

IDENTIFICAÇÃO

Nome do Orientador: Rômulo Simões Cezar Menezes

Nome do Aluno: Gabriel Thales Barboza Marinho

Título do Projeto: Desenvolvimento de sistema de monitoramento climático utilizando sensores de baixo custo em plataforma Arduino

RESUMO DO TRABALHO

O projeto teve como objetivo a construção de uma estação agrometeorológica de baixo custo para uso em estudos ambientais na região do Semiárido pernambucano. A necessidade desse projeto partiu do fato de que estações agrometeorológicas comumente disponíveis no mercado possuem um elevado custo de manutenção e aquisição, muitas vezes inviabilizando sua instalação em massa em lugares mais remotos. Para isso, foi construída uma estação agrometeorológica em plataforma Arduino. A estação consiste de 8 sensores que medem as seguintes variáveis agroclimáticas: Temperatura do ar e do solo, umidade do solo, velocidade do vento, precipitação pluvial e CO₂ atmosférico. Uma vez montado, o protótipo da estação automatizada foi instalado no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco para um período de análise da confiabilidade dos dados obtidos, sendo realizadas checagens e calibrações. Para fins de validação comparou-se parte dos dados coletados da estação com o de uma estação profissional instalada em área próxima à estação Arduino. Constatou-se após a análise dos dados de campo que a estação Arduino agrometeorológica é viável em termos técnicos e econômicos, no entanto é necessário ponderar que a fragilidade de certos componentes ainda demanda ajustes no equipamento.

SUMÁRIO

RESUMO DO TRABALHO.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS.....	2
METODOLOGIA	3
RESULTADOS E DISCUSSÃO	5
CONCLUSÕES	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
DIFICULDADES ENCONTRADAS	10
ATIVIDADES PARALELAS DESENVOLVIDAS PELO ALUNO	10

INTRODUÇÃO

A caracterização do clima de uma região é uma representação do comportamento médio baseada em dados diários da condição atmosférica (CRUZ, 2005). Estações meteorológicas são ferramentas fundamentais para monitorar estas condições. Consistem em um conjunto de instrumentos e/ou sensores que possuem como função a captação de dados referentes às diversas variáveis atmosféricas. Estes instrumentos e sensores possuem a capacidade de registrar variáveis como a pressão atmosférica, radiação solar, quantidade de chuva, temperatura do ar, velocidade e direção do vento, umidade do ar, entre outras variáveis, dependendo do objetivo da estação meteorológica. Praticamente, todas as atividades humanas dependem dos dados coletados nas estações meteorológicas, desde o dia a dia do cidadão comum até as mais importantes atividades econômicas, como a agricultura, os transportes, o turismo, etc (VIANELLO, 2011).

As estações meteorológicas podem ser divididas em dois tipos: estações convencionais e estações automáticas. Nas estações automáticas, a coleta de dados é feita de forma totalmente automatizada. Os sensores registram seus respectivos dados meteorológicos e esses dados são captados por algum instrumento de captação de dados, fazendo com que os processos de captação e armazenamento sejam informatizados. Já nas estações convencionais, a presença humana para a coleta de dados é indispensável, pois os equipamentos utilizados são de leitura direta e sistema mecânico de registro.

A pesquisa em climatologia normalmente depende de uma densidade relativamente alta de observações espaciais e temporais, o que dificulta a aquisição de equipamentos e suprimentos básicos para a operação e funcionamento deles, tais como baterias, painéis solares, microcomputadores, em número suficiente para as necessidades de alguns temas de pesquisa dessa área do conhecimento (ARMANI & GALVANI, 2004). No Brasil, ainda não foi estabelecida uma rede de estações meteorológicas suficientemente grande, de modo a atender as necessidades de todo o país. Os pontos de observação meteorológica estão fortemente concentrados nas áreas mais desenvolvidas, deixando um déficit nas áreas remotas, como é o caso do semiárido nordestino. O clima constitui a característica mais importante do semiárido, principalmente devido à ocorrência das secas estacionais e periódicas (MENDES, 1997).

