

CONSTRUÇÃO DE PSICRÔMETRO ASPIRADO POR PRESSÃO NEGATIVA COM O USO DE TERMOPARES

ADRIANA MARIA DAS SANTOS¹, DANIELE FERREIRA DE MELO², JACKSON RÔMULO DE SOUSA LEITE³, JOSÉ WALLACE BARBOSA DO NASCIMENTO⁴ e DERMEVAL ARAÚJO FURTADO⁵

¹Mestre em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, ttstadriana@gmail.com;

²Dotouranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, danimelo.ufcg@hotmail.com;

³Dotaurando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, jrs_leite@hotmail.com;

⁴Dr. Prof. Titular CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, wallacebosa2@gmail.com;

⁵Dr. Prof. Titular CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, araujodermeval@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: Esta pesquisa objetivou a construção de um psicrômetro a baixo custo, utilizando sensores de temperatura, e a realização de corridas experimentais, a fim de resolver questões práticas que surgem na medida da umidade relativa de ambientes agrícolas. O projeto nesta pesquisa centrou-se na estrutura do psicrômetro e a conversão de sinal por meio de sistema de aquisição de dados usando o Spider 8, capaz de interpretar as medidas obtidas, armazenar e mostrar em uma interface LCD para facilitar a utilização de métodos de cálculo da umidade, para melhor tratamento dos dados foi utilizado o software Catman 4.5 e o Excel 2010. Os sensores termopares foram calibrados pelos métodos de comparação e absoluto. Os resultados do teste do sistema mostraram que o psicrômetro montado pode fornecer medições de umidade relativa confiáveis e duráveis a longo prazo com alta precisão e fácil interpretação.

PALAVRAS-CHAVE: umidade, temperatura, termômetro de bulbo seco, termômetro de bulbo seco.

CONSTRUCTION OF PSICRÔMETRO DRAWN BY NEGATIVE PRESSURE WITH THE USE OF THERMOCOUPLES

ABSTRACT: This research, aimed at the construction of a psicrómetro at low cost, using temperature sensors, and conducting experimental races, in order to resolve practical issues that arise in the measurement of relative humidity of agricultural environments. This research project focused on the structure of the psicrómetro and the conversion by means of signal data acquisition system using the Spider 8, able to interpret the measurements obtained, store and display on a LCD interface to facilitate the use of methods of calculation of the wet for the best treatment of the data was used the software Catman 4.5 and Excel 2010. Thermocouple sensors were calibrated by comparison and absolute methods. The test results show that the psicrómetro system mounted can provide relative humidity measurements reliable and durable in the long run with high precision and easy interpretation.

KEYWORDS: humidity, temperature, dry bulb thermometer, dry bulb thermometer.

INTRODUÇÃO

O psicrômetro é o instrumento mais utilizado para a determinação a quantidade de vapor de água da atmosfera (Fritschen & Gay, 1979; White & Ross, 1991), pois permite mensurar com precisão este quando confeccionado com termopares de cobre-constantan (Cunha et al., 2001; Marin et al., 2001), sendo que a medida da umidade relativa do ar é obtida a partir das propriedades psicrométricas do ar através da temperatura de bulbo seco e bulbo úmido do ar, sendo considerado método padrão para a medida da umidade relativa (Wmo, 2008).

Para Cunha (2013), os psicrômetros de bulbos seco e úmido apresentam boa estabilidade nas medidas desde que a amostra de ar seja adequadamente umidificada pela água evaporada da mecha de algodão. Permitem medidas de altas temperaturas e de ampla faixa de umidade, e toleram a condensação, mas, no entanto, exigem habilidade no seu uso e manutenção, pois impurezas do ar ou da água contaminam a mecha de algodão exigindo limpeza e/ou troca periódicas.

Apesar do aparato psicrométrico apresentar diversas formas de construção, sua constituição essencial conta com um sensor de temperatura do ar (temperatura do bulbo seco - tbs), e outro idêntico recoberto pela mecha de algodão embebido em água destilada, umedecida e em evaporação (temperatura do bulbo úmido - tbu), com as medidas sendo realizadas simultaneamente em ambos os sensores (Marin et al., 2001).

Os estudos relacionados ao comportamento da temperatura do ar têm sido amplamente estudados em várias partes do mundo devido sua importância nos diversos processos ambientais: ciclo hidrológico, alterações no clima, nas mudanças climáticas globais (Shirvani, 2015; Stocker et al., 2013) avaliação da atividade humana na agricultura (Cobaner et al., 2014) bem como sua influência nas variações da umidade relativa.

