

DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO

Evandro Machado Tristão¹, Leandro José Cassol²

Universidade La Salle

Canoas RS, Brasil

evandro.201920053@unilasalle.edu.br, leandro.cassol@unilasalle.edu.br

Resumo - O agronegócio no Brasil sempre foi referência de excelência mundial em variedades de culturas, número de safras e produtividade produzidas no ano, e as evoluções tecnológicas sempre acompanharam este cenário e a agricultura de precisão já é realidade nas plantações pelo Brasil. Este artigo visa contribuir para o constante crescimento destas práticas voltadas para a agricultura de precisão. Foi realizado um estudo teórico e a montagem de um protótipo de baixo custo utilizando o microcontrolador ESP32 e sensores, de uma estação meteorológica, que irá disponibilizar dados climáticos daquela microrregião onde a plantação esta situada. Esta ferramenta disponibilizara informações importantes como temperatura, umidade, pressão, altitude, velocidade e direção do vento e volume de chuva, com este dados em mãos poderão tomar uma decisão mais assertiva, por exemplo, de qual a melhor temperatura e vento ele poderá aplicar um defensivo agrícola, com uma pulverização mais precisa com menos danos ambientais e menor custo.

Palavras-chave – Agricultura, estação, meteorológica, umidade, pulverização.

I. Introdução

A agricultura possui papel importante para o extermínio da fome mundial, e com a crescente demanda de alimentos, a produção tem que expandir tendo em vista a sua sustentabilidade, para que não esgote os recursos naturais disponíveis. Para auxiliar neste desafio, esta sendo praticada a Agricultura de Precisão (AP), com o objetivo de elevar a produção, explorando ao máximo o potencial produtivo, reduzindo os custos e aumentando a produtividade da área com menos danos ao meio ambiente.

A pulverização de precisão tem papel importante neste cenário, reduzindo custos e impactos ambientais. Atualmente existem diversas tecnologias que podem ser aplicadas no momento de uma pulverização de precisão, como desligamento automático de seção, detecção de áreas infestadas de ervas daninhas entre outras.

Uma tecnologia de extrema importância é a agrometeorologia, que é o estudo meteorológico aplicados à

agricultura, que realiza o levantamento das condições climáticas que interferem na produtividade agrícola. Com esses dados o agricultor pode traçar estratégias para melhorar a safra.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de monitoramento meteorológico, a fim de suprir uma necessidade de campo, onde o agronegócio tem a necessidade de crescimento de safra, que monitore dados climáticos, e com auxílio de um protótipo de uma estação meteorológica de baixo custo e fácil montagem, para que possa ser utilizada em propriedades rurais, tendo uma melhor precisão de informações climáticas naquela área. Dados climáticos como temperatura, umidade, pressão, velocidade e direção do vento e volume de chuva. Com isso pode se decidir o melhor dia e horário para pulverizar defensivos agrícolas.

II. Estação Meteorológica

A. Temperatura:

A temperatura é uma percepção sensorial do grau de agitação das moléculas, a qual ocorre por causa da energia radiante que atinge a superfície terrestre. Quanto maior for esse grau, maior será a temperatura. Isso ocorre o tempo todo, com todos os objetos. Um corpo com maior grau de agitação das moléculas (mais quente) cede essa agitação a um corpo com menor grau de agitação (menos quente), resultando em um equilíbrio térmico [7].

No ambiente agrícola, isso ocorre de duas maneiras: convecção e condução. A convecção ocorre na atmosfera, e a condução, no solo. Na atmosfera, o aumento de temperatura é o mais significativo efeito da radiação solar.

Os raios solares aquecem a superfície terrestre, por irradiação, a qual por sua vez aquece o ar por condução molecular; em seguida, parcelas mais aquecida próxima do solo se movimentam de modo turbulento e desordenado para camadas superiores levando consigo calor, vapor de água, particulados. [8].

[1] Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade La Salle de Canoas/RS. Artigo apresentado ao Bacharelado em Engenharia Elétrica como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel.

[2] Prof. MSc. Orientador e Professor do curso de Engenharia de Elétrica e Telecomunicações da Universidade La Salle de Canoas/RS.

A. Umidade Relativa do Ar

A umidade do ar é a quantidade de vapor de água contido no ar. Suas principais fontes são os corpos de água (oceanos, rios e lagos), neve ou vegetação. No ar, a quantidade de vapor de água varia de 0 a 4%, caracterizando o ar em seco, úmido ou saturado. A evaporação, isto é, a passagem de um elemento no estado líquido para o estado gasoso, é o principal processo que gera umidade. Existe uma relação direta entre temperatura e umidade. A umidade é maior nos trópicos e diminui à medida que a latitude aumenta. A seguir, um exemplo de como funciona a umidade [9].

Umidade relativa do ar: é uma relação entre a umidade que o ar contém e a quantidade máxima de umidade que o ar poderá conter na mesma temperatura. Assim sendo, um local com 100% de umidade relativa tem 4% de vapor de água [8].

