



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

FRANCISCO DANILLO DE LIMA SARMENTO

CENTRAL DE MONITÓRAMENTO DE VARIVÁVEIS CLIMATICAS
UTILIZANDO UM SISTEMA EMBARCADO

PAU DOS FERROS – RN

2019

FRANCISCO DANILLO DE LIMA SARMENTO

**CENTRAL DE MONITÓRAMENTO DE VARIVÁVEIS CLIMATICAS
UTILIZANDO UM SISTEMA EMBARCADO**

Monografia apresentada á Universidade Federal Rural do Semi-Árido– UFERSA, Centro de Ciências Exatas e Naturais, como obtenção ao titulo de bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador Prof. Pedro Thiago Valério De Sousa.

PAU DOS FERROS – RN

2019

FRANCISCO DANILLO DE LIMA SARMENTO

**CENTRAL DE MONITÓRAMENTO DE VARIVÁVEIS CLIMATICAS UTILIZANDO
UM SISTEMA EMBARCADO**

Monografia apresentada á Universidade Federal
Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro de
Ciências Exatas e Naturais, como obtenção ao
título de bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 20 / 03 / 2014.

BANCA EXAMINADORA

Pedro Thiago Valério de Souza

Prof. Me. Pedro Thiago Valério de Souza

Vinicius Samuel Valério de Souza

Prof. Dr. Vinicius Samuel Valério de Souza

Cecilio Martins de Sousa Neto

Prof. Dr. Cecílio Martins de Sousa Neto

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S243c Sarmento, Francisco Danillo De Lima .
CENTRAL DE MONITÓRAMENTO DE VARIÁVEIS
CLIMATICAS UTILIZANDO UM SISTEMA EMBARCADO /
Francisco Danillo De Lima Sarmento. - 2019.
41 f. : il.

Orientador: Pedro Thiago Valerio Sousa .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2019.

1. Arduino®. 2. Estação Metrológica. 3.
Variáveis Climáticas. I. Sousa , Pedro Thiago
Valerio , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

“Inteligência é a habilidade de se adaptar a mudanças” (Stephen Hawking).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus das varias formas misteriosas e místicas que ele se apresenta, mostrando diferentes faces para diferentes pessoas e colocando sua essência em diferentes crenças ainda que elas discordem entre si.

A minha mãe Dagilvânia por ter doado toda sua existência em favor dos seus filhos sem nunca hesitar ou esperar algo em troca.

Ao meu irmão Denis por mostrar que o conhecimento não era algo assim tão distante de pessoas como nós

Ao meu irmão Daian pelo companheirismo e exemplo de esforço, trabalho e dignidade

A minha irmã Danyelle que pude segurar nos braços, levar a escola e ver crescer, me ensinando o significado de ser irmão.

Aos meus amigos Diogo e Leandro, pelo companheirismo em momentos de descontração e pelo apoio nas adversidades.

Ao meu orientador pela paciência e pela dedicação.

A qualquer ser material ou não que tenha me ajudado neste processo, ainda que sua existência transcenda meu entendimento.

.

RESUMO

Com o passar dos anos passamos a compreender a importância do estudo dos fenômenos climáticos, nos tornamos capazes de fazer previsões e aperfeiçoar inúmeras atividades humanas através da compreensão do clima. Neste contexto se faz necessário o estudo de formas cada vez mais acessíveis de monitoramento do clima, tendo em vista que grande parte dos equipamentos ainda não apresenta um custo acessível. O presente trabalho tem como objetivo demonstrar uma possível forma de construção de uma central de monitoramento de variáveis climáticas utilizando um sistema embarcado, através de um microcontrolador Arduino e alguns sensores se faz possível a medição de variáveis como: precipitação de chuvas, umidade relativa do ar, temperatura, velocidade do vento e umidade do solo. O presente trabalho também demonstra que os dados obtidos através dos sensores podem ser armazenados através de um datalogger para utilizações futuras. O custo total do projeto assim como a comparação com modelos do mercado é feito afim de atestar sua viabilidade econômica

Palavras-Chaves: Arduino®, Estação Metrológica, Variáveis Climáticas.