O registro de dados de forma automática possibilita, entre outras vantagens, a eliminação de erros humanos na leitura dos sensores, erros de digitação, perdas de dados, sincronismo da leitura entre vários instrumentos e frequência de leitura com intervalos precisos. O computador pode ser usado na coleta, armazenamento, processamento e transmissão dos dados (Vilela et al., 2011).

Para Ahmad (2017) as medições de umidade na superfície da Terra são necessárias para a análise e previsão meteorológica, para estudos climáticos e para muitas aplicações especiais em hidrologia, agricultura, serviços aeronáuticos e estudos ambientais, em geral. Eles são particularmente importantes devido à sua relevância para as mudanças de estado da água na atmosfera.

O objetivo geral deste trabalho é a montagem de um psicrômetro utilizando sensores de temperatura, e a realização de testes experimentais usando um software para aquisição de dados.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada foi um estudo descritivo experimental da construção de um psicrômetro utilizando materiais de fácil acesso e baixo custo.

Foram utilizados dois tubos de PVC, concêntricos, com 150mm de comprimento e diâmetros internos de 100 e 50mm. As extremidades dos tubos foram fixas por dois “caps” de 100mm, com perfuração de 50mm em seu centro e aproximadamente 20 furos de pequeno diâmetro (cerca de 5mm), com o objetivo de promover a circulação de ar em ambos os tubos, minimizando dessa forma a carga térmica nas horas mais quentes do dia (Figura 1).



Figura 1. Montagem do equipamento.

O reservatório de água foi acoplado ao psicrômetro lateralmente, para facilitar a ascensão capilar da água até à junção termoeletrica, através da mecha de cordão de algodão para as medidas de bulbo úmido.

A mecha de algodão colocada no termopar de bulbo úmido foi mantida constantemente úmida, e utilizou-se um micro-ventilador de forma que aspirasse o ar do tubo menor e criasse um fluxo constante de ar para proporcionar evaporação da água na mecha (capilaridade) para medidas corretas de temperatura de bulbo úmido no momento da leitura pelo micro logger, sendo substituída sempre que fosse necessário, ou seja, em função do seu estado e condição de um edecimento (Cunha, 2013).

A distância entre os termopares do bulbo seco e bulbo úmido foi de mais de 5 cm. Para impedir a movimentação dos termopares na parte interna do tubo foi afixado os termopares em placas de isopor.

A aspiração do psicrômetro foi por ventilador de cooler acoplado ao corpo do psicrômetro através de um “cap” de 100mm, fixado por cola quente e parafusos. No presente estudo, utilizou-se ventilador de 12 volts, a alimentação foi através de energia elétrica. Com essa constituição, a velocidade constante do vento que passa pelo bulbo úmido por pressão negativa foi de aproximadamente (2,5 m/s), mensuração adquirida com o uso de anemômetro (modelo AIMOMETER), o que concorda com a recomendação de Seck e Perrier (1970) que é 7 m/s-1, permitindo assim a utilização do coeficiente psicrométrico (0,00067°C-1) proposta por Ferrel (1886) e citado por Harrison (1965).

Para avaliação do desempenho, comparou-se os resultados do psicrômetro proposto utilizando-se dados da estação meteorológica do INSA – Campina Grande dos dias 12 e 13 de dezembro de 2017, para o local de estudo, que fica localizado na Universidade Federal de Campina Grande com localização geográfica de 07° 13' 50" S de latitude, longitude de 35° 52' 52" W e altitude: 551m.

Nessa comparação, os sensores foram instalados a uma altura de 1,5 m por um tripper, com mensuração em dois horários distintos do dia, das 08:00 às 09:00 horas e das 14:00 às 15:00 horas, em ambiente protegido de intempéries como descreve as normatizações internacionais para mensuração de fenômenos físicos, a ISSO 7730 (1994) - Avaliação do conforto térmico e NBR ISO/IEC 17025 - Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração.

Foi realizada a calibração dos termopares utilizando a temperatura de referência de 22°C e exposição dos termopares a duas temperaturas extremas.

Usando dois métodos - absoluto, onde os termopares a calibrar foram imersos em um meio com temperatura intrinsecamente conhecida, água na fusão de sólido para líquido e no ponto de ebulição; e o método comparativo, neste os sensores a calibrar tem sua indicação comparada com as de um padrão de referência, termômetro de mercúrio.