B. Pressão Atmosférica

Denomina-se pressão atmosférica (p) ao peso exercido por uma coluna de ar, com secção reta de área unitária, que se encontra acima do observador, em uma dado instante e local. Fisicamente representa o peso que a atmosfera exerce por unidade de área [9].

Em 1643, Torricelli inventou o barômetro, e demonstrou que o peso da atmosfera no nível do mar sustentaria uma coluna de 10 metros de água, ou uma coluna de 760 mm de mercúrio líquido. Pascal usou o barômetro de Torricelli para mostrar que a pressão diminui com a altitude, levando um barômetro até o Puy de Dome na França [10].

C. Precipitação Pluvial

“Chuva” é o nome comum da precipitação pluvial, e essa é a principal maneira de reposição de água no solo nas regiões tropicais. A precipitação faz parte do ciclo hidrológico, que, junto com a evaporação e a condensação, recicla a água presente no planeta Terra. A precipitação se distribui de forma desigual sobre a superfície terrestre [7].

Para que exista chuva, o vapor de água precisa se condensar ao redor de partículas chamadas núcleos de condensação. Eles são partículas higroscópicas, e podem ser sais de origem marinha, pólen, areia, detritos de chaminés, enfim, qualquer matéria em suspensão no ar tem potencial para ser um núcleo de condensação. Além de contar com os núcleos de condensação, a condensação do vapor de água pode ocorrer de duas outras maneiras: aumento da pressão de vapor por causa da evaporação e da transpiração e por resfriamento. Esses dois processos são concomitantes, porém é mais comum ocorrer a formação de nuvens ou de orvalho em razão do resfriamento [8].

Uma forma de medir a chuva é a altura pluviométrica, ou seja, a altura acumulada de chuva expressa em milímetros. Comumente é utilizada a informação

“milímetros de chuva”, que é a distribuição desses milímetros em uma área.

Desta forma:

$h = 1 \text{ litro de chuva} / 1 \text{ m}^2 \text{ de superfície} = 1.000 \text{ cm}^3 / 10.000 \text{ cm}^2 = 0,1 \text{ cm} = 1 \text{ mm de chuva.}$

D. Vento e suas Origens

Os ventos são deslocamentos de ar no sentido horizontal, em razão da movimentação de massas de ar de diferentes densidades, ou seja, originários de gradientes de pressão. Tendo duas áreas com pressões diferentes, o vento se deslocará da área de maior pressão para a área de menor pressão. No caso dos ventos, não basta saber qual é sua velocidade, sendo importante saber sua direção e sentido, o que o classifica como uma grandeza vetorial. Caso você perceba que há um aumento brusco na intensidade do vento, isso se chamará rajada [7].

O vento, por ser uma grandeza vetorial, é expresso em velocidade e direção. A velocidade pode ser dada em m/s, km/h ou nós, sendo que $1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/h}$ e $1 \text{ nó} = 1,852 \text{ km/h}$. A direção do vento é definida pela sua origem, com 8 direções (norte [N], nordeste [NE], noroeste [NO], sul [S], sudeste [SE], sudoeste [SO], leste [L] e oeste [O]); em graus, essas direções são representadas da seguinte forma: N = $0^\circ = 360^\circ$, NE = 45° , E = 90° , SE = 135° , S = 180° , SW = 225° , W = 270° , NW = 315° . Comumente se escreve “W” em vez de “O” nos equipamentos para não gerar confusões na horas das medições.

O principal equipamento utilizado na obtenção da velocidade do vento é o anemômetro, sendo a velocidade dada por um conjunto de canecas, com o número de giros destas proporcionais ao deslocamento. Esse deslocamento dividido pelo tempo fornece a velocidade média. Já a direção é dada por uma biruta ou cata-vento. Caso o equipamento gere um registro gráfico, esse registro se chamará anemograma. Nas estações convencionais, esse registro é obtido por meio de um sistema de relojoaria, e, nas estações automáticas, os registros são guardados eletronicamente [7].

III. HARDWARE

O hardware do projeto foi de extrema importância para sua validação de sua viabilidade, onde foram pesquisados componentes de confiabilidade alta com um custo reduzido, para que se torna competitivo o projeto.

A seguir irei descrever os hardwares utilizados no projeto, como placa microcontrolada e sensores, dando mais detalhes sobre cada um.

A. Microcontrolador

O módulo utilizado para o projeto foi o ESP32, é um nóculo com microcontrolador versátil e de alto desempenho com Wi-fi e bluetooth integrado, possui baixo consumo de

energia. Com 4MB de memória flash e processador Dual-Core 32-bit.

