

www.cbagro2023.com.br

03 a 06 de Outubro de 2023 | Natal - RN



CBAGRO 2023

**XXII Congresso Brasileiro
de Agrometeorologia**

VI ECLIM | X RLA

ANAIS 2023

A Agrometeorologia e a Agropecuária: Adaptação às Mudanças Climáticas

Promoção



Realização



Patrocínio



Apoio



AFERIÇÃO DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS OBTIDOS POR ESTAÇÃO ARDUINO

Leandro Pessoa Nunes¹; **Francinaldo Nunes Pessoa Filho**¹; **Aderson Soares de Andrade Junior**²; **Edson Alves Bastos**²

¹Discente. R. João Cabral - Matinha, Teresina - PI, CEP 64002-150, Teresina, PI. Universidade Estadual do Piauí; ²Pesquisador. Avenida Duque de Caxias, 5650, Buenos Aires, Teresina - PI, CEP: 64008-780. Embrapa Meio-Norte

RESUMO

A tendência atual é que o uso de estações agrometeorológicas automáticas baseadas em sensores de arduino, por apresentar menor custo de aquisição, venham a ser cada vez mais utilizadas nas propriedades rurais. Porém, faz-se necessário uma análise previa da qualidade dos dados obtidos por estas estações para que sua adoção ocorra com maior segurança. Objetivou-se com este trabalho aferir a qualidade dos dados meteorológicos diários obtidos por estação arduino em comparação com os dados de estação agrometeorológica automática padrão INMET. Os dados foram mensurados durante o período chuvoso (21/12/2022 a 30/04/2023) em Teresina, Piauí, com base nos seguintes parâmetros: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar global e precipitação. As comparações estatísticas dos dados foram efetuadas por meio de análise de regressão, aferindo-se os ajustes com base no coeficiente de determinação (R^2), erro absoluto médio (MAE), raiz quadrada do erro quadrado médio (RMSE), coeficiente de correlação de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d) e índice de confiança (c). Houve um ótimo ajuste, significativo pelo teste t , para os dados de temperatura do ar ($R^2=0,9288$; MAE=0.358 °C; RMSE=0.363 °C; $d=0,965$; $r=0,999$; $c=0,964$), radiação solar global ($R^2=0,8411$; MAE=1.268 MJ m⁻²; RMSE=1.272 MJ m⁻²; $d=0,961$; $r=1,000$; $c=0,961$), precipitação ($R^2=0,9816$; MAE=0.947 mm; RMSE=1.605 mm; $d=0,996$; $r=1,000$; $c=0,996$), umidade relativa do ar ($R^2=0,677$; MAE=0.742%; RMSE=0.861%; $d=0,986$; $r=0,994$; $c=0,980$) e velocidade do vento ($R^2=0,6204$; MAE=0.096 m s⁻¹; RMSE=0.104 m s⁻¹; $d=0,852$; $r=0,999$; $c=0,851$). Portanto, a qualidade dos dados climáticos obtidos pela estação Arduino é satisfatória, tendo-se obtido ótimos ajustes ($c \geq 0,85$) para todos os elementos climáticos medidos, indicando ser promissor sua utilização para o monitoramento climático em propriedades rurais.

PALAVRAS-CHAVE: Agrometeorologia; Elementos climáticos; AWS;;

INTRODUÇÃO

No Brasil, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) administra mais de 400 estações, convencionais ou automáticas, espalhadas por todo o território nacional e que monitoram condições climáticas relevantes não apenas para o agronegócio brasileiro, como também para os diversos setores da economia. Contudo, o número de estações meteorológicas instaladas em nosso extenso território ainda é considerado baixo devido a sua importância para os diversos setores da economia, especialmente a agricultura (INMET, 2015).

Encontrar métodos e formas mais práticas de se obter dados meteorológicos como temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar e precipitação, dentre outros, é de suma importância, especialmente de forma automatizada. Nesse contexto, assume importância o emprego de estações agrometeorológicas automáticas com o uso de Arduino, notadamente, por apresentarem baixo custo de aquisição (PALMIERI, 2009).

O Arduino é uma plataforma open-hardware e possui seu próprio ambiente de desenvolvimento baseado na linguagem C, deixando a programação bem intuitiva para iniciantes. Entretanto, a aplicação de Arduino para o registro e monitoramento de elementos climáticos ainda carece de estudos que confirmem confiabilidade a tecnologia.

Alguns estudos já foram conduzidos visando a avaliação da qualidade dos dados climáticos obtidos por estações Arduino em comparação aos registros obtidos por estações meteorológicas que adotam os métodos clássicos de registros de elementos climáticos (TORRES et al., 2015; LIMA, 2021). Estes estudos são influenciados pela qualidade das placas Arduino, bem como pelo próprio processo de fabricação dos sensores (PALMIERI, 2009). Assim, faz-se necessário a avaliação das estações agrometeorológicas que empregam tecnologia Arduino de diferentes marcas e em distintas condições climáticas para apurar a confiabilidade dos dados gerados.

OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo aferir a qualidade dos dados meteorológicos diários obtidos por estação agrometeorológica arduino em comparação com os dados de estação agrometeorológica automática padrão INMET, em Teresina, Piauí

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi efetuado na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí, 05°05' S; 42°48' W e 74,4 m de altitude. Segundo Thornthwaite e Mather (1955), o clima da região é subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão. A série histórica (1980-2020) apresenta temperaturas médias anuais de 28,2 °C, máximas de 33,8°C e mínimas de 22,6 °C, umidade relativa do ar de 69,8 % e precipitação de 1.330,8 mm anuais (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2021).

Foram utilizados dados de duas estações agrometeorológicas: uma do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), considerada como padrão, e outra com tecnologia arduino, com cinco metros de distância entre elas. O período de comparação dos dados foi de 21/12/2022 a 30/04/2023, com um período de dados faltosos, por falhas na coleta, entre 12/04/2023 e 30/04/2023, totalizando 120 registros diários. Foram avaliados os seguintes elementos: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento a 2 m, radiação solar global e precipitação pluviométrica.

Para avaliação da qualidade dos dados obtidos pela estação arduino em comparação a estação INMET (padrão) foi utilizada a análise de regressão linear, por meio do coeficiente de determinação (R^2). Utilizaram-se também os seguintes índices estatísticos: erro absoluto médio absoluto (MAE), raiz quadrada do erro quadrado médio (RMSE), coeficiente de concordância de Willmott (d) (WILLMOTT et al., 1985), coeficiente de correlação de Pearson (r) e coeficiente de confiança de Camargo & Sentelhas (1997) (c). O índice de confiança "c" é representado pelo produto dos índices de precisão "r" e de exatidão "d". Para a interpretação do coeficiente "c" utilizou-se a seguinte escala: Ótimo ($c \geq 0,85$), Muito bom ($0,85 > c \geq 0,75$), Bom ($0,75 > c \geq 0,65$), Mediano ($0,65 > c \geq 0,60$), Sofrível ($0,60 > c \geq 0,50$), Mal ($0,50 > c \geq 0,40$) e Péssimo ($c < 0,40$) (CAMARGO & SENTELHAS, 1997). A análise de regressão e estimativa dos índices estatísticos foi efetuada em planilha eletrônica Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices estatísticos e as análises de regressão dos dados da temperatura média do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar global e precipitação diária entre a estação INMET e arduino são apresentados na Figura 1 e Tabela 1. Todas as variáveis apresentaram ajustes significativo pelo teste t, com valores de R^2 variando de 0,6204 (WS-Med) (Figura 1c) a 0,9816 (P) (Figura 1e). Para os elementos umidade relativa do ar (UR-Med) (Figura 1b), velocidade do vento a 2 m (WS-Med) (Figura 1c), radiação solar global (RS) (Figura 1d) e precipitação (P) (Figura 1e), observou-se subestimativa de 6,4% (UR-Med), 28,6% (WS-Med), 2,5% (RS) e 9,5% (P) dos valores obtidos pela estação arduino em relação a estação INMET (Figuras 1b, 1c, 1d e 1e). Por outro lado, ocorreu superestimativa de 4,3% da temperatura do ar (TMed) medida pela estação arduino em

comparação a estação INMET (Figura 1a). A elevada subestimativa dos valores de WS-Med pode ter ocorrido devido ao fato da velocidade do vento ter alta variabilidade, bem como ao processo de conversão da velocidade do vento a 10 m para 2 m necessária para os dados obtidos pela estação INMET. Resultados semelhantes também foram encontrados por Lima (2021) no município de Jaguaruana, CE, onde observou discrepância dos dados de WS-Med, que por ser convertido para 10 m existe a presença de vegetações ou construções que podem servir de obstáculos. Torres et al. (2015) destacam ter ocorrido compatibilidade aproximada entre os dados gerados pelo modelo de estação meteorológica automática a partir do Arduino e pela estação INMET. A maior diferença entre os dados refere-se aos períodos de pico de temperatura do ar, ressaltando a necessidade do uso do abrigo meteorológico nos modelos de estação Arduino.

