

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE E MINIESTAÇÃO METEOROLÓGICA
COM ARDUINO PARA MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO,
TEMPERATURA E UMIDADE DO AR**

Leoncio Gonçalves Rodrigues¹, Ana Célia Maia Meirelles², Carlos Wagner de Oliveira³

RESUMO: A automação e o emprego de sensores são cada vez mais comuns em diversas atividades agrícolas como a irrigação. Entretanto, a tecnologia nem sempre é acessível para todos, o alto custo associado a algumas tecnologias muitas vezes restringem seu uso, como as estações meteorológicas. Desse modo, é necessário a criação de alternativas tecnológicas de baixo custo, que sejam acessíveis para pequenos e médios produtores ou demais usuários que necessitem de informações sobre os estados do solo e ar. Nesse sentido, objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma miniestação meteorológica que colete e registre em cartão de memória dados de umidade do solo, temperatura e umidade do ar. Em conjunto com a criação de um “software” denominado “Sara” para gerenciamento dos dados. Para tanto, foi utilizado um Arduino Uno R3 e diferentes sensores. O software de leitura e interpretação dos dados foi desenvolvido em linguagem orientada a objeto Java no ambiente Netbeans versão 8.2. Constatou-se que é possível utilizar a estação desenvolvida com sensores de baixo custo e Arduino quando não se dispõe de estações automáticas ou tradicionais.

PALAVRAS-CHAVE: planta, sensor, manejo

**SOFTWARE DEVELOPMENT AND METEOROLOGICAL MINI-STATION WITH
ARDUINO FOR MONITORING SOIL MOISTURE, TEMPERATURE AND AIR
HUMIDITY**

ABSTRACT: Automation and the use of sensors are increasingly common in various agricultural activities such as irrigation. However, the technology is not always accessible to everyone, the high cost associated with some technologies often restrict its use, such as weather stations. Thus, it is necessary to create low-cost technological alternatives that are accessible to

¹ Mestrando em Desenvolvimento Regional Sustentável – UFCA, CEP 63044-110, Rua José Magalhães Landim nº 1051, Juazeiro do Norte, CE. Fone: (83) 98195-0446 e-mail: leonmeid@gmail.com

² Doutora em Engenharia Cível (Recurso Hídricos), Centro de Ciências Agrárias e Biodiversidade, UFCA. Juazeiro do Norte, CE

³ Doutorado Biosystem Engineering, Universidade of Tennessee, Centro de Ciências Agrárias e Biodiversidade, UFCA. Juazeiro do Norte, CE

small and medium-sized producers or other users who need information about the soil and air conditions. In this sense, the objective of this research was to develop a meteorological mini-station that collects and records data on soil moisture, temperature and air humidity on a memory card. In conjunction with the creation of a “software” called “Sara” for data management. For that, an Arduino Uno R3 and different sensors were used. The data reading and interpretation software was developed in object-oriented language Java in the Netbeans version 8.2 environment. It was found that it is possible to use the station developed with low-cost sensors and Arduino when automatic or traditional stations are not available.

KEYWORDS: crop, sensor, management

INTRODUÇÃO

O uso de estações com sensores para o monitoramento do solo e clima é cada vez mais comum, por seu benefício gerado. No entanto, a tecnologia nem sempre está acessível para todos, seu alto custo às vezes a torna inviável para pequenos produtores com recursos limitados ou outros usuários. Alternativamente, circuitos eletrônicos desenvolvidos com Arduino possibilitam a utilização de diversos sensores que são de baixo custo e fácil utilização, podendo ser aplicados em diversos usos (CARDOSO et al., 2018). Esses sensores podem ser empregados para coleta de dados destinados às atividades agrícolas como irrigação.

O emprego de sensores oferece uma série de vantagens como a possibilidade de obter dados diretamente do local desejado, com facilidade, acurácia e precisão. Para Jacinto et al. (2020) será cada vez mais comum no futuro, sistemas de agricultura de precisão, isso porque esses sistemas permitem obter mais clareza e auxiliam na tomada de decisões, a partir de uma base de dados precisas sobre o campo. Desta maneira, a criação de alternativas auxilia o pequeno produtor a manter-se competitivo.