Por padrão, esse microcontrolador trabalha com pacotes de 12 bits, ou seja, as informações lidas nas portas analógicas variam com uma resolução de 0 a 4095. Utilizando uma lógica proporcional é possível relacionar essas leituras com a tensão na porta. As portas são nomeadas de GPIO, porém várias delas executam mais de uma função. As portas com leitura analógica são divididas em ADC1 e ADC2, sendo preciso se atentar para não fazer o uso das ADC2 durante o uso do microcontrolador com a rede Wi-Fi, já que elas ficam ocupadas com processo de comunicação. [2]

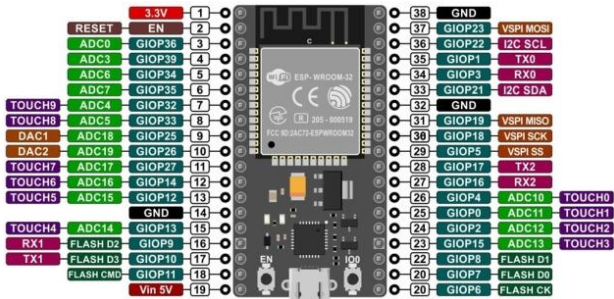


Figura 1 – Pinos ESP32 [3]

B. Sensor BME280

O Sensor BME280 é capaz de realizar a medição de temperatura, umidade e pressão atmosférica, baseado no C.I BME280 da Bosch com comunicação utilizando o protocolo I2C, assim, pode ser facilmente utilizado em projetos com diversos microcontroladores.

A tensão de operação do sensor vai de 1,71V a 3,6V, retornando leituras de temperatura entre -40°C e 85°C, umidade entre 0 a 100% e pressão entre de 300 a 1100hPa com ótima precisão [4].

C. Anemômetro

O anemômetro com corpo construído de conchas de alumínio de 75 mm de diâmetro, diâmetro total de 300 mm, sensor magnético lacrado que suporta velocidades mais de 100 km/h, as quais captam o ar e realizam a rotação do eixo acoplado ao sensor interno que registra a velocidade do vento através de pulsos. Desenvolvido para projetos com microcontroladores, entre eles ESP32.

Internamento o anemômetro possui um reed switch para detectar a velocidade do vento, este equipamento é um interruptor de lâmina com duas lâminas flexíveis e separadas e hermeticamente seladas dentro de um tubo de vidro com atmosfera interna inerte. [13]

Sempre que um campo magnético exerce algum tipo de influencia próximo ao reed switch, a ação do mesmo faz com que as lâminas deste sensor se magnetizem e com isto se unam fechando um contato elétrico e possibilitando a passagem de corrente, corrente a qual gera um pulso para o ESP32 e possibilita a medição da velocidade.

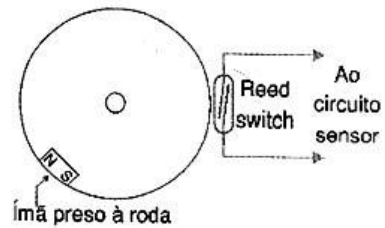


Figura 2 – Circuito interno anemômetro

D. Sensor Direção do Vento

O sensor de indicação da direção do vento possibilita mostrar o movimento do ar em relação à superfície terrestre, figura 3.



Figura 3 – Indicador de direção do vento. [5]

O módulo de verificação do indicador de direção do vento possui um sistema de verificação que se baseia na variação da sua resistência para indicar a direção à qual o vento sopra. Cada direção está diretamente associada a um resistor de 10K, que utiliza um resistor 10K em sua conexão, os valores de funcionamento são os seguintes [5]: Conforme tabela 1.

Resistência (Ohm)	Tensão (V)	Posição do Indicador
10K	1,59	0° - N
20K	0,94	45° - NE
30K	0,66	90° - E
40K	0,51	135° - SE
50K	0,42	180° - S
60K	0,35	225° - SO
70K	0,30	270° - O
80K	0,26	315° - NO

Tabela 1 – Relação tensão x posição. [5]

O sensor de direção do vento possui oito reed switch ligados a oito resistores de 10K distribuídos em uma ligação em série à qual de acordo com o movimento da hélice soma o valor das resistências e retorna valores diferentes de tensão para verificação analógica [5].

Sensor Pluviométrico

O pluviômetro é um instrumento de meteorologia utilizado para coletar e medir, em milímetros lineares a quantidade de precipitação de chuva durante um

determinado tempo e local. É muito usado em estações meteorológicas.

Internamento o pluviômetro com báscula possui um reed switch para detectar a movimentação da gangorra, este equipamento é um interruptor de lâmina, com duas lâminas flexíveis separadas e hermeticamente seladas dentro de um tubo de vidro com atmosfera interna inerte [6]. Conforme figura 4.