Com esses fatores, é de extrema importância a implementação de estações meteorológicas nessas áreas remotas, pois são as regiões que mais sofrem com as variáveis atmosféricas, afetando tanto as tomadas de medidas políticas socioeconômicas quanto agropecuárias dessas regiões, impedindo ou retardando o desenvolvimento regional. Outro fator importante na hora da implementação de uma estação meteorológica são os recursos econômicos, essas estações devem ser idealizadas de modo a minimizar cada vez mais os gastos, porém os equipamentos meteorológicos costumam ser de alto custo. Diante da dificuldade de aquisição desses materiais, a criatividade é estimulada para construção de equipamentos de baixo custo e de fácil manuseio (MONTEIRO, 1991). Um modo de reduzir esses gastos, é a utilização de tecnologias de baixo custo, como por exemplo o Arduino e seus sensores.

O Arduino é um dispositivo barato, funcional, flexível e de fácil programação, consiste em uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre, composta por um microcontrolador Atmel e circuitos de entrada e saída, podendo ser conectada a um computador e programada via IDE (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) Arduino, software onde escrevemos as linhas de código baseado no que desejamos que a placa faça, utilizando uma linguagem baseada em C/C++. Em termos práticos, um Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele (MCROBERTS, 2011).

Já existem estações meteorológicas prontas baseadas em Arduino, estas estações podem ser adquiridas em diversos sites da internet ou em lojas físicas de eletrônicos. Porém este projeto visa construir uma estação mais completa, pois normalmente as estações já existentes somente apresentam valores de temperatura do ar, umidade do ar e pressão atmosférica.

OBJETIVOS

Coletar dados climáticos no Semiárido pernambucano para subsidiar um repositório de informações agrometeorológicas que possibilitem a formação de uma base de dados para pesquisas voltadas à adaptação e manejo do bioma Caatinga, perante as mudanças climáticas e monitorando possíveis eventos extremos.

- 1) Desenvolver microestação meteorológica de baixo custo utilizando sensores embarcados em plataforma Arduino;

- 2) Realizar calibração e validação da microestação construída por meio de estações convencionais e
- 3) Desenvolver sistema de transmissão em tempo real dos dados climáticos obtidos.

METODOLOGIA DO TRABALHO

A pesquisa foi desenvolvida em duas fases, na primeira fase deu-se o desenvolvimento do equipamento e na segunda a validação dos dados em campo.

Fase 1: Desenvolvimento da estação meteorológica em plataforma Arduino

Acoplada a placa de Arduino Mega 2560 R3 inicialmente instalado um Data Logger Shield, placa que com RTC (Real Time Clock) integrado, tal acoplamento derivou da necessidade de se ter um sistema que gravasse os dados obtidos pelos sensores, assim como a data e o horário desses dados, em um cartão de memória, e posterior análise destes dados.

Uma vez feito isso foram acoplados à placa os seguintes sensores:

Temperatura do ar

Para medir a temperatura do ar, será utilizado o DHT 22, sensor de temperatura e umidade que permite fazer leituras de temperaturas entre -40 a +80 graus Celsius e umidade entre 0 a 100%.

Temperatura do solo (10cm)

Para a temperatura do solo, foi utilizado o mesmo sensor apresentado para se obter a Temperatura do ar, o DHT 22.

Umidade do solo (0-10/10-20cm)

Para umidade do solo foi utilizado o Sensor de Umidade do Solo Higrômetro, sensor que detecta as variações de umidade no solo. Funcionando da seguinte forma: quando o solo está seco, a saída do sensor fica em estado alto e quando úmido, a saída do sensor fica em estado baixo.

Termo higrômetro

Como termo higrômetro, foi utilizado o sensor DHT 22, que como explicado permite fazer leituras de temperaturas entre -40 a +80 graus Celsius e umidade entre 0 a 100%.

Pluviômetro

Para medir a quantidade de chuva foi utilizado um Pluviômetro de Bâscula, que consiste em um módulo mecânico eletrônico desenvolvido especialmente para a construção de estações meteorológicas. Internamente o Pluviômetro de Bâscula conta com uma balsa para aferição da precipitação da chuva, onde a cada 0,25mm o sensor presente no equipamento emite um pulso, o qual pode ser interpretado e lido pelo Arduino.

