMO: Construiu-se um psicrômetro de PVC, de baixo custo, para obtenção da umidade relativa do ar em um sistema automático de aquisição de dados. Para a aspiração do psicrômetro utilizou-se um microventilador e os valores de temperatura foram obtidos com base em termopares com bitola 24 AWG (0,511mm de diâmetro), do tipo T. O psicrômetro proposto foi avaliado, no período de 04/03/2008 a 06/03/2008, em condições de campo, para Bom Jesus, Piauí (9,08°S, 44,3°W e 297 m de altitude). Os resultados da comparação da umidade relativa horária com um higrômetro capacitiva da marca Vaisala modelo HMP45D foram satisfatórios com boa correlação e acurácia ($r^2=0,95$, RMSE =3,95%) demonstrando que o psicrômetro aqui proposto pode ser utilizado, tanto para determinar a umidade relativa, quanto para a temperatura, bem como em estudos que necessitem e levem em conta as gradientes de temperatura e umidade, sem a perda da qualidade dos dados e com baixo custo.

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

CONSTRUCTION AND EVALUATION OF AN ASPIRATED THERMOCOUPLE PSYCHROMETER LOW-COST

ABSTRACT: The construction of a low cost PVC thermocouple was made to obtain air relative humidity in an automatic system logger. For the air aspiration was used a small fan and values of temperature were obtained from thermocouples with 24 AWG (0.511mm diameter), type T. The proposed psychrometer was evaluated from 04/03/2008 to 06/03/2008 under field conditions in Bom Jesus, Piauí (9.08°S, 44.3°W and 297 m of altitude). The hourly air relative humidity was compared to capacitive hygrometer Vaisala model HMP45D and the results showed satisfactory correlation and accuracy ($r^2 = 0.95$, RMSE = 3.95%). The proposed psychrometer can be used both to determine the relative humidity and the

¹ Graduando do curso de Engenharia Florestal, UFPI-Campus de Bom Jesus. Rodovia BR-135, km 3, CEP 64900-000, Bom Jesus, PI. Fone (89) 3562-2265. E-mail: joabeljr@hotmail.com

² Prof.Dr. Campus de Bom Jesus, UFPI. Bom Jesus, PI.

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

temperature as well as that studies which require account temperature and humidity gradients without loss of data quality and with low cost.

Key words: air relative humidity , water vapour, datalogger.

INTRODUÇÃO

O vapor de água no ar desempenha papel fundamental no clima global atuando como fonte de calor latente da atmosfera, nos processos de evaporação e evapotranspiração, na absorção de diversos comprimentos de onda da radiação solar e terrestre, na formação das nuvens e precipitação. A presença de vapor de água na atmosfera é igualmente importante como condicionante de ocorrência e controle de pragas e doenças vegetais e animais e, também, como determinante da qualidade, do armazenamento, da conservação dos produtos agrícolas, bem como do conforto animal. (Pereira et al., 2002). Desta forma, torna-se fundamental sua quantificação em qualquer área de estudo no ambiente agrícola. A quantidade do vapor de água pode ser expressa de diferentes formas. Uma das mais usuais é por meio da umidade relativa do ar. Existem diversos instrumentos para medi-la, entretanto, o psicrômetro, que utiliza a diferença nas leituras de um termômetro de bulbo seco (bs; temperatura do ar) e a de um bulbo úmido (bu) é um dos mais antigos e ainda utilizados, dado seu baixo custo, simplicidade e precisão. Nos últimos anos, com o crescimento no uso de sistemas automáticos de aquisição de dados, as medidas de temperatura utilizando-se junções termoelétricas, tornaram-se mais fáceis, precisas e baratas, permitindo seu emprego em diversos tipos de estudos, desde aqueles em que se deseje conhecer apenas a temperatura absoluta de determinado ambiente até os que necessitem da medida de pequenos gradientes verticais de temperatura e vapor de água. Atualmente, os equipamentos para medida destes gradientes são de custo elevado e de complexa manutenção, como os utilizados nos estudos de partição da energia pelo método de razão de Bowen. Nesse sentido, a utilização de psicrômetros torna-se ser uma excelente alternativa. Modelos propostos por Cunha et al. (2001), Marin et al. (2001) e Turco & Fernandes (2003) foram testados e calibrados com sucesso. Entretanto, em função do crescente avanço na área de microeletrônica, novos modelos precisam ser sugeridos e testados. Dessa forma, objetivou-se construir e calibrar um psicrômetro aspirado de termopar de baixo custo verificando a precisão e resolução das medidas de umidade relativa do ar comparativamente às medidas do sensor comercial Vaisala (modelo HMP45D), em condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

O psicrômetro foi construído por dois tubos de PVC, concêntricos, com 150mm de comprimento e diâmetros internos de 50mm e 25mm. Nas extremidades dos tubos foram fixadas duas ventosas de 50mm (Figura 1). O objetivo do tubo exterior foi criar um isolamento térmico para evitar que o aquecimento interno interferisse nas leituras. Em uma extremidade do tubo foi fixado um microventilador (50mm de diâmetro, 12V), comumente utilizado em computadores, para fornecer uma corrente forçada de ar, com o objetivo de minimizar efeitos ambientais sobre o coeficiente psicrométrico (Bindon, 1965). A escolha do modelo do microventilador foi feita com base no tamanho e no menor consumo de energia.