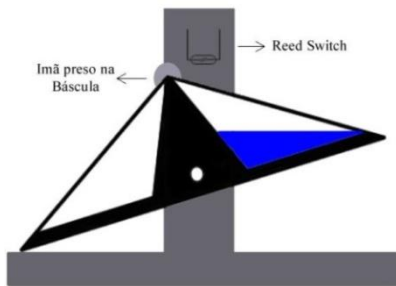


Figura 4 – Funcionamento do pluviômetro. [6]

IV. SOFTWARE

A. Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE)

O software para desenvolvimento desta aplicação foi à interface IDE Arduino de código aberto versão 1.8.12, a linguagem de programação utilizada foi a C++ adaptada. A IDE permite escrever programas e carregá-los em placas microcontroladas, neste caso o projeto utiliza o sistema de desenvolvimento ESP32. Um software gratuito, com vasto material disponível na internet para consulta e pesquisa.

Neste projeto utilizei as bibliotecas que são uma coleção de código que facilita a conexão a um sensor, display, módulo, entre outros. Por exemplo, a biblioteca BME280 integrada facilita a leitura com o sensor. Existem milhares de bibliotecas adicionais disponíveis na internet para download. As bibliotecas integradas e algumas dessas bibliotecas adicionais, para usar as bibliotecas adicionais, você precisará instalá-las [11].

V. IMPLIMENTAÇÃO PRÁTICA

Para o desenvolvimento da estação meteorológica foi necessário a utilização de um equipamento microcontrolador, onde neste tipo de hardware é permitido receber informações geradas pela leitura de sensores e, a partir dessas, processar os comandos para transmitir dados via módulos de comunicação wi-fi. O microcontrolador escolhido na realização deste trabalho foi o TensilicaXtensa LX6, que está integrado ao sistema de desenvolvimento ESP32, o qual está sendo muito difundido na área de projetos devido a sua ampla versatilidade de aplicações, programação em C++ e uso aberto.

A. Desenvolvimento do código

A linguagem C é uma das mais usadas atualmente e é base para tantas outras linguagens como, por exemplo, a linguagem C++, o modelo de execução é relativamente simples, em uma estrutura de pilhas. No momento que uma rotina é chamada, suas variáveis locais são executadas, e quando a rotina se encerra a execução continua na rotina que chamou.

Para o desenvolvimento do código utilizado no ESP32 em linguagem C++ adaptada, foi criado um fluxograma para representá-lo conforme apresentado na figura 5.

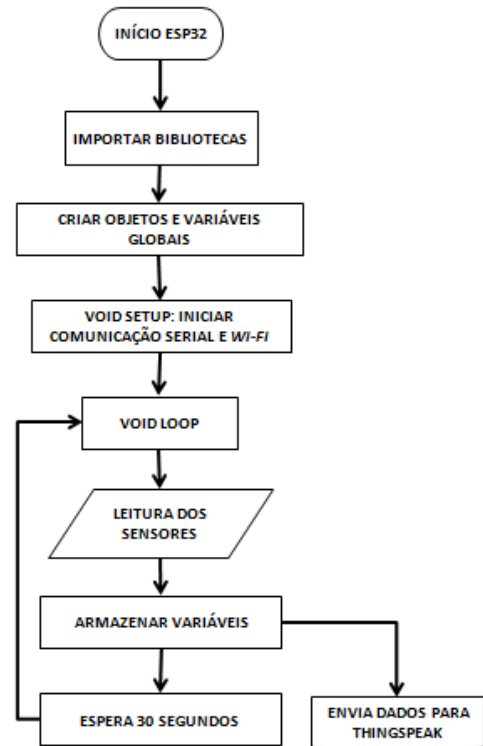


Figura 5 – Fluxograma do código [Próprio].

O código começa realizando a inicialização das bibliotecas que serão necessárias no programa, após começa a declarações de variáveis que serão utilizadas. Assim se inicia a comunicação serial e o wi-fi, depois entram no modo loop onde as funções são executadas inúmeras vezes como leitura dos sensores, armazenamento e processamento dos dados, e transmissão destes para um servidor para visualização em uma página web ou aplicativo.

O código completo da programação da estação metrológica pode ser consultado no anexo I.

Na programação atraso que foi estabelecido entre as leituras eram feitas aproximadamente a cada 30 segundos.

B. Montagem da estação meteorológica

Para a montagem da estação meteorológica foi necessário 01 protoboard, 01 ESP 32, 4 resistores de 10kΩ, 01 sensor BME280, 01 anemômetro, 01 biruta (sensor de

direção do vento), 01 pluviômetro, cabos para conexões elétricas e 01 cabo USB para programação.

Na Figura 11 temos um diagrama de blocos do hardware da estação meteorológica.

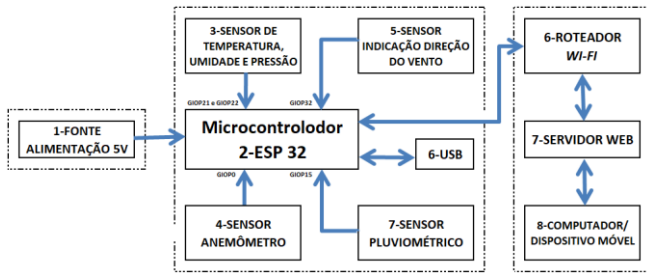


Figura 6 – Diagrama em blocos. [Próprio]

Como podemos observar no diagrama em blocos, temos uma alimentação para o microcontrolador, onde a partir dele alimentamos os sensores e os sensores enviam sinais para as entradas do microcontrolador ESP32. Através de um módulo wi-fi os dados dos sensores após processados pelo ESP32 são enviados para o roteador que se conecta ao servidor web, e daí sim o usuário pode visualizar os dados a partir de uma página web ou aplicativo de Smartphone.