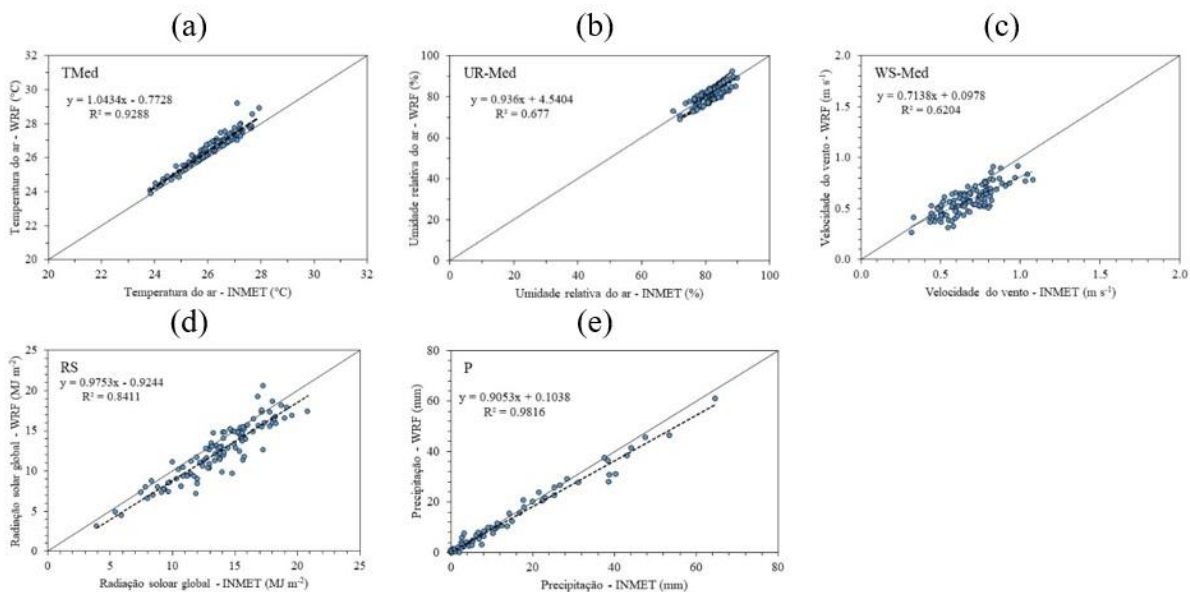


Figura 1: Dispersão e análise de regressão dos dados climáticos obtidos pelas estações meteorológicas do INMET e as produzidas pela estação com placas arduino. (a) Temperatura do ar; (b) Umidade relativa do ar; (c) Velocidade do vento; (d) Radiação solar global; (e) Precipitação.

Figura 1: Dispersão e análise de regressão dos dados climáticos obtidos pelas estações meteorológicas do INMET e as produzidas pela estação com placas arduino. (a) Temperatura do ar; (b) Umidade relativa do ar; (c) Velocidade do vento; (d) Radiação solar global; (e) Precipitação.

Houve ótimo ajuste entre as medidas efetuadas pelas estações INMET e arduino foi observado para os dados de temperatura do ar ($R^2=0,9288$; MAE=0.358 °C; RMSE=0.363 °C; d=0.965; r=0.999; c=0.964), umidade relativa do ar ($R^2=0,677$; MAE=0.742%; RMSE=0.861%; d=0,986; r=0,994; c=0,980), velocidade do vento ($R^2=0,6204$; MAE=0.096 m s⁻¹; RMSE=0.104 m s⁻¹; d=0,852; r=0,999; c=0,851), precipitação ($R^2=0,9816$; MAE=0.947 mm; RMSE=1.605 mm; d=0.996; r=1.000; c=0,996) e radiação solar global ($R^2=0,8411$; MAE=1.268 MJ m⁻²; RMSE=1.272 MJ m⁻²; d=0,961; r=1.000; c=0,961) (Figuras 1a, 1b, 1c, 1e e 1d). Segundo índice de confiança "c" proposto por Camargo & Sentelhas (1997), classifica-se estes ajustes como de ótimo desempenho. De acordo com Lima (2021) estas variáveis estão bem ajustadas tendo ótimo desempenho segundo o índice de confiança proposto por Camargo e Sentelhas (1997). Esse resultado pode ser explicado pela pequena variação entre a maioria dos elementos meteorológicos analisados; contudo a velocidade do vento que apresentou maior dispersão dos dados possui menor influência na estimativa da ETo pela equação de Penman-Monteith.

CONCLUSÃO

A qualidade dos dados climáticos obtidos pela estação Arduino é satisfatória, tendo-se obtido ótimos ajustes ($c \geq 0,85$) para todos os elementos climáticos medidos, indicando ser promissor sua utilização para o monitoramento climático em propriedades rurais.

AGRADECIMENTOS

Ao INMET pelo fornecimento dos dados meteorológicos e à Embrapa Meio-Norte pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. de. **Boletim agrometeorológico de 2020 para o Município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2021. 35 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 281).

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

INMET. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_frame/pdf/Nota_TecnicaRede_estacoes_INMET.pdf. 2015.

LIMA, A. L. O. **Estação meteorológica de baixo custo utilizando arduino**. 2021. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Russas, p. 63. 2021.

PALMIERI, A. M. **Desenvolvimento de sistema automatizado de baixo custo para coleta e armazenamento de dados de variáveis climáticas: aplicações no ambiente agrícola**. 2009. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p. 100. 2009.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. *Climatology*, v.1, n.8, p.1- 104, 1955.

TORRES, J. D.; MONTEIRO, I. O.; DOS SANTOS, J. R.; ORTIZ, M. S. Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 11, n. 2, 2015.

WILLMOTT, C.J. et al. **Statistics for evaluation and comparison of models**. *Journal of Geophysical Research*, Washington, v.0, n.C5, p.8995-9005, 1985.