Diante do exposto, objetivou-se desenvolver uma miniestação meteorológica de baixo custo, capaz de ler e armazenar dados de umidade do solo, temperatura e umidade do ar de forma rápida, precisa e barata. Em conjunto com a criação de um software “Sara” para auxiliar na interpretação dos dados e tomada de decisão. Para tanto foi empregado a utilização da plataforma Arduino e o emprego da linguagem Java de programação.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Universidade Federal do Cariri, Crato-CE, localizado geograficamente a latitude de 7° 13' 59. 54" S, longitude 39° 2' 11.76" do meridiano de Greenwich. Para a montagem da miniestação foram adquiridos os componentes eletrônicos: Arduino Uno R3, sensor LDR, módulo SD, sensor DHT11, módulo de umidade do solo LM393 e sensor HL-69, protoboard, adaptador SD, cartão de memória e fios. Para programação do Arduino Uno R3 foi utilizado o Integrated Develop Environment (IDE) do Arduino versão 1.8.13 que utiliza a linguagem C++. Para o intervalo entre leituras foi definido um tempo de 15 min e 60 min, onde os dados são salvos em dois registros diferentes de extensão “.txt”.

O Software para manejo foi desenvolvido em linguagem orientada a objeto Java, por apresentar um grande número de bibliotecas o que facilita o desenvolvimento. O software desenvolvido buscou adotar as boas práticas de desenvolvimento, empregando o modelo de desenvolvimento Model-View-Control (MVC), encapsulamento, testes de unidades e integridade. De acordo com Rodrigues et al. (2021) o MVC trata-se de um padrão de persistência de dados, para comunicação entre entidades, dados e interface gráfica. No Software para manejo denominado “Sara” foram empregadas as equações 1 e 2 para determinar a evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves & Samani (1985) e converter a umidade do solo de leitura digital para leitura percentual (%).

$$Eto = 0,0023(Tmed + 17,8) * (Tmax - Tmin)^{0,5} * (Ra * 0,408) \quad (1)$$

$$Us (\%) = \frac{1024 - Le}{1024} * 100 \quad (2)$$

Em que: Tmed: é a temperatura média do ar, em °C; Tmax: é a temperatura máxima do ar, em °C; Tmin: é a temperatura mínima do ar, em °C; Ra: é a radiação extraterrestre no topo da atmosfera em $Mj m^{-2} dia^{-1}$ (Tabelado); Us: é a umidade do solo para leitura do sensor, em %; Le: é a leitura do sensor em um dado momento; 1024 fator de ajuste; 100 é um valor para conversão decimal para porcentagem.

Os dados de temperatura e umidade do ar de 3 a 8 de agosto de 2021 foram coletados da estação meteorológica Davis da UFCA e comparados com a estação desenvolvida. Para a comparação foi realizado a média dos dados do período para intervalo horário. O sensor de umidade de solo foi inserido em um recipiente com solo tipo Neossolo Flúvico ao qual foi saturado com água e verificado sua leitura até que este fica-se constante solo seco. A Figura 1 ilustra o diagrama de instalação dos componentes eletrônicos.