Anemômetro

Para a captação da velocidade do vento, foi utilizado um Anemômetro Arduino. Internamente o Anemômetro Arduino 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. Sempre que um campo magnético exerce algum tipo de influência 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 Arduino e possibilita a medição da velocidade.

Sensor de Gás Carbônico

Para medir a quantidade de gás carbônico no ambiente, o sensor MQ135, trabalhando com a unidade PPM.

Fase 2. Calibração e Validação em campo

Uma vez montada a microestação meteorológica a mesma foi submetida a calibração em campo para garantir a mesma amplitude entre as leituras. No caso dos sensores de umidade foi ajustada a resistividade para que varie em média entre 150 e 1000 Ohms metro, na presença de ar e totalmente imerso em água, respectivamente. Em seguida, uma segunda calibração foi realizada para converter os valores de resistividade lidos pelos sensores em valores do conteúdo volumétrico de água no solo (SOUZA et al. 2018).

Todo o conjunto foi instalado em uma base de ferro mantida em fase de testes no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (-8.057546, -34.955910) em área aberta por um período de 21 dias.



Figura 1. Microestação instalada no DEN. Fonte: Acervo pessoal do autor.

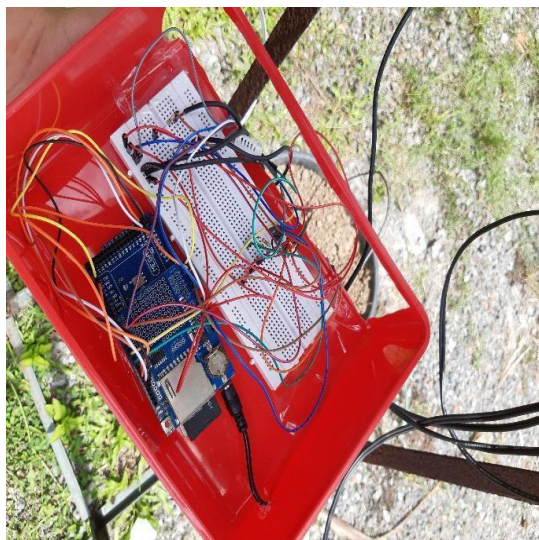


Figura 2. Hardware da microestação. Fonte: Acervo pessoal do autor.

Após esse tempo foi necessário a implementação de novo código de programação para estação, buscando resolver na inconsistência da gravação dos dados no cartão SD e a súbita parada de funcionamento da estação em certos momentos do dia. Este novo código buscou organizar os momentos de leituras dos sensores em blocos, para que a estação não entrasse em conflito e não passasse um grande intervalo de tempo sem realizar nenhuma função. Uma vez garantido o pleno funcionamento do equipamento procedeu-se a fazer de validação dos dados.

A validação dos dados consistiu de comparação dos dados obtidos pela estação Arduino com um de uma estação meteorológica profissional implantada a 500 metros da estação Arduino. A comparação consistiu de comparação de dados durante 5 dias com intervalo de entre leituras de 30 minutos. Foi utilizada para fins de comparação a estação meteorológica RECIFE (A301) do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, localizada no bairro cidade universitária (-8.060000 S, -34.960000 W), estação foi escolhida por ser a mais próxima geograficamente à estação meteorológica Arduino. Estes dados coletados foram utilizados para efeitos de comparação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estação baseada em Arduino coletou um grande número de dados mas para fins de comparação com a estação RECIFE1301 do INMET foram utilizados somente dados de cinco dias, de 04 de setembro de 2020 até 9 de setembro de 2020, totalizando 144 horas (Toma de dados a cada 30 minutos). Os dados foram gravados em cartão de memória, apresentando a seguinte interface:

Hora	Data	Temp. do Ar (°C)	Umidade do Ar (%)	Temp. do Solo (°C)	CO2 (PPM)	Chuva (mm)	Vel. Do vento (m/s)	Umidade do Solo (%)
00:02:10	DIA:04/09/2020:	19.7	93	22.06	400	5	0	10
00:32:19	DIA:04/09/2020:	22.2	95	21.94	400	5	0	27
01:02:28	DIA:04/09/2020:	23.6	95	21.88	400	5	0	13
01:32:36	DIA:04/09/2020:	21.5	94	21.75	413	5	0	21
02:02:45	DIA:04/09/2020:	24.4	95	21.81	417	5	0	16
02:32:54	DIA:04/09/2020:	27.8	95	21.88	408	5	0	30
03:03:03	DIA:04/09/2020:	19.4	93	21.94	408	5	0.37	29
03:33:12	DIA:04/09/2020:	24.3	92	21.94	400	5	1.48	25
04:03:20	DIA:04/09/2020:	23.4	91	21.88	444	6	1.11	22
04:33:29	DIA:04/09/2020:	22.5	90	21.88	400	6	2.59	33
05:03:38	DIA:04/09/2020:	21	93	21.94	400	6	1.11	35
05:33:47	DIA:04/09/2020:	22	83	21.94	404	6	1.48	15
06:03:56	DIA:04/09/2020:	22.9	80	21.94	400	6	1.85	22
06:34:04	DIA:04/09/2020:	23.3	76	22.06	400	6	1.85	21
07:04:13	DIA:04/09/2020:	21.3	71	22.31	400	6	2.59	23
07:34:22	DIA:04/09/2020:	30.7	73	22.88	413	6	1.85	25
08:04:31	DIA:04/09/2020:	25.1	66	23.69	400	6	1.85	6
08:34:40	DIA:04/09/2020:	24.2	61	24.69	431	6	3.33	27
09:04:49	DIA:04/09/2020:	34.8	57	26.5	417	6	2.22	13
09:34:58	DIA:04/09/2020:	28.8	54	27.94	417	6	4.06	17
10:05:07	DIA:04/09/2020:	32.9	57	28.56	422	6	3.69	5
10:35:17	DIA:04/09/2020:	28.8	56	29.56	413	6	2.22	11

Figura 3. Dados da estação Arduino importados para o Excel. Fonte: Acervo pessoal do autor.

Estes dados foram importados para o Excel, onde gráficos foram criados com o intuito de ter uma melhor visualização das leituras e observar eventuais erros de funcionamento, estes gráficos foram baseados em médias diárias:



Figura 4. Temperatura média medida pela estação Arduino e pela estação INMET. Fonte: Acervo pessoal do autor.

Na figura 4 são apresentados dados referentes a temperatura do ar, a estação Arduino apresentou dados similares aos valores observados na estação profissional da rede INMET. De uma forma geral os dados as temperaturas coletadas na estação Arduino foram sutilmente inferiores que o da estação profissional no dia 7/09/2020, o que não implica dizer em diferenças nas grandezas coletadas pelos sensores, mas fatores ambientais no entorno de ambas as estações.