Antes da montagem prática foi realizada em uma simulação virtual no software Fritzing, onde é possível ter uma imagem real de como ficará montado o projeto no protoboard, a seguir uma imagem de como ficou esta simulação.

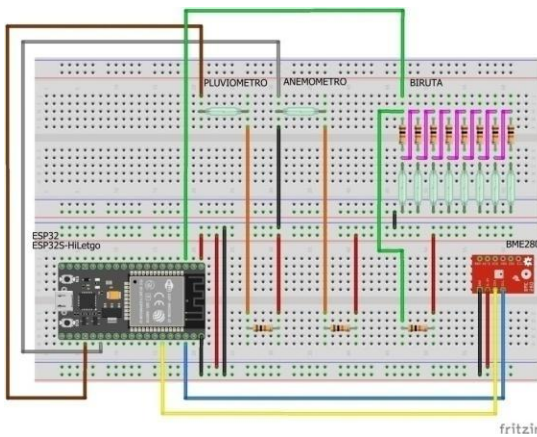


Figura 7 – Conexão dos componentes da estação [Próprio].

Utilizando o esquemático mostrado anteriormente, foi realizada a aquisição dos componentes e a montagem do projeto no protoboard, tornando a execução mais rápida e permitindo fácil alteração do projeto, caso necessário.

Neste projeto utilizei diversos sensores conforme citado anteriormente, e cada sensor terá sua entrada correspondente, se é digital ou analógica. O sensor BME280 que realiza a leitura da temperatura, umidade, altitude e pressão atmosférica estão conectados na entrada I2C pinos GPIO21 e GPIO22, o anemômetro está na entrada digital pino GPIO0, o pluviômetro foi conectado na entrada digital pino GPIO15, já a biruta utilizou uma entrada analógica GPIO32.

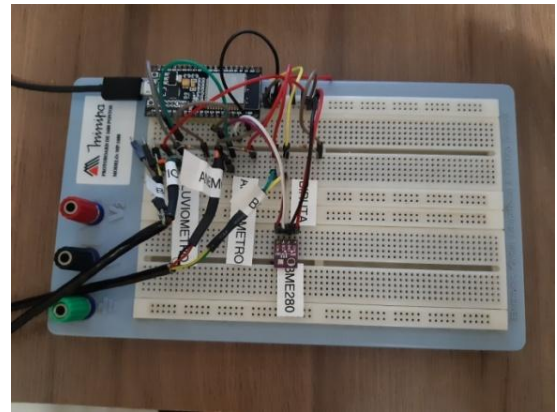


Figura 8 – Montagem circuito. [Próprio]

Após a montagem dos componentes no protoboard, realizei a montagem dos sensores externos localizados em um mastro, conectei ao protoboard nas respectivas pinagens.

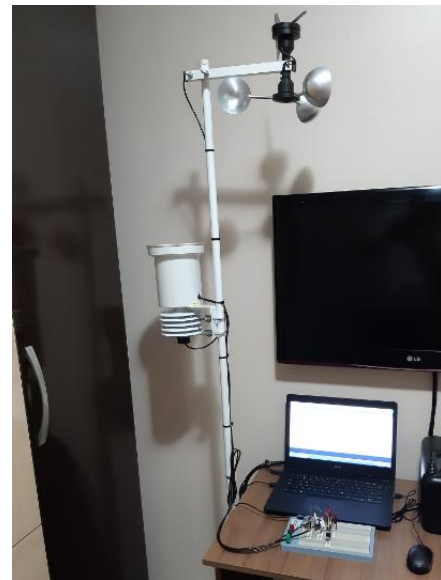


Figura 9 – Montagem estação. [Próprio]

C. ThingSpeak

Para transmissão dos dados foi utilizado o software ThingSpeak, que possibilita a visualização dos dados meteorológica através de uma página na web ou aplicativo de Smartphone.

ThingSpeak é um serviço de plataforma analítica de IoT que permite agregar, visualizar e analisar fluxos de dados ao vivo na nuvem. Você pode enviar dados para ThingSpeak de seus dispositivos, criar visualização instantânea de dados ao vivo e enviar alertas [12].

Com se tem em tempo real os dados meteorológicos e também fica o registro do histórico por data e hora, muito útil para se ter um banco de dados do clima naquela região.