ABSTRACT

Over the years we have come to understand the importance of the study of climatic phenomena, we become able to make predictions and perfect countless human activities through understanding the climate. In this context, it is necessary to study more and more accessible forms of climate monitoring, since most of the equipment is not yet affordable. The present work aims to demonstrate a possible way of building a monitoring center for climate variables using an embedded system through an Arduino microcontroller and some sensors it is possible to measure variables such as rainfall, relative humidity, temperature, wind speed and soil moisture. The present work also demonstrates that the data obtained through the sensors can be stored through a datalogger for future uses. The total cost of the project as well as the comparison with market models is done in order to attest its economic viability.

Keywords: : Arduino®, Metrological Station, Climatic Variables.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Diagrama de Blocos do Sistema.....	20
Figura 2.2 – Diagrama de Funcionamento do Sistema.....	22
Figura 2.3 – Placa Arduino® UNO.....	23
Figura 2.4 – Sensor DHT11.....	24
Figura 2.5 – Anemômetro utilizado na estação.....	25
Figura 2.6 – Sistema de Acionamento de um Pluviômetro de Báscula.....	26
Figura 2.7 – Pluviômetro de Báscula utilizado no trabalho.....	27
Figura 2.8 – Sensor de umidade do solo.....	28
Figura 2.9 – Display LCD.....	29
Figura 2.10 – Ligação do Display LCD com o Arduino.....	30
Figura 2.11 – Módulo Micro SD.....	30
Figura 2.12 – Módulo Relógio Tempo Real.....	31
Figura 3.1 – Teste do sensor de umidade do solo.....	34
Figura 3.2 – Teste do sensor em contato com o ar.....	35
Figura 3.3 – Teste do Pluviômetro.....	35
Figura 3.4- Teste Anemômetro.....	36
Figura 3.5- teste DHT11.....	36
Figura 3.6 - Resultados obtidos para o Datalogger.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Especificações do Microcontrolador ATMega 328p.....	22
Tabela 2.2- Funcionalidades em <i>hardware</i>	22
Tabela 2.3 - Especificação de conexões do protótipo.....	32
Tabela 2.4 – Especificações de Versão com datalogger.....	32
Tabela 3.1 – Preços estimados para os componentes da estação meteorológicas.....	38
Tabela 3.2 - Preços de estações presentes no mercado.....	38

LISTA DE SÍMBOLOS

®	Marca registrada
V	Volts
cm	Centímetro
nº	Número
Kb	Kilobyte
MHz	Mega-hertz
°C	Grau Celsius
%	Porcentagem
±	Mais ou menos
µA	Microampère
mA	Miliampère
s	Segundo
mm	Milímetro
Ω	Ohm
R\$	Real

SÚMARIO

1 -INTRODUÇÃO.....	14
1.1 - Estado da Arte	15
1.2 - Justificativa.....	16
1.3 -Objetivos	17
1.3.1 - Objetivo Geral	17
1.3.2 - Objetivos Específicos	17
1.4 – Organização do Trabalho.....	17
2 - ESTAÇÃO METEoROLÓGICA PROJETADA	18
2.1 - Estações meteorológicas.....	18
2.2 – Estação Meteorológica Projetada	18
2.3 – Microcontrolador Utilizado	22
2.4 - Medição da Temperatura e da Umidade Relativa do Ar	24
2.5 -Medição da Velocidade do Vento	25
2.6 - Medição da Precipitação da Chuva	26
2.7 - Medição da Umidade do Solo	27
2.8 – Sistema Periférico	28
2.8.1 -Display LCD 16x2.....	29
2.8.2 -Módulo Micro SD	30

2.8.3 - Módulo Relógio Tempo Real RTC- DS1302.....	31
2.9 - Montagem física dos componentes.	31
3- Resultados e Discussões	34
3.1 -Análise do sensor de umidade do solo	34
3.2 - Análise do pluviômetro	35
3.3-Análise do anemômetro	36
3.4 - Análise do sensor de temperatura e umidade do ar	36
3.5 - Análise do <i>Datalogger</i>	37
3.6 - Análise de preços.....	38
4 Considerações Finais	40
5 Referências	41

1 -INTRODUÇÃO

A existência de qualquer forma de vida em um determinado local é função da adaptação da energia disponível no ambiente (Lazzarotto, 1995). Desta forma se fez necessário a compreensão do ambiente que nos rodeia, e conseqüentemente dos fenômenos climáticos.