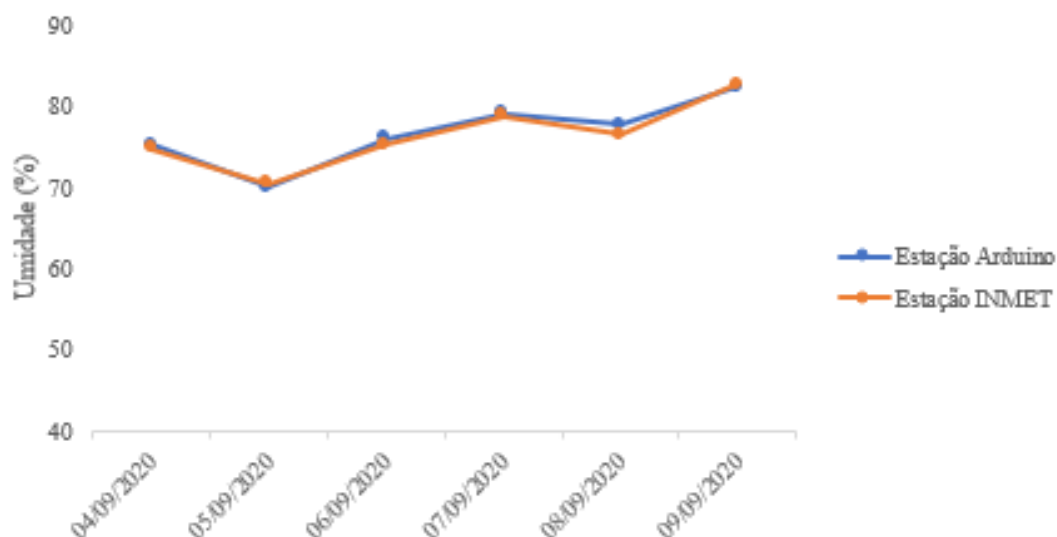


Figura 5. Umidade média do ar medido pela estação. Fonte: Acervo pessoal do autor.

Nota-se na figura 5 que os dados de umidade do ar captados pela estação Arduino se aproximam bastante dos valores observados na estação profissional da INMET. Algumas leves discrepâncias entre os dados podem ser percebidas, o que pode ter sido ocasionado por fatores ambientais ao redor das estações.

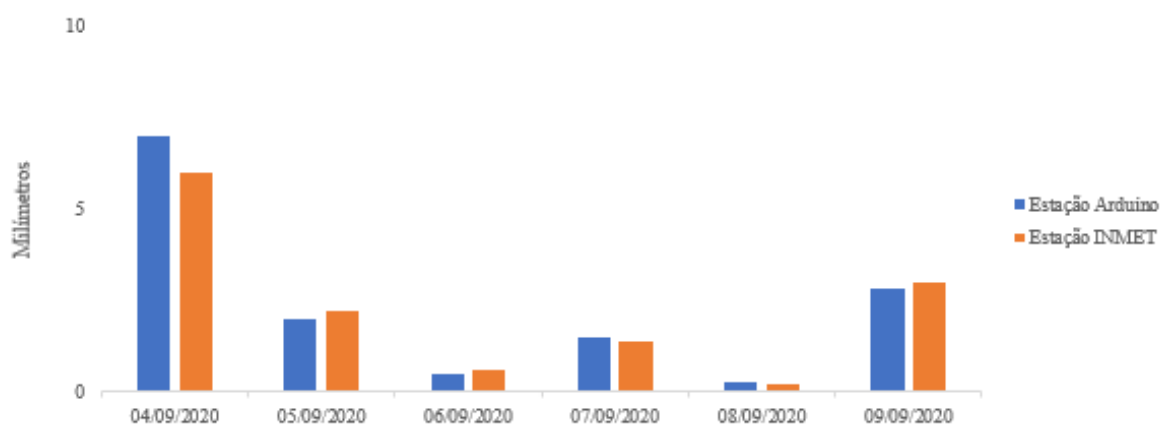


Figura 6. Acumulado de chuva medido pela estação. Fonte: Acervo pessoal do autor.

A figura 6 apresenta os dados de acumulado de chuva diário obtidos pela estação Arduino e pela estação profissional do INMET. As estações apresentaram valores similares, com pequenas diferenças entre os dias que podem ter sido ocasionadas por fatores exteriores. A possível disparidade entre os valores medidos está associada com a precisão inconsistente, em chuvas fortes do pluviômetro de básculas. O erro ocorre devido aos erros sistemático inerentes ao princípio de operação mecânica da báscula, neste caso, o alto fluxo de vazão do tubo do funil causa movimento de inclinação e o volume de água é maior que o nível calibrado pelo fabricante, subestimando a resolução original do equipamento (NASCIMENTO, 2018).

Na figura 7 são apresentados os dados coletados pelo sensor de CO₂. Por não existir esse parâmetro na estação INMET, não foi possível a comparação com um sensor de referência. Por essa razão ampliamos o tempo de análise do sensor (34 dias). Cabe destacar que esse sensor foi previamente aferido com um sensor de medida de CO₂ profissional.