VI. RESULTADOS

A. Dados obtidos

Os resultados obtidos neste projeto foram satisfatórios conforme o esperado no início dele, com pouca variação dos dados obtidos na estação meteorológica do ESP 32 com os da estação meteorológica situada no aeroporto Salgado Filho em Porto Alegre-RS, a mais próxima do local onde estava a estação meteorológica em teste.

Os dados obtidos das duas estações, a estação em desenvolvimento e a estação referência com dados publicados e disponíveis na internet no METAR TAF, está na tabela abaixo.

Estação Meteorológica Salgado Filho - Porto Alegre - METAR TAF							
Data	Hora	Temp. (°C)	Umidade (%)	Pressão (hPa)	Vento (km/h)	Direção	Chuva (mm)
15/05/2021	10h	13	100	1021	2	Oeste	0
	15h	19	78	1019	9	Variável	0
16/05/2021	10h	14	100	1021	4	Variável	0
	15h	19	78	1018	9	Oeste	0
17/05/2021	10h	16	100	1019	15	Oeste	0
	15h	21	64	1017	11	Oeste	0
Estação Meteorológica Projeto							
Data	Hora	Temp. (°C)	Umidade (%)	Pressão (hPa)	Vento (km/h)	Direção	Chuva (mm)
15/05/2021	10h	14	100	1020	1	Noroeste	0
	15h	20	79	1020	7	Sudoeste	0
16/05/2021	10h	12	100	1019	2	Sudoeste	0
	15h	18	80	1020	7	Oeste	0
17/05/2021	10h	18	100	1019	11	Oeste	0
	15h	23	66	1019	14	Noroeste	0
Erro		10%	3%	1%	50%		0%

Tabela 2 – Tabela comparativa entre estações. [Próprio]

Podemos perceber que temos algumas diferenças nas medições, porém os pontos de medição estão a 12 km em linha reta uma da outra, isto pode ser um dos motivos das diferenças nos valores obtidos.

B. Custos

Os custos dos componentes da montagem do protótipo possuem uma diferença significativa em relação a uma estação meteorológica automática no mercado. Essa diferença de preços é bastante notável, e pode ser observada a partir das tabelas 3 e 4 que mostram os custos de cada componente da estação, e os resultados de uma pesquisa de mercado, para os preços das estações automáticas.

Componentes da Estação	Preço
Microcontrolador ESP32	R\$ 40,00
Protoboard	R\$ 20,00
Sensor BME280	R\$ 30,00
Sensor direção do vento	R\$ 160,00
Sensor anemômetro	R\$ 140,00
Pluviômetro	R\$ 170,00
Total	R\$ 560,00

Tabela 3 – Tabela de custos projeto estação. [Próprio]

Estação Automática	Preço
Davis Vantage Pro2 - 6162	R\$ 20.910,00
Davis Vantage Pro2 -6152	R\$ 11.965,00

Tabela 4 – Tabela de custos estações automáticas. [14]

Diante destes custos levantados, a estação proposta neste artigo ficou muito competitiva pelo baixo custo e pelo alto nível de confiabilidade, ficando em um preço acessível.

VII. CONCLUSÃO

Neste artigo foi mostrado em um projeto prático, como uma estação meteorológica de baixo custo é eficaz e muito importante para diversas áreas, principalmente para ajudar os agricultores nas suas plantações, tomando as melhores decisões, baseadas em dados reais na sua propriedade. Foi apresentada a forma de construção de uma estação meteorológica de com um custo reduzido, mas com resultados precisos quando comparados a estações maiores mesmo com algumas limitações do material e simplicidade do projeto.

Levando em consideração a acuracidade nos dados abtidos neste protótipo da estação meteorológica, e os demais modelos de estações meteorológicas que o mercado oferece e este modelo de estação criada a partir do ESP32, possui um custo/benefício bastante atraente e acessível para a maioria das pessoas, e conta com todos os sensores que caracterizam uma estação meteorológica.

As variáveis meteorológicas monitoradas durante o projeto foram coletadas com precisão e exibidas na tela do computador, permitindo que o usuário analise e tome alguma medida para manter ou alterar as características do ambiente com base em suas necessidades, atendendo ao que foi proposto, mostrando a viabilidade tecnológica e econômica do projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] **Filipeflop.** Disponível em:<<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp32-bluetooth/>> Acesso em: 06/04/2021
- [2] **Espressif.** Disponível em:<<https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>> Acesso em: 06/04/2021
- [3] **Mercado Livre.** Disponível em:<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1512770944-esp32-nodemcu-dual-core-com-wifi-e-bluetooth-38-pinos-_JM> Acesso em: 06/04/2021
- [4] **Bosch.** Disponível em:<<https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/humidity-sensors-bme280/>> Acesso em: 06/04/2021