A coleta dos dados ocorreu através do Spider 8, um sistema eletrônico de para medir sinais elétricos e variáveis mecânicas como resistência, força, pressão, aceleração, temperatura e deslocamento linear. Os dados obtidos são armazenados em um computador por meio do software Catman, software para tratamento de dados (DAQ) que permite a visualização, análise e gravação dos dados durante a medição e a geração de relatórios no formato de tabelas que são exportados para o Excel 2010, podendo ser trabalhado o estudo dos dados por tabelas e gráficos.

O intervalo de coleta de foi de recebimento de dados a cada 5 minutos, no período de 4 horas, o tempo de coleta e o espaço de tempo de recebimento dos dados pode variar de acordo com a necessidade da mensuração no próprio software.

Foi observado as curvas de variação da umidade relativa (UR) ao longo do ensaio e a instalação do equipamento com os dois sensores, o termômetro de bulbo seco e o termômetro de bulbo úmido no software spider 8, para garantir a precisão dos dados, figura 02.



Com os dados transferidos para planilhas do Excel 2010, e usando as equações descritas foi possível obter a umidade relativa:

$$U = \frac{e_a}{e_s} 100 \quad (1)$$

$$ea: e' s - AP.(Ts - Tu) \quad (2)$$

$$- e' s + 0,6108.10 e^{7,5.Tu / 237,3+Tu} \quad (3)$$

Sendo: e's a pressão saturante de vapor à temperatura do bulbo úmido (Tu), dada pela equação de Tetens; P é a pressão atmosférica do local de medida, adotada como 96,0 kPa; E o coeficiente psicrométrico (0,00067 °C⁻¹); e es é a pressão de saturante de vapor à temperatura do bulbo seco (Ts), dada também pela equação de Tetens (kPa).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De fácil construção o psicrômetro aqui descrito foi empregado para determinação da umidade relativa sem perda de qualidade dos dados, e para avaliar a garantia na qualidade dos dados a tabela comparativa com os dados fornecidos pelo INSA, tabela 01, mostra que houve uma aproximação dos resultados.

Tabela 01. Dados climáticos do INSA, média para os dias 12 e 13 de dezembro de 2017

Horário	TBU*	TBS*	UR*
Manhã 08:00 – 09:00 hs	28, 22°C	29,74°C	83,25%
Tarde 14:00 – 15:00 hs	29,04°C	34,56°C	71,60%

Tabela 1. Dados coletados do psicrômetro

Horário	TBU*	TBS*	UR*
Manhã 08:00 – 09:00 hs	27,06°C	29,38°C	84,00%
Tarde 14:00 – 15:00 hs	29,82°C	34,28°C	72,79%

*TBU- Termômetro de bulbo úmido; *TBS- Termômetro de Bulbo Seco; *UR- Umidade Relativa

Comparando os resultados (Tabela 1) que mostra a variação de temperatura e umidade relativa, para o período de estudo, uma média realizada dos dados climáticos dos dias 12 e 13 de dezembro de 2017, com mensurações realizadas pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, observa-se que há uma variação de menos de 1,5°C em relação aos dados coletados, esta variação representa um aumento da temperatura, a variação é repentina à medida que aumenta ou diminui tanto para TBU quanto para TBS, como a umidade relativa é uma função da temperatura, o pequeno aumento da temperatura produziu uma notória redução na umidade relativa. Caso semelhante aconteceu aos estudos descritos por Romero et al. (2017).

Pode-se supor que a energia liberada pelo material empregado na construção assim como a disposição dos sensores pode ter contribuído para a variação dos dados, o que podemos inferir que não sejam tanto significativos já que os resultados foram próximos.

Luna et al. (2015), usando mesmos sensores e software semelhante, obteve resultados com variações menores que 05°, e descreve são factíveis de uso para respostas a dados climáticos. Já Mota et al. (2018) comparou os resultados de um psicrômetro construído com outro comercial e teve variações dos resultados e com erro padrão em torno de 6% e ótimo grau de exatidão (d>0,99), e recomenda-se o uso destes equipamentos para monitoramento agrícola de temperatura e umidade relativa.

Os estudos de Cunha (2013) revelaram também partir de psicrômetro de termopar de cobre, é possível obter medidas de temperatura do ar com boa precisão e exatidão, mas, no entanto, com boa precisão e exatidão nem sempre atingida nas medidas de umidade relativa do ar, devido às dificuldades inerentes ao processo físico que ocorre no bulbo úmido relativas à habilidade, manutenção e a proteção adequada do reservatório devido aos efeitos radiativos, o que se assemelha ao trabalho realizado.