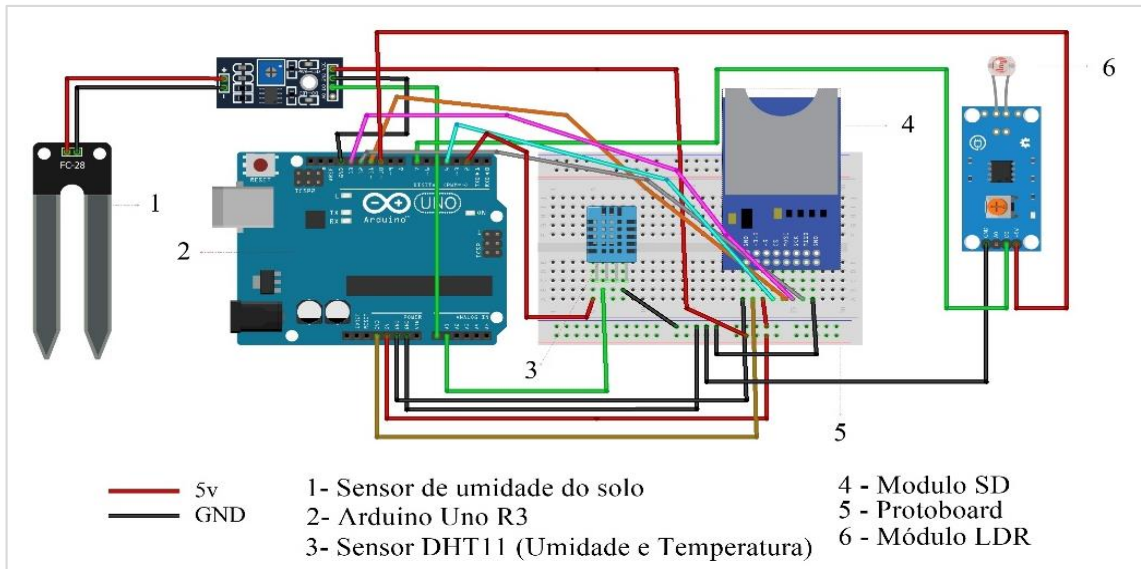


Figura 1. Diagrama de instalação dos componentes eletrônicos que foram acoplados no Arduino uno R3.

A linguagem de programação para miniestação desenvolvida na Interface de Desenvolvimento (IDE) do Arduino em C++ e o software Sara estão disponíveis para download gratuito sob link “<https://irmae.blogspot.com/2021/08/software-sara-e-mine-estacao.html>”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura e a umidade média do ar para o período na estação da UFCA foi de 24,8°C e 60,78%, enquanto, para a mini estação com Arduino 26,97°C e 52,64%. A diferença entre as duas estações foi de 2,17°C para temperatura e 8,14% para umidade no período. Conforme as especificações do sensor este possui uma precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$ para temperatura e $\pm 5\%$ para umidade. Oliveira (2019) utilizou o sensor DHT11 para desenvolvimento de uma miniestação e enfatiza sobre a precisão do sensor, relatando que apesar das limitações de precisão, o baixo custo, torna a miniestação bastante acessível.

O Arduino permite a utilização de outros sensores mais precisos, nesse sentido, sensores como DHT22 podem ser empregados, conforme o Datasheet⁴ este sensor apresenta uma precisão de 0,1°C para temperatura e 0,1°C para umidade. Lacerda Segundo (2020) ao comparar o sensor DHT22 com dados de estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), verificou uma variação para temperatura entre 0 a 8% e para umidade chegando até 12%.

A análise de correlação de Pearson para média dos dados horários de umidade e temperatura entre a estação da UFCA e a Estação com Arduino, apresentaram correlação (r)

⁴ Especificações técnicas sobre o sensor, disponibilizadas pelo fabricante.

positiva de 0,9718 e 0,97 28 para temperatura e umidade, o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,944 e 0,946. Demonstrando que tanto para temperatura e umidade os valores determinados são equivalentes. A Figura 2 ilustra a média horária dos dados da estação da UFCA e a Figura 3 a média horária dos dados da estação Arduino.