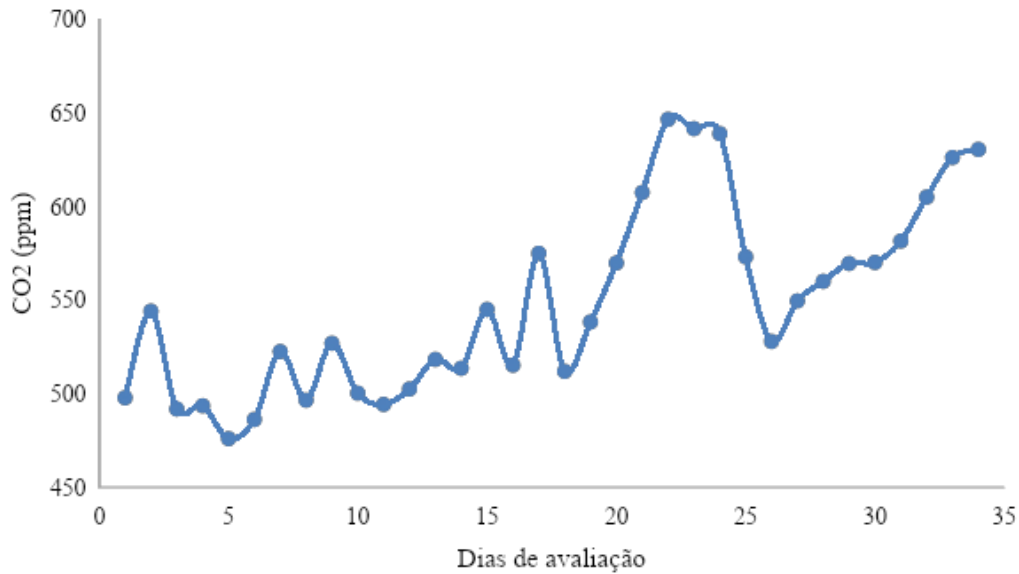


Figura 7. Nível de CO₂ medido pela estação Arduino. Fonte: Acervo pessoal do autor.

O sensor mostrou variações que foram da ordem de 476 ppm no dia 4 de avaliação a 646 ppm no dia 22 de avaliação. A amplitude de dados aqui apresentadas certamente está associado com variações ambientais do local em estudo. Em ambientes urbanos é comum grande oscilação no CO₂ circulante derivado de ações antrópicas locais. A figura 7 expõe a necessidade de ser feito um maior estudo no sensor MQ135.

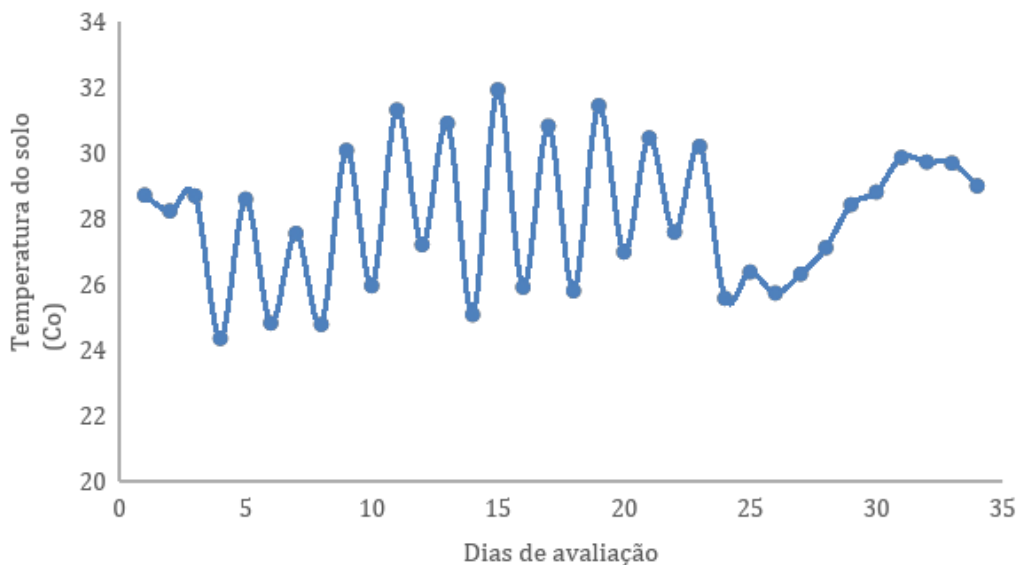


Figura 8. Temperatura do solo medido Arduino. Fonte: Acervo pessoal do autor.