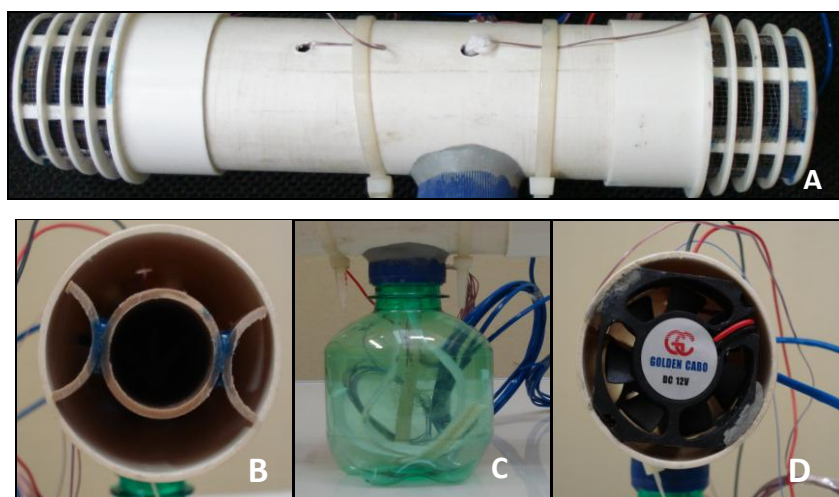


Figura 1. (A) Tubo externo e ventosas. (B) Tubo interno. (C) Reservatório plástico. (D) Microventilador.

Instalou-se um reservatório plástico (200 ml, garrafa de refrigerante) que ficou acoplado ao psicrômetro. O objetivo deste reservatório era de promover o umedecimento da junção termoeletrica (bu), através de um cordão de algodão via ascensão capilar da água. O termopar utilizado no psicrômetro foi do tipo T, de cobre-constantan, de bitola 24 AWG (American Wire Gauge-0,511mm de diâmetro) que formou uma junção com cerca de 10mm de comprimento; sendo que a junção seca (bs) foi posicionada anteriormente em relação à úmida no sentido do fluxo de ar, e distanciadas uma da outra por 50mm. Para o funcionamento do microventilador e para as leituras dos termopares, foi utilizado um sistema automático de dados “datalogger” (Campbell Scientific, modelo CR10). O custo total do psicrômetro (incluindo 5 metros de termopar) foi de R\$ 90,50. 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 do psicrômetro proposto com os de um sensor 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 297m de altitude). O experimento foi realizado no período de 4 a 6 de março de 2008, totalizando-se 72 valores. Os valores de temperatura foram convertidos em umidade relativa pela equação de Tetens, conforme metodologia detalhada por Pereira et al. (2002). 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 psicrômetro 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, $RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - M_i)^2 \right]^{0,5}$. Quando menor o RMSE, melhor a acurácia do psicrômetro.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a equação de regressão e coeficiente de correlação (R^2) dos dados do psicrômetro de termopar proposto em relação ao sensor (Vaisala, modelo HMP45D) da estação meteorológica. Nota-se uma alta associação entre os valores obtidos pelo psicrômetro comparativamente aos valores obtidos pelo sensor ($r^2=0,95$). O RMSE foi de 3,95%. Note ainda na Figura 2, que o menor valor de umidade foi próximo a 50% em função de que o experimento coincidiu com o período chuvoso na região.

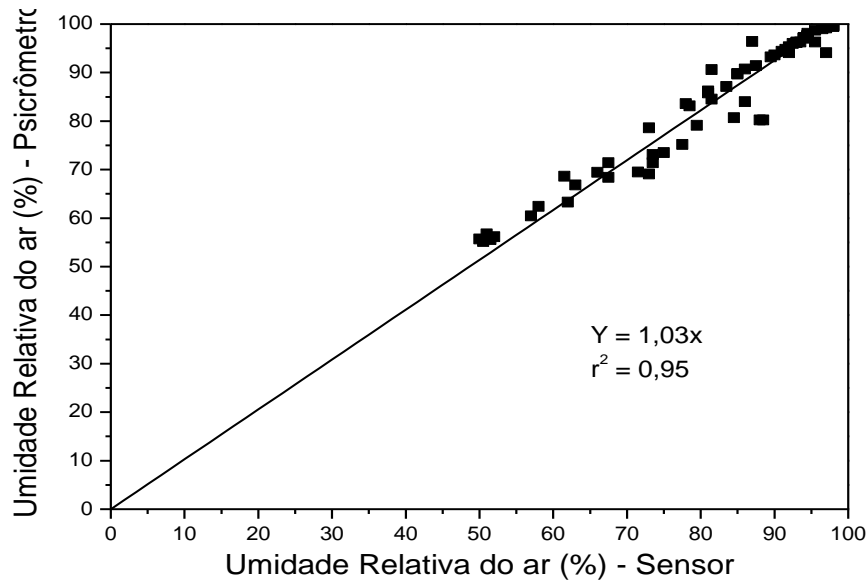


Figura 2. Relação entre a temperatura do ar registrada pelo sensor da estação e a temperatura do termopar de bitola AWG-24 nos dias 4, 5 e 6 de março de 2008.