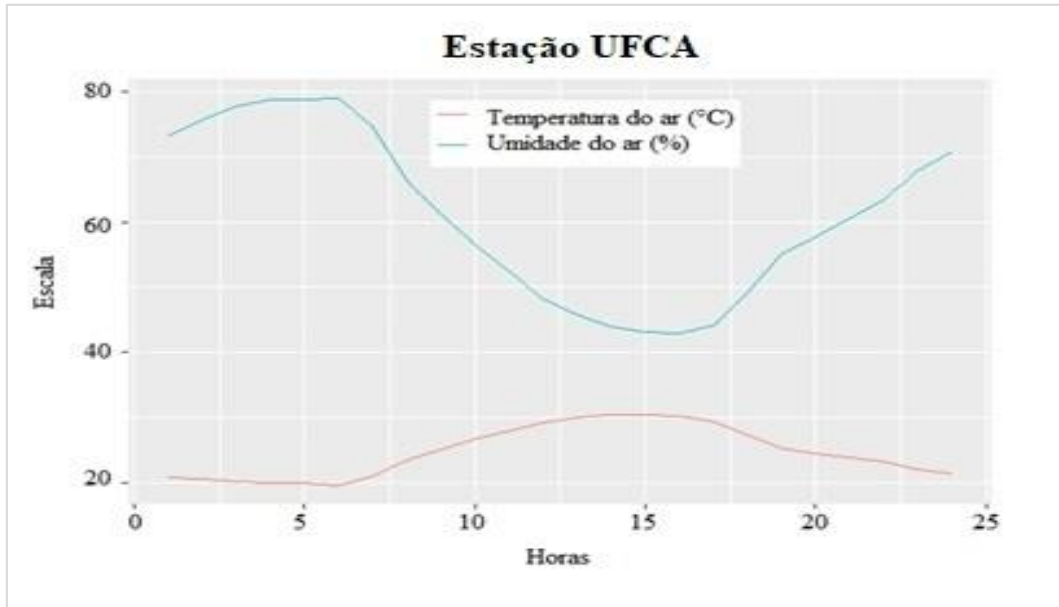


Figura 2. Dados da estação meteorológica da UFCA.



Figura 3. Dados da estação meteorológica com Arduino.

Mota et al. (2018) desenvolveu um sistema semelhante denominado como SMUT, entretanto este utilizou apenas o sensor de temperatura DHT22 e um cartão SD, ao qual verificou um erro em torno de 6% para os dados, quando comparado a outra estação. A boa correlação de Pearson obtida com DHT11, pode estar associada ao fato que para o experimento,

os sensores ficaram condicionados em um recipiente que impedia a incidência de luz direta sobre os mesmos, evitando assim seu aquecimento direto pela ação da radiação.

O sensor do solo registrou a variação da umidade do solo, sendo possível identificar os pontos de máxima e mínima umidade no solo. A conversão do valor de umidade de número digital para percentual auxilia da compreensão da leitura do sensor, onde para umidade máxima do solo registrou valor de 53,3% e a mínima 4,10%, a umidade média foi de 31,58%. Pode-se analiticamente associar esses três valores a capacidade de campo (cc), ponto de murcha (pm) e fator crítico (f). Almeida et al. (2019) em estudos de manejo da irrigação com o sensor higômetro HL-69 concluiu que este tem boa eficiência para controle da umidade do solo, podendo ser utilizado para automatização de sistemas de irrigação. A Figura 4 apresenta a variação da leitura de umidade do solo do máximo ao mínimo.

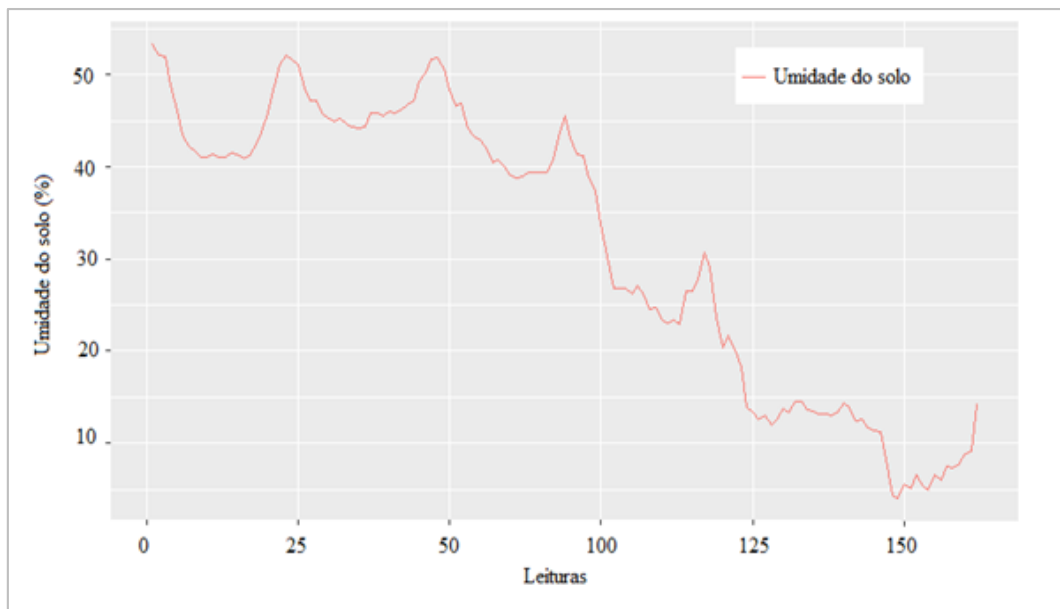


Figura 4. Dados da leitura da umidade do solo.

