

## **AVALIAÇÃO DE SISTEMA ARDUINO PARA MONITORAMENTO DE TEMPERATURA: UMA OPÇÃO DE BAIXO CUSTO**

**ARIK MENDES ESTIMA <sup>1</sup>, ESTHER DE LIRA BERNARDES MOURA <sup>2</sup>, FILIPE ALEXANDRE PEREIRA ALVES <sup>3</sup>, ABELARDO ANTÔNIO DE ASSUNÇÃO MONTENEGRO <sup>4</sup>, RODRIGO SOARES DA COSTA <sup>5</sup>, MOISÉS ALVES DA SILVA NETO <sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife – PE, arik\_estima@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife - PE

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife - PE

<sup>4</sup> Eng. Civil, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife - PE

<sup>5</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife - PE

<sup>6</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife - PE

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** A temperatura do ar é uma variável determinante para o manejo agrícola, e monitoramento agroclimatológico, exigindo monitoramento preciso, tradicionalmente feito por estações meteorológicas, que apresentam alto custo e complexidade de operação. Surge-se a necessidade de tecnologias acessíveis, como o Arduino e o sensor DHT-22. Logo, este estudo buscou avaliar a eficácia do sensor DHT-22 em comparação com a estação meteorológica WRF. Na Universidade Federal Rural de Pernambuco, utilizou-se um Arduino Uno R3 com sensor DHT-22, protegido por um compartimento PVC. Os dispositivos foram programados para medir a temperatura a cada 10 minutos por 24 horas. A partir dos dados obtidos foram calculados:  $R^2$ , RMSE e MAE. O coeficiente de determinação ( $R^2=0,718$ ) mostrou uma forte correlação entre os dados do Arduino e da estação WRF. Além disso, valores de MAE e RMSE corroboraram a eficiência satisfatória e a viabilidade do sistema de Arduino Uno R3 e sensor DHT-22 em comparação com as estações meteorológicas tradicionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arduino, instrumentação, estação meteorológica.

### **ARDUINO SYSTEM EVALUATION FOR TEMPERATURE MONITORING: A LOW-COST OPTION**

**ABSTRACT:** Air temperature is a determining variable for agricultural management and agroclimatological monitoring, requiring precise monitoring, traditionally done by meteorological stations, which have high cost and complexity of operation. There is a need for affordable technologies such as the Arduino and the DHT-22 sensor. Therefore, this study sought to evaluate the effectiveness of the DHT-22 sensor compared to the WRF weather station. At the Federal Rural University of Pernambuco, an Arduino Uno R3 with a DHT-22 sensor was used, protected by a PVC compartment. The devices were programmed to measure temperature every 10 minutes for 24 hours. From the data obtained, the following were calculated:  $R^2$ , RMSE and MAE. The coefficient of determination ( $R^2=0.718$ ) showed a strong correlation between the Arduino and WRF station data. In addition, MAE and RMSE

values corroborated the satisfactory efficiency and feasibility of the Arduino Uno R3 and DHT-22 sensor system compared to traditional weather stations.

**KEYWORDS:** Arduino, instrumentation, weather station

**INTRODUÇÃO:** As mudanças climáticas e o aquecimento global são extremamente impactantes para a agricultura, o aumento das temperaturas tem impactos significativos na produção agrícola causando sério risco de perdas econômicas na colheita e afetando a segurança alimentar humana (SKENDZIC *et al*, 2021). Dados climáticos são de extrema importância para o manejo agrícola, sendo a temperatura do ar uma variável de interesse no monitoramento agroclimatológico. As estações meteorológicas automáticas tradicionais, que possuem alta precisão no monitoramento do clima e do tempo, apresentam em geral um alto custo e complexidade de operação (ELIAS *et al*, 2014). Assim, torna-se necessário a utilização de tecnologias mais acessíveis de monitoramento e obtenção de dados. Dentre as tecnologias de baixo custo existe o Arduino, um sistema apropriado que pode ser facilmente utilizado por usuários não especialistas (CORREIA; ROCHA; RISSINO; 2016). Dessa forma, o trabalho teve como objetivo verificar a eficiência do sensor DHT22 no registro de temperatura e umidade, comparando os dados com os registros fornecidos por estação meteorológica fabricado pela empresa nacional WRF Comercial.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada na zona urbana de Recife - PE. Os equipamentos utilizados na condução do experimento foram uma placa microcontrolador Arduino UNO R3, juntamente ao sensor DHT-22, em conjunto com um módulo micro-SD para armazenamento das leituras e um módulo RTC DS3231 para registro temporal dos dados. Foi desenvolvido um compartimento de PVC com o objetivo de embarcar o protótipo protegendo o dispositivo das intempéries, como chuva e ação do vento. O código utilizado foi desenvolvido na plataforma do Arduino IDE 2.3.2. Para fins de comparação, foram utilizados os dados de leitura da estação meteorológica WRF (Figura 1).



FIGURA 1. Protótipo do Arduino UNO (esquerda) e Estação Meteorológica WRF (direita).