Assim como na obtenção de dados, a aspiração em um psicrômetro de termopar pode ser facilitada pela automatização com o uso de um micrologger, pois a coleta e o registro de dados de forma automática possibilitam a coleta de grande quantidade de dados de temperatura de bulbos seco e úmido, facilitando a determinação da umidade relativa, assim como, à eliminação de erros humanos,

de digitação, perda de dados, sincronismo da leitura entre vários instrumentos e frequência de leitura com intervalos precisos (Vilela et al., 2001; Figueredo Jr. et al., 2006).

Para Marin et al. (2001) o crescimento no uso de sistemas automáticos de aquisição de dados, as medidas de temperatura utilizando-se junções termoeletricas tornaram-se mais fáceis, precisas e baratas, permitindo seu emprego em diversos tipos de estudos.

O desempenho do psicrômetro construído pode ser comparado com um sensor comercial de umidade relativa e temperatura para garantir eficácia dos resultados.

CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos é possível inferir que o psicrômetro tem uma resposta considerada às variações de ambiente impostas.

Pode-se também criar uma base de dados para que se tenha um controle estatístico das medições e pode-se, também, gerar rotinas automáticas para se controlar efetivamente as condições ambientais através de atuadores.

REFERÊNCIAS

- Ahmad, L.; KanthR, H.; Parvaze, S.; Sheraz, S. Mahdi Measurement of Humidity. *Experimental Agrometeorology: A Practical Manual*. p.23-27. 2017
- Bindon, H. H. A critical review of tables and charts use in psychrometry. In: Wexler, A. Humidity and moisture. New York: Reinhold, v.1, p.3-15, 1965.
- Cobaner, M.; Citakoglu, H.; Kisi, O.; Haktanir, T.; Estimation of mean monthly air temperatures in Turkey. *Comput. Electron. Agric*, 109, p.71-79. 2014.
- Fritschen, L. J.; Gay, L. W. Environmental instrumentation. New York: Springer-Verlag, 1979. 212p.
- Guyot, G. Climatologie de l'environnement. Paris: Durrod, p.525, 1999.
- Figueredo, J. R. L. G. M.; Silva, D. N.; Duenhas, L. H.; Botrel, T.A. Construção e calibração de um manômetro de leituras digitais microprocessado. *Irriga*, v.11, p.492-499, 2006.
- Harrison, L. P. Some fundamental considerations regarding psychrometry. In: WEXLER, A. Humidity and moisture. New York: Reinhold, 1965. v.3, p.71-104. 1965.
- Luna, R. G.; Nolasco, A. Q.;Chávez, L. T.; Popoca M. C.; Sistema de adquisición de datos meteorológicos en tiempo real con PLC. *Revista Mexicana Ciencias Agrícola*. v.6 n°8, p. 85 – 96. 2015.
- Mota, W. N.; Alves, J. J.; Evangelista, . W. P.; Casaroli, D. Smut - A Low Cost System For Air Temperature and Humidity Acquisition for Irrigation Management. *Revista Engenharia na Agricultura; Vicosá*. Vol. 26, Ed. 1, p.89-99. 2018.
- Marin, R. F.; Angelocci, L. R.; Coelho Filho, M.; Nova, N. V. A.; Construção e avaliação de psicrômetro aspirado de termopar. *Scientia Agrícola*, v.58, n.4, p.839-844, 2001.
- Nascimento, L. A. B., Análise Energética na Avicultura de Corte: Estudo de Viabilidade Econômica para um Sistema de Geração de Energia Elétrica Eólico fotovoltaico Conectado a Rede. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 141f., 2011
- Seck, M.; Perrier, A. Description d'un psychromètre a thermocouples. Son application a la mesure des gradients d'humidité. In: BUSTARRET, J. *Techniques d'étude des facteurs physiques de la biosphère*. Paris: INRA, 1970. p.440-468. 1991.
- Shirvani, A. Change point analysis of mean annual air temperature in Iran. *Atmospheric Research* v.16, p.91-98. 2015.
- Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.K.; Tignor, M.; Allen, S. K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P. M. Climate change 2013: The physical science basis. Inter-governmental Panel on Climate Change. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5). Cambridge Univ Press, New York. 2013.
- Romero, R. M.; Ramos, C. N.; Pinchi, M. C. Variabilidad climática estacional de la humedad relativa y su correlación con el gradiente de temperatura por efectos calentamiento global en Madre de Dios durante los años 2011-2015. *Mentor Forestal*, v.1, p.46-52, 2017.
- Vilela, L. A. A.; Gervásio, E. S; Soccol, O. J.; Botrel, T. A. Sistema para aquisição de dados de pressão e vazão usando o microcomputador. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v.1, p.25-30, 2001.