De acordo com Bernardo et al. (2019) o solo é um meio poroso trifásico, capaz de reter água, nutrientes e dar sustentação as plantas, a umidade do solo está condicionada a sua textura e estrutura, assim, a capacidade de campo e ponto de murcha variam conforme a categoria de solo. Todavia, cada solo possui sua especificidade, Leão et al. (2021) monitorou a umidade do solo utilizando Arduino e o sensor HL-69 e comparou com a curva de umidade do solo, para diferentes solos, obtendo bons resultados para vertissolo háplico com R^2 de 0,90, entretanto, verificou para neossolos flúvico um R^2 de 0,49, o que denota que quanto mais argila no solo melhor a leitura do sensor. Deste modo, é necessário realizar comparações com curvas de retenção do solo de modo a verificar se o comportamento do sensor é o mesmo para diferentes solos e se este equivale à curva de retenção de água no solo.

O software desenvolvido conseguiu ler os dados e gerar gráficos a partir deles, o que facilita no processo de interpretação, sendo ainda possível determinar a ETo pelo método de Hargreaves & Samani (1985), utilizando da temperatura máxima e mínima obtida através do sensor DHT11 na miniestação. A evapotranspiração pode ser utilizada no manejo da irrigação em conjunto com outros softwares como o IrrigaSertão desenvolvido por Rodrigues et al. (2021) para manejo da irrigação localizada.

Os testes de funcionalidades onde foram realizados a inserção de um conjunto de dados e esperado um resultado “retorno” demonstrou que o software retornava os resultados conforme especificado no desenvolvimento. Lima (2019) relata que o teste de funcionalidade busca identificar erros, para estes poderem ser tratados ou corrigidos. A Figura 5 apresenta a interface gráfica do software.

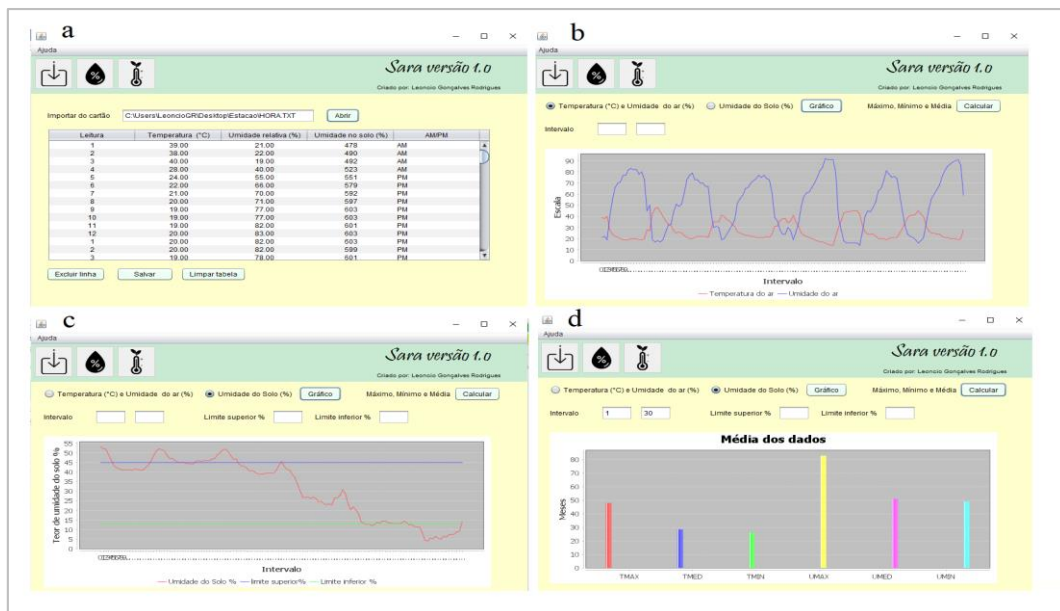


Figura 5. a- tela de importação de dados, b- tela de temperatura e umidade do ar, c- tela de umidade do solo e d – tela de média dos valores.

Com base na funcionalidade da miniestação e do software através de seu uso conjunto, pode inferir que se trata de uma alternativa barata, que apesar de não apresentar a mesma acuraria como uma estação convencional, seu uso se justifica devido ao seu baixo custo, e benefícios por dispor dados climáticos que auxiliem no manejo de atividades agropecuárias e de irrigação. Moreira (2019) também produziu uma miniestação com Arduino e concluiu que seu uso é viável e acessível, do mesmo modo, Sarmiento (2019) constatou que por seu baixo custo comparado com equipamentos profissionais e pela possibilidade de coletar dados e armazenar em cartões seu uso é justificável.