A figura 8 apresenta dados de temperatura do solo. Comparando o gráfico da temperatura do solo com o de quantidade de chuva pode ser observado que a temperatura do solo foi mais baixa nos dias mais chuvosos.

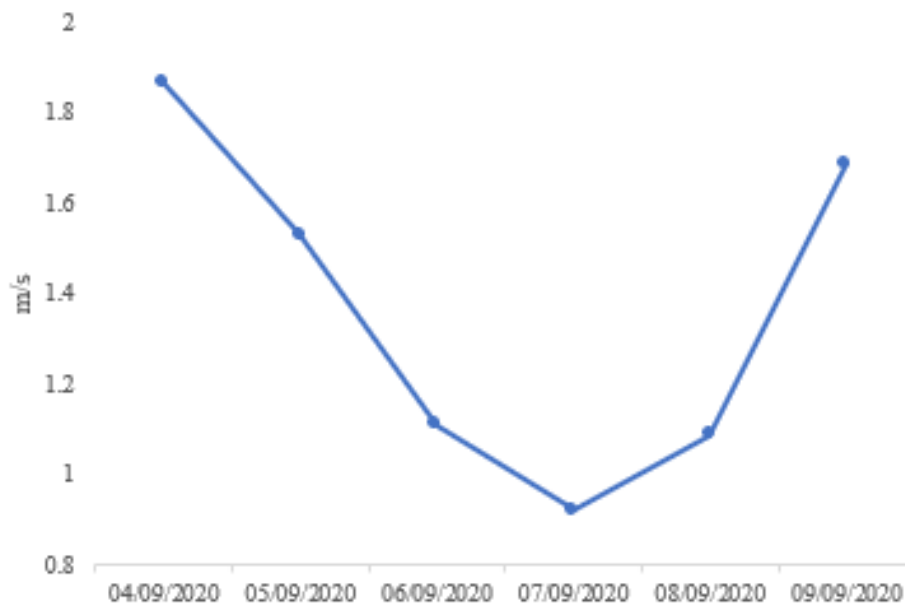


Figura 9. Velocidade média do vento medida pela estação. Fonte: Acervo pessoal do autor.

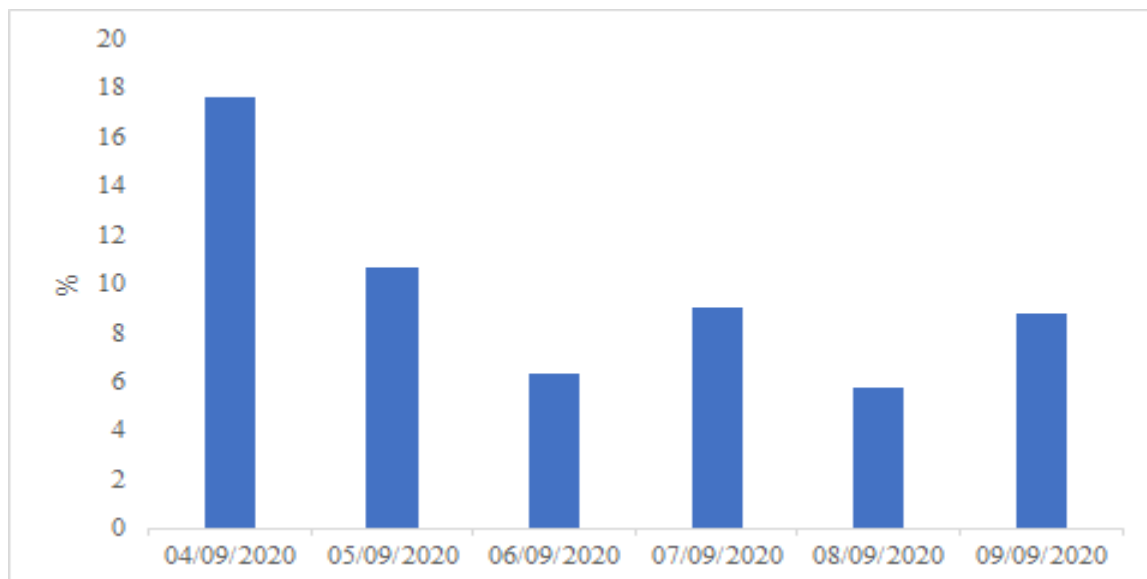


Figura 10. Umidade do solo medida pela estação. Fonte: Acervo pessoal do autor.