As medições de temperatura e umidade foram programadas para ser realizadas a cada 10 minutos por um período de 24 horas. Os dados registrados foram analisados no Excel para determinação do coeficiente de determinação  $R^2$ , e das métricas de raiz do erro quadrático médio (RMSE - *Root Mean Square Error*) e erro médio absoluto (MAE - *Mean Absolute*

*Error*), definidos pela equação 1 e 2, respectivamente, conforme apresentado por Medeiros (2021). O erro médio absoluto (MAE) é utilizado para mensurar a media dos erros entre os dados modelados e os observados (MEDEIROS, 2021). Já a raiz do erro quadrático médio (RMSE) é utilizado para análise de previsão, indicando que quanto menor o RMSE maior é a capacidade de realizar projeções futuras (SOUSA, 2011).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (2)$$

em que,

n – número de amostras;

$y_i$  – valor observado;

$x_i$  – valor modelado.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Figura 2 é apresentado o gráfico de regressão linear entre os valores de temperatura medidos pela estação meteorológica WRF, no eixo x, e pelo conjunto Arduino e sensor de umidade DHT 22, no eixo y. Na figura 2, é possível observar uma forte correlação positiva entre as leituras do sensor DHT 22 e a estação meteorológica WRF, o que é demonstrado pelo valor de  $R^2$  de 0,718. Silva e Mollo Neto (2020) obtiveram um valor semelhante de  $R^2$  quando compararam os dados de leitura do sensor DHT22 com os dados do sensor Hobbo. Também corroborando com os resultados da presente pesquisa, Melo *et al* (2023) ao desenvolverem e calibrarem um sistema para manejo de irrigação comparando o sistema Arduino-DHT 11 com o método de medição gravimétrico tradicional obtiveram um valor de  $R^2$  de 0,71, o que também demonstra a aplicabilidade de sistemas de baixo custo em campo.

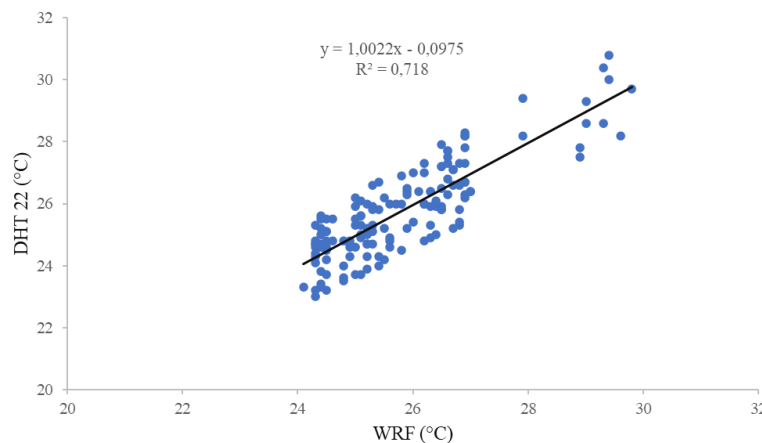


FIGURA 2. Correlação linear dos dados da estação meteorológica WRF e o sistema Arduino – DHT 22.

A partir dos dados coletados foram calculados a raiz do erro quadrático médio (RMSE) e o erro médio absoluto (MAE), com valores de 0,068 °C e 0,6903 °C, respectivamente. Os valores de RMSE e do MAE indicam uma boa validação do modelo. Conforme apresentado por Araújo (2022), valores de MAE entre 0,4 e 0,7 são classificados como satisfatórios, enquanto que valores de RMSE entre 0 e 0,2 são classificados como muito bons.

**CONCLUSÕES:** Dados os índices estatísticos calculados, observou-se uma forte correlação entre os dados obtidos pelo sistema Arduino UNO R3 - DHT-22 e pela estação meteorológica WTF Comercial. Assim, comprovou-se a viabilidade de utilizar o sistema de baixo custo para medição de variáveis agroclimáticas, além de ser um sistema de fácil utilização, o que permite sua utilização por usuários comuns. Sugere-se em trabalhos posteriores a análise de outras variáveis, como a umidade do ar, bem como utilizar períodos maiores para determinação e leitura dos dados pelos sensores.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao MAIDAI (403.488/2020-4), a FACEPE (0485-5.03/23) e ao CNPQ (13046/2022-8) pelo suporte financeiro a pesquisa, e a Universidade Federal Rural de Pernambuco, Laboratório de Água e Solo, pelo apoio institucional.

#### **REFERÊNCIAS:**

ARAÚJO, J. L. P. de. **Desenvolvimento de uma estação meteorológica automática embarcada com o uso da plataforma Thingspeak no município de Belém-PA.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2022.

CORREIA, G. R.; ROCHA, H. R. de O.; RISSINO, S. das D. Automação de sistema de irrigação com monitoramento via aplicativo Web. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 24, n. 4, p. 314-325, 2016.

ELIAS, A. A. de A. *et al.* ArdWeather: Uma estação meteorológica baseada no Arduino e em Web Services RESTful. *In: Safety, Health and Environment World Congress*, 14., 2014, Cubatão – SP.

MEDEIROS, T. G. G. **Análise de modelos de estimação da temperatura de módulos fotovoltaicos aplicados para uma localidade em Fortaleza-CE.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Energias Renováveis) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

MELO, D. A. de *et al.* Development and Automation of a Photovoltaic-Powered Soil Moisture Sensor for Water Management. **Hydrology**, v. 10, n. 8, p. 166, 2023.

SILVA, B. M. da; MOLLO NETO, M. Seleção de sensores para ensaio de performance térmica de telhas para galpões de aves. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020.

SKENDŽIĆ, S. *et al.* The impact of climate change on agricultural insect pests. **Insects**, v. 12, n. 5, p. 440, 2021.

SOUSA, R. C. de. **Análise e comparação de sete métodos numéricos utilizados na determinação dos parâmetros da curva de Weibull aplicados aos dados de velocidade do vento coletados na cidade de Paracuru e Camocim-CE.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.