- [5] **Usinainfo.** Disponível em:<<https://www.usinainfo.com.br/blog/indicador-de-direcao-do-vento-com-arduino-melhorando-sua-estacao-meteorologica/>> Acesso em: 06/04/2021
- [6] **Usinainfo.** Disponível em:<<https://www.usinainfo.com.br/blog/pluviometro-arduino-como-sensor-de-chuva-na-estacao-meteorologica/>> Acesso em: 06/04/2021
- [7] **Agrometeorologia e climatologia [recurso eletrônico]** / Elizabeth Lima Carnevskis, Leandro Fellet Lourenço; [revisão técnica: Leandro Fellet Lourenço, Tânia Maria Bayer da Silva]. – Porto Alegre: SAGAH, 2018.
- [8] PEREIRA, R. A.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola.** Piracicaba: USP, 2007. LCE 306.
- [9] VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e climatologia. 2. ed. Recife: [s. n.], 2006. Disponível em:<https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf>.
- Barry, Roger G . Atmosfera, tempo e clima [recurso eletrônico] / Roger G. Barry, Richard J. Chorley ; tradução: Ronaldo Cataldo Costa ; revisão técnica: Francisco Eliseu Aquino . – 9. ed. – Dados eletrônicos . – Porto Alegre: Bookman, 2013.
- [10] **Arduino.** Disponível em:<<https://www.arduino.cc/en/software>> Acesso em: 06/05/2021
- [11] **ThingSpeak.** Disponível em:<<https://thingspeak.com/>> Acesso em 13/05/2021.
- [12] **Usinainfo.** Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/anemometro-arduino-um-sensor-de-vento-para-estacao-meteorologica/>> Acesso em: 20/04/2021
- [13] **Mundo Clima.** Disponível em: <<https://www.mundoclima.com.br/produtos/estacao-meteorologica-davis-vantage-pro2-6162/>> Acesso em: 22/05/2021
- [14] **Protótipo de mini-estação meteorológica.** ALICIA MAYRA ARAÚJO DE OLIVEIRA, RN, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2370>> Acesso em: 17/06/2021