CONCLUSÕES

A miniestação desenvolvida permite coletar dados de temperatura do ar, umidade do ar e umidade do solo armazenando-os no cartão de memória em formato “.txt”. A estação emprega sensores de baixo custo o que torna barata e acessível, indicada para condições onde não se dispõe de outras alternativas, podendo auxiliar no manejo da irrigação e tomada de decisão em atividades agropecuárias. O Software desenvolvido complementa a miniestação e auxilia na leitura e interpretação dos dados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. G. de.; FURTADO, D. A.; MELO, D. F. de.; LEITE, P. G.; SILVA, T. T. S. Sistema automatizado de irrigação em plataforma Arduino. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2019, Palmas, **Anais [...]**. Palmas: 2019. p.1-5. Disponível em: <<https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploadsimce/Contecc2019/Agronomia/SISTEMA%20AUTOMATIZADO%20DE%20IRRIGA%C3%87%C3%83O%20EM%20PLATAFORMA%20ARDUINO.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2021.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. da.; SOARES. A. A. **Manual de irrigação**. Viçosa, UFV, 9ª, 2019. 545p.
- CARDOSO, G. G. de G.; CARVALHO, J. S.; SILVA, J. E. F. MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA ALFACE VIA ARDUINO UNO R3. **IRRIGA**, v. 23, n. 2, p. 273-285, 2018.
- JACINTO, G.; MIRANDA, G.; LASKOSKI, G.; Introdução a agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Evince**, v. 6, n. 1, p. 137-137, 2020.
- LACERDA SEGUNDO, R. T. de. **Micro estação meteorológica aplicada com energia renovável e IOT**. Brasília, UniCEUB, 2020. 43p. Disponível em: <<https://www.jus.uniceub.br/pic/article/view/7442/4688>>. Acesso em: 9 ago. 2021.
- LEÃO, D. V. F.; FILHO, G. S. T.; FREITAS, D. L. A.; OLIVEIRA, C. W.; MATIAS, S. S. R.; BARROS, B. A. A. Avaliação e calibração de sensores de monitoramento da umidade superficial do solo. **Brazilian Journal of Development**. v. 7, n. 3, p. 26294-26305, 2021.
- SARMENTO, F. D. L. **Central de Monitoramento de Variváveis Climaticas Utilizando um Sistema Embarcado**. 2019. 41f., il. Monografia (Curso de Ciência e Tecnologia) -

Universidade Federal Rural do Semi-árido, Pau dos Ferros, RN, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6041/1/FranciscoDLS_MONO.pdf> Acesso em: 25 ago. 2021.

LIMA, A. C. F. **Ferramenta de gestão de riscos aplicada a ambientes de desenvolvimento de software com foco na garantia da qualidade do produto**. 2019. 185f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Computação Aplicada) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

MOREIRA, E. D. M. **Desenvolvimento de uma miniestação meteorológica de baixo custo baseada na plataforma Arduino**. 2019. 48f. Monografia (Graduação) Curso de Redes de Computadores – Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá, Quixadá, 2019, Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/50705/1/2019_tcc_eemmoreira.pdf> Acesso em: 27 ago. 2021.

MOTA, W. S.; JUNIOR, J. A.; EVAGENLISTA, A. W. P.; CASAROLI, D. SMUT - Sistema de baixo custo para aquisição de temperatura e umidade relativa do ar para manejo de irrigação. **Revista Engenharia na Agricultura**. v. 26, n. 1, p. 88-99, 2018.

OLIVEIRA, A. M. A. de. **Protótipo de miniestação meteorológica utilizando plataforma Arduino**. 2019. 32f. Monografia (Graduação) Curso de Ciência e Tecnologia – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Angicos, RN, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/2370/2/AliciaMAO_MONO.pdf> Acesso em: 28 ago. 2021.

RODRIGUES, L. G.; SILVA, R. P. da; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; SOUZA, F. L. M. Desenvolvimento de software para o manejo da irrigação utilizando a evapotranspiração da cultura. **Recodaf**, [s. l], v. 7, n. 1, p. 67-90, 2021.