



## TÍTULO

Precisão e acurácia na medição de temperatura e umidade do ar com sensores de baixo custo integrados à placa Arduino

## AUTORES

Anderson Luiz Zwirtes  
João Victor Olbermann  
Guilherme Martins Cardoso Campos  
Yussef Parcianello

## RESUMO

O objetivo foi avaliar a precisão e a acurácia de sensores termohigrômetros na medição de temperatura e umidade do ar, controlados por uma placa Arduino, em comparação com medições obtidas por um equipamento comercial. Os sensores SHT20, DHT22 e DHT11 conectados ao Arduino foram comparadas o sensor AK174. Indicadores estatísticos, como RQME, RSR e NSE, apontaram o sensor SHT20 como o de melhor desempenho enquanto o DHT11 apresentou o pior desempenho nas variáveis analisadas.

## PALAVRAS-CHAVE

Agrometeorologia; termo-higrômetro; estação meteorológica

## GRANDE ÁREA

CIÊNCIAS AGRÁRIAS (50000004)

## ÁREA

AGRONOMIA (50100009)

## INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A atividade agrícola é fortemente influenciada pelas condições climáticas, pois os elementos e fatores meteorológicos impactam tanto o desenvolvimento de plantas e animais quanto diversas outras atividades no campo (SENTELHAS e MONTEIRO, 2009). Dados sobre temperatura do ar (Tar) e umidade relativa do ar (UR) são fundamentais para a tomada de decisões no manejo agropecuário, o que ressalta a importância da medição precisa desses elementos meteorológicos. Nesse contexto, pesquisas de Yari et al. (2014), Schmidt et al. (2020), e Mannrich e Neves Jr. (2021) propõem diferentes soluções para

coleta de dados usando recursos compatíveis com a plataforma Arduino. Essa alternativa se mostra viável em relação aos equipamentos homologados, que muitas vezes apresentam preços elevados, ultrapassando o orçamento disponível. Em 2022, um projeto de pesquisa desenvolvido no IFSC-SMO resultou na criação de uma estação agrometeorológica de baixo custo, capaz de coletar automaticamente dados de Tar e UR utilizando o sensor SHT20. Embora seja considerado de baixo custo, o SHT20 possui um valor de mercado relativamente alto em comparação aos sensores DHT11 e DHT22, que são amplamente usados para o mesmo propósito. Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar a precisão e acurácia de sensores termohigrômetros na medição automatizada de temperatura e umidade do ar, controlados por placas Arduino, em comparação com medições obtidas por equipamentos comerciais.

## **METODOLOGIA**

O projeto foi desenvolvido entre setembro de 2023 e outubro de 2024. Nesse período, foi criado um algoritmo em C++ capaz de coletar e salvar, a cada minuto, informações de Tar e UR. Com base na placa Arduino, foi montado um sistema de datalogger no qual armazenava as leituras de temperatura e umidade do ar dos sensores DHT11, DHT22 e SHT20. Como equipamento de referência, foram também coletados dados de temperatura e umidade com um datalogger termohigrômetro AK174, com certificado de calibração para ambas as medições. Os sensores foram posicionados dentro de um abrigo meteorológico feito de tubo PVC, projetado para evitar a exposição direta à radiação solar, enquanto permite a circulação livre do ar, instalado a uma altura de 1,5 metros acima do nível do solo. A análise estatística foi conduzida com dados do período de 29 de fevereiro a 25 de maio de 2024. Os dados foram processados para utilizar leituras em intervalos de 15 minutos, resultando em uma amostra de 7.726 registros. O desempenho dos sensores foi avaliado estatisticamente por meio da raiz quadrada média do erro (RQME), da eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE) e da razão entre o RQME e o desvio padrão das observações (RSR) (Moriassi, et al; 2007). Os coeficientes de uma equação linear ( $Y = ax + b$ ) foram ajustados para corrigir os erros nas leituras dos sensores de baixo custo, onde  $y$  representa a leitura de referência, equivalente a leitura do sensor AK174, e  $x$  a leitura correspondente nos sensores de baixo custo.