ANEXO I:

```
// Bibliotecas necessárias para o Projeto
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#include <ThingSpeak.h>
Adafruit_BME280 bme;
float temperatura, umidade, pressao, altitude;
// Nome da rede e senha para conexão
const char* ssid = "NETPARQUE - EVANDRO"; // Inserir dados de Rede
const char* senha = "83218477"; // Inserir dados de Rede
// Constants definitions anemometro
const float pi = 3.14159265; // Numero pi
int period = 5000; // Tempo de medida(miliseconds)
int delaytime = 2000; // Tempo entre amostras (miliseconds)
int radius = 147; // Aqui ajusta o raio do anemometro em milímetros
// Variable definitions anemometro
unsigned int Sample = 0; // Número da amostra
unsigned int counter = 0; // Contador magnético para sensor
unsigned int RPM = 0; // Rotações por minuto
float speedwind = 0; // Velocidade do vento (m/s)
float windspeed = 0; // Velocidade do vento (km/h)
// Variáveis biruta
int pin=36;
float valor =0;
int Winddir =0;
// Variáveis pluviômetro
int val = 0; //Valor atual do interruptor reed
int old_val = 0; //Valor antigo do interruptor reed
int reedcount = 0; //Esta é a variável que mantém a contagem de
comutação
float chuva = 0 ; //Variável que armazena o valor do pluviômetro
int intervalSensor = 2000;
long prevMillisThingSpeak = 0;
int intervalThingSpeak = 15000; // Intervalo mínimo para escrever no
ThingSpeak
write é de 15 segundos
const long channelID = 1032351;
const char *WriteAPIKey = "IP4UR0R8N7BL2AT2";
WiFiClient Client;
WebServer server(80);
// Informações de acesso para rede de internet / IP Fixo
IPAddress local_IP(192, 168, 0, 110);
IPAddress gateway(192, 168, 0, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
IPAddress primaryDNS(8, 8, 8, 8);
IPAddress secondaryDNS(8, 8, 4, 4);
//*****
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  if (!WiFi.config(local_IP, gateway, subnet, primaryDNS, secondaryDNS))
  {
    Serial.println("STA Failed to configure");
  }
  bme.begin(0x76);
  Serial.println("Conectando a ");
  Serial.println(ssid);
  // Conecta à Rede Wifi indicada anteriormente
  WiFi.begin(ssid, senha);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi conectado ..!");
  Serial.print("IP obtido: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  ThingSpeak.begin(Client);
```

```
server.on("/", handle_OnConnect);
server.onNotFound(handle_NotFound);
server.begin();
Serial.println("Servidor HTTP iniciado");
// Seto pino de leitura anemometro
pinMode(0, INPUT_PULLUP); // Ativa o resistor pull up interno
// Seto pino de leitura pluviometro
pinMode(15, INPUT_PULLUP); // Ativa o resistor pull up interno
}
//*****
void loop() {
  server.handleClient();
  valor = analogRead(pin)* (3.3 / 4095.0);
  val = digitalRead(15); // Lê o status do Reed Swtich
  if (val==HIGH){ // Se o valor do Reed Swtich for 1 segue
    reedcount = reedcount + 1; // Adiciona +1 na contagem do Reed Swtich
    chuva = (reedcount*0.25); // Multiplica na contagem do reed 0.25mm
    de chuva
  }
  //*****Anemometro
  Sample++;
  windvelocity();
  //RPM
  RPMcalc();
  //m/s
  WindSpeed();
  //km/h
  SpeedWind();
  if (valor <= 0.27) {
    Winddir = 315;
  }
  else if (valor <= 0.32) {
    Winddir = 270;
  }
  else if (valor <= 0.38) {
    Winddir = 225;
  }
  else if (valor <= 0.45) {
    Winddir = 180;
  }
  else if (valor <= 0.57) {
    Winddir = 135;
  }
  else if (valor <= 0.75) {
    Winddir = 90;
  }
  else if (valor <= 1.25) {
    Winddir = 45;
  }
  else {
    Winddir = 000;
  }
  ThingSpeak.writeFields(channelID,WriteAPIKey);
  ThingSpeak.setField( 1,bme.readTemperature());
  ThingSpeak.setField( 2,bme.readHumidity());
  ThingSpeak.setField( 3,bme.readPressure());
  ThingSpeak.setField( 4,bme.readAltitude(1013.25)*(-1));
  ThingSpeak.setField( 5,Winddir);
  ThingSpeak.setField( 6,chuva);
  ThingSpeak.setField( 7,windspeed);
  Serial.println("Dados enviados a ThingSpeak!");
  delay(500);
}
//*****
void handle_OnConnect() {
  temperatura = bme.readTemperature();
  umidade = bme.readHumidity();
  pressao = bme.readPressure() / 100.0F;
  altitude = bme.readAltitude(1013.25)*(-1);
  server.send(200, "text/html", SendHTML(temperatura, umidade, pressao,
  altitude));
```



```

}
void handle_NotFound() {
server.send(404, "text/plain", "Not found");
}
// Medi a velocidade do vento
void windvelocity(){
speedwind = 0;
windspeed = 0;
counter = 0;
attachInterrupt(0, addcount, RISING);
unsigned long millis();
long startTime = millis();
while(millis() < startTime + period) {
}
}
void RPMcalc(){
RPM=((counter)*60)/(period/1000); // Calcula rotações por minuto (RPM)
}
void WindSpeed(){
windspeed = ((4 * pi * radius * RPM)/60) / 1000; // Calcula velocidade do
vento
em m/s
}
void SpeedWind(){
speedwind = (((4 * pi * radius * RPM)/60) / 1000)*3.6; // Calcula
velocidade do
vento em km/h
}
void addcount(){
counter++;
}
//*****
// Informações da página Web criada
String SendHTML(int temperatura, int umidade, int pressao, int altitude) {
String ptr = "<!DOCTYPE html> <html>\n";
ptr += "<head><meta name=\"viewport\" content=\"width=device-width,
initial-scale=1.0, user-scalable=no\">\n";
// Título da Guia da Web.
ptr += "<title>ESTA&Ccedil;&Atilde;O
METEOROL&Oacute;GICA</title>\n";
// Configurações de cor e padrões de exibição
ptr += "<style>html { font-family: Helvetica; display: inline-block; margin:
0px
auto; text-align: center;}\n";
ptr += "body{margin-top: 50px;} h1 {color: #444444;margin: 50px auto
30px;}\n";
ptr += "p {font-size: 24px;color: #444444;margin-bottom: 10px;}\n";
ptr += "</style>\n";
ptr += "</head>\n";
ptr += "<body>\n";
ptr += "<div id=\"webpage\">\n";
// Título impresso na Página Web Criada
ptr += "<p><strong>ESTA&Ccedil;&Atilde;O
METEOROL&Oacute;GICA</strong></p>";
// Informações de Temperatura
ptr += "<p>Temperatura: ";
ptr += temperatura;
ptr += "&deg;C</p>";
// Informações de Umidade
ptr += "<p>Umidade: ";
ptr += umidade;
ptr += "%</p>";
// Informações de Pressão
ptr += "<p>Pressao: ";
ptr += pressao;
ptr += "hPa</p>";
// Informações de altitude
ptr += "<p>Altitude: ";
ptr += altitude;
ptr += "m</p>";
ptr += "</div>\n";
// Informações da biruta

```

```

ptr += "<p>Biruta: ";
ptr += Winddir;
ptr += "&deg;</p>";
ptr += "</div>\n";
// Informações do Pluviômetro
ptr += "<p>Pluvi&ocirc;metro: ";
ptr += chuva;
ptr += "mm</p>";
ptr += "</div>\n";
//Informações de velocidade do vento
ptr += "<p>Velocidade do vento: ";
ptr += windspeed;
ptr += "km/h</p>";
ptr += "</div>\n";
ptr += "</body>\n";
ptr += "</html>\n";
return ptr;
}

```