O estudo das variáveis climáticas corresponde a um assunto de grande importância para o desenvolvimento de cidades, da agricultura e do planejamento espacial (Morais, 2016). Observando tal importância, o homem buscou criar dispositivos que fossem capazes de medir variáveis ambientais em sua volta (Morais, 2016).

O desenvolvimento da compreensão dos fenômenos climáticos como uma ciência ocorreu por volta do século XVI, com o surgimento dos primeiros equipamentos capazes de medir variáveis climáticas como o termômetro e o barômetro (Mota, 1976).

Atualmente os avanços na área da meteorologia são de suma importância para o desenvolvimento humano e tecnológico em várias áreas, tais como: agricultura, aviação, navegação e etc. Desta forma o estudo da viabilidade da construção de centrais de monitoramento de variáveis climáticas, e armazenamento destas variáveis se mostra de importância bastante significativa.

Diante desse cenário, nota-se a grande importância do estudo de estações meteorológicas. Todavia, a quantidade de dados meteorológicos colhidos no Brasil ainda é muito baixa comparada com outros países. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET existem apenas quatrocentas estações meteorológicas no Brasil, esse fato expõe a necessidade do desenvolvimento do estudo da automação da coleta desses dados.

Este trabalho propõem estudar viabilidade de construir uma pequena estação meteorológica que seja capaz de medir as seguintes variáveis climáticas:

- Temperatura
- umidade relativa do ar
- Umidade do solo
- velocidade do vento e

- precipitações de chuva.

O sistema projetado deve exibir as grandezas das variáveis medidas em um display LCD, e armazenar os dados medidos em um cartão micro SD (gerando um *Datalogger*), de forma que os dados possam ser consultados posteriormente pelo administrador da estação meteorológica. O sistema será implementado em uma plataforma Arduino UNO®, visando um baixo custo em sua implementação.

1.1 - Estado da Arte

A construção de centrais de monitoramento de variáveis climáticas já foi o foco de alguns trabalhos. Dentre estes projetos, dois serviram como apoio na idealização e construção do presente trabalho.

O primeiro deles, o autor Quaresma Maia demonstra os passos da construção de uma mini estação meteorológica de baixo custo, utilizando sensores de preços acessíveis: e um microcontrolador, o sistema apresentado pelo autor é capaz de medir variáveis como: temperatura, umidade, velocidade do vento e índice pluviométrico. Para fazer a medição de velocidade do vento o autor projeta um anemômetro artesanal utilizando um sensor de efeito hall. Seu projeto obtém êxito em demonstrar de forma clara a construção do projeto, assim como a análise econômica dele. Porém o sensor construído de forma artesanal (velocidade do vento) apresentou uma porcentagem de erro de cerca de 35% quando comparado com equipamentos profissionais calibrados, o projeto do autor não é capaz de armazenar as variáveis medidas.

No segundo trabalho o autor Gomes Moraes que assim como o projeto citado anteriormente, também atenta no seu trabalho para o desenvolvimento de sensores de baixo custo para medição de velocidade e direção do vento utilizando sensores de efeito hall, o trabalho do autor é capaz de armazenar esses dados para análises futuras. O Autor consegue explicar com clareza os diferentes tipos de anemômetro e suas aplicações. Em seu resultado final, o autor demonstra seus dados colhidos e faz uma breve análise dos dados. Porém seu trabalho é voltado apenas para uma variável climática sendo insuficiente para a construção de uma central de monitoramento.

O presente trabalho se propõe a construir uma central de monitoramento com maior número de variáveis monitoradas, porém diferente dos trabalhos citados, sem pretensão de construção de sensores, mas com a utilização dos já disponíveis no mercado. Indo além este projeto também tem como foco não só a coleta dos dados, mas também seu armazenamento em um cartão SD.

O projeto teve seu custo comparado a três estações presentes no mercado: Davis Vantage Pro capaz de enviar via sinal de rádio a uma distância de