## **RESULTADOS**

O uso de placa Arduino associada aos sensores termo-higrômetros de baixo custo se mostraram eficientes, indicando que este sistema pode ser amplamente utilizado na coleta de dados de temperatura e umidade do ar. A análise estatística indica que os sensores tem melhor eficiência na mensuração da Tar, enquanto que a UR apresenta um eficiência menor quando comparados aos sensores comerciais. Estes desempenhos podem ser explicados pelo sensor requerido para cada leitura, enquanto o sensor de Tar é um termistor NTC (coeficiente de temperatura negativo) a UR sensor capacitivo que mede a umidade com base em mudanças na capacitância. A análise estatística para a RQME e RSR resultados próximos a zero indicam melhores desempenhos, enquanto para a NSE quanto mais próximos a 1 melhor o desempenho do sensores. Assim, ao analisar as leituras da Tar dos sensores com o sensor de referência, o sensor sht20 teve melhor desempenho com valores 0,374 para RQME; 0,062 para RSR enquanto o NSE ficou em 0,996. O sensor Dht22 teve desempenho intermediário entre os sensores avaliados com 0,508 para RQME; 0,085 para RSR e 0,993 para NSE. O sensor sht11 teve pior desempenho resultando em 0,742 para RQME; 0,124 para RSR e 0,985 para NSE. A mensuração da UR os sensores apresentaram mesma ordem de desempenho observada para Tar. O sensor SHT20 resultou em 4,738 para RQME 0,277 para RSR enquanto o NSE ficou em 0,923. O sensor

Dht22 teve desempenho intermediário com 9,541 para RQME, 0,558 para RSR e 0,688 para NSE. O sensor sht11 teve pior desempenho evidenciado com 14,564 para RQME, 0,852 para RSR e 0,274 para NSE. A correção os valores das leituras de Tar, ajustou-se os coeficientes da equação linear resultando nas equações  $y = 1,012Tar_{sth20} - 0,45$ ;  $y = 0,995Tar_{dht22} + 0,18$  e  $y = 1,003 Tar_{dht11} - 0,493$ . Para correção os valores das leituras de UR devemos utilizar as equações  $y = 1,07 Usht_{20} - 6,1$ ;  $y = 1,25 UR_{dht22} - 11,9$  e  $y = 0,94 UR_{dht11} + 17,3$ .

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sensor SHT20 teve o melhor desempenho seguido pelo sensor DHT22 com desempenho intermediário, enquanto o sensor DHT11 apresentou o pior desempenho para as variáveis analisadas. Na medição da temperatura do ar os três sensores avaliados apresentaram bons resultados. Em aplicações que exijam maior precisão, recomenda-se o uso do sensor SHT20. Quando o objetivo é medir a umidade relativa, o sensor DHT11 não é recomendado devido ao seu desempenho insatisfatório. Observou-se que o sensor SHT20 registrou leituras de umidade relativa (UR) superiores a 100%, o que é fisicamente impossível. Limitar as leituras desse sensor a um valor máximo de 100% pode melhorar seu desempenho estatístico na medição de UR. Em resumo, com ajustes matemáticos apropriados, sensores de baixo custo mostram-se eficientes e uma boa solução para a coleta de dados de temperatura e umidade do ar.

## LINK DO VÍDEO

[https://youtu.be/XQ9SX\\_HFX-Y](https://youtu.be/XQ9SX_HFX-Y)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MANNRICH, J. P.; NEVES Jr., O. R. Proposta de Estação Meteorológica baseada em Internet das Coisas de Código Aberto e Baixo Custo como Ferramenta para Articulação entre novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências/Física na Educação Básica. Revista Novas Tecnologias na Educação. v. 19 nº 2 dez. 2021.

MORIASI DN, ARNOLD JG, VAN LIEW MW, BINGNER RL, HARMEL RD, VEITH TL. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. ASABE. 2007;50:885-900. <https://doi.org/10.13031/2013.23153>

SCHMIDT, L. da R., FREITAS, F. A. L. M., MALDANER, S. Sistema de monitoramento meteorológico através da plataforma Arduino. Ciência e Natura, v. 42, p. e36-e36, 2020

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. A Agrometeorologia dos Cultivos; In: Monteiro, J. E. B. A. Agrometeorologia dos cultivos : o fator meteorológico na produção agrícola Brasília, DF: INMET, 2009. 530 p.

YARI, J., SOUZA, C. C. de, BONO, J. A. M. Miniplataforma de coleta de dados agrometeorológicos utilizando tecnologias livres para agricultura de pequeno porte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 1., 2014, São Pedro, São Paulo. Anais [...] [São Paulo] [2014] [s.p.]

## **AGRADECIMENTOS**

A equipe do projeto agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, pelo apoio recebido, viabilizando a execução das atividades do projeto de pesquisa.