Nas figuras 9 e 10, pode-se observar os dados de velocidade média do vento e umidade do solo, respectivamente, coletados pela estação Arduino, dados estes que apresentaram coerência com a realidade. No gráfico de umidade do solo, pode-se observar que os dias que apresentaram o solo mais úmido coincidem com os dias mais chuvosos.

CONCLUSÕES

- 1- As contribuições deste trabalho de pesquisa, para obtenção de dados satisfatórios de uma Estação Meteorológica Automática Otimizada com Arduino, resulta nos seguintes pilares:
- 2- O protótipo Inicial da Estação Meteorológica Otimizada, montado em protoboard, mostrou-se funcional, dessa forma será possível a materialização da arte final - Prototipagem de circuitos Impressos, por meio da construção da placa de circuito impresso para a estação; na

qual, haverá a montagem dos dispositivos da estação: sensores e Datalogger shield para conectar com a placa Arduino mega 2560, definitivamente.

3- A Estação Meteorológica Automática Otimizada com Arduino, caminha agora para sua nova fase que é ser instalada e energizada, através do painel solar, em parcelas de campo do agreste e do sertão de Pernambuco para testes periódicos em campo, e análise de funcionamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, F. N. da. Ciências da natureza e realidade: interdisciplinar/ Franklin Nelson, Gilvan Luiz Borba, Luiz Roberto Diz de Abreu. – Natal, RN: EDUFRRN Editora da UFRN, 2005. 2 p.

VIANELLO, R. L. A estação meteorológica e seu observador: Uma parceria secular de bons serviços prestados à humanidade. INMET, 2011. 4p.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Avaliação do desempenho de um abrigo meteorológico de baixo custo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Piracicaba-SP, v. 14, n.1, p. 116-122, 2006.

NASCIMENTO, Dênis Agüero et do al. Estudo da consistência dos dados de um pluviógrafo de bscula e um pluviômetro convencional na amazônia central/Study of data consistency of a tipping bucket rain gauge and a conventional pluviometer in central amazon. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 2, p. 6060-6071, 2020. Disponível em: <http://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/download/6703/5917>. Acesso em: 29 de jun. 2020.

MENDES, B. V. Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semiárido. Fortaleza: SEMACE, 1997. 108 p. il.

MONTEIRO, C. A. de F. Clima e Excepcionalismo – Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como Fenmeno geográfico. Editora da UFSC, Florianópolis, 1991.

MCROBERTS, Michael. Arduino Básico. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

DIFICULDADES ENCONTRADAS

O Arduino tem como base a linguagem de programao C++, com algumas diferenças e exclusividades, apesar do aluno ter um certo domínio sobre a linguagem C++, algumas vezes foi apresentado complicaes para escrever certas partes mais específicas do código. Também houve pequenas dificuldades em entender o funcionamento de certas bibliotecas utilizadas. A pandemia enfrentada trouxe uma imensa dificuldade pois impossibilitou encontros físicos, manutenes, trabalhos em grupo para desenvolver partes específicas de transmissão de dados e programao, assim, freando o avanço do projeto durante boa parte do período da bolsa.

ATIVIDADES PARALELAS DESENVOLVIDAS PELO ALUNO

Suporte a projetos de instrumentação na área de biodigestão, que nessa etapa representa um sistema de monitoramento de variáveis físicas e químicas em biodigestores da Biorrefinaria de resíduos sólidos da UFPE e programação e montagem de sensores MQ-135 em Arduinos para auxílio em projeto de mestrado.