A Figura 3 ilustra a curva de variação da umidade relativa ao longo do dia 4 de março obtida com o psicrômetro e com o sensor comercial. Verifica-se um padrão normal da umidade relativa do ar, com diminuição dos valores com o aquecimento do ar. Comprova-se a boa associação entre as leituras pelos dois equipamentos, porém com uma pequena sobrestimativa nas leituras feitas pelo psicrômetro ao longo do dia, exceção ao período das 7:00 às 12:00h. Neste experimento não foi medido o consumo (amperagem) do microventilador, mas comparativamente, ao modelo proposto por Marin et al. (2001) provavelmente seria menor dado a sua pequena dimensão.

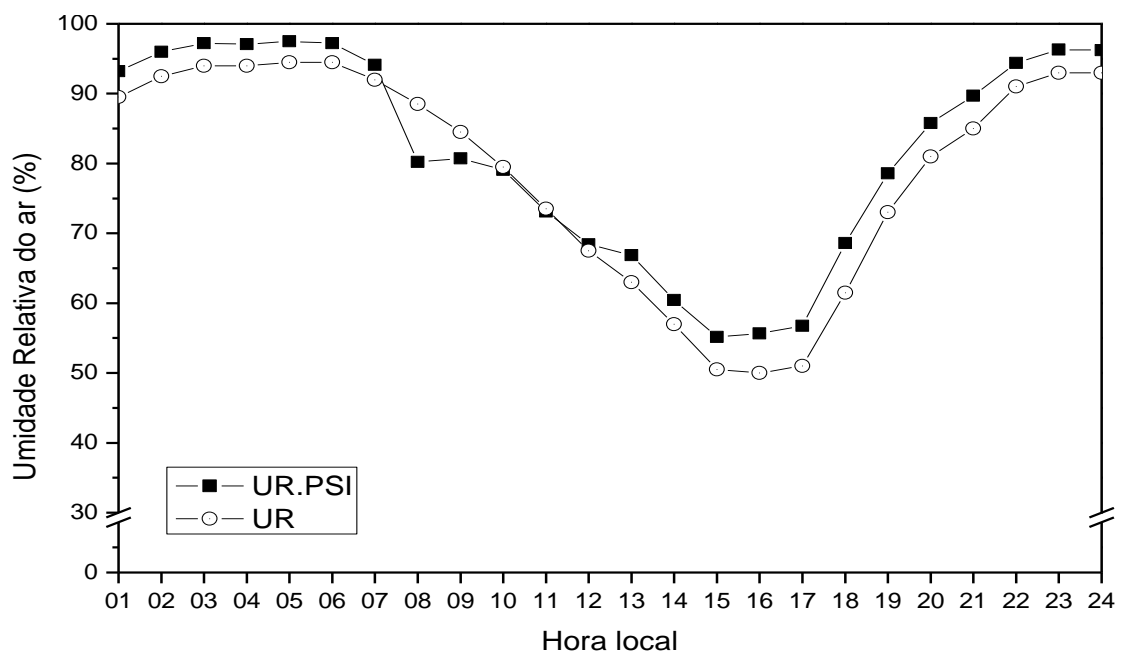


Figura 3. Demonstrativo do desempenho do termopar 24 AWG em relação ao sensor da estação (A); relação entre a umidade relativa do ar registrado pelo psicrômetro proposto e a

umidade relativa do ar registrada pela estação.

A comparação entre a variação média horária da temperatura do termopar de junção seca (bs) com a temperatura média horária registrada pela estação, no período de 4 á 6 de março de 2008, teve uma boa concordância entre as medidas das temperaturas registradas pelo termopar comparativamente com aquelas registradas pela estação.

CONCLUSÕES

O psicrômetro apresentou baixo custo, boa correlação e acurácia com os valores de umidade relativa determinados pelo sensor Vaisala ($r^2=0,95$, RMSE =3,95%), podendo ser empregado em estudos que necessitem dos valores de umidade relativa bem como em estudos que levem em conta gradientes de temperatura e umidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PEREIRA, A.R.; ANGELOGGI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 487p.
- 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.
- TURCO, J.E.P.; FERNANDES, E.J. Construção e avaliação de um psicrômetro de termopares. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.468-476, 2003
- 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.
- BINDON, H.H. A critical review of tables and charts use in psychrometry. In: WEXLER, A. **Humidity and moisture**. New York: Reinhold, 1965. v.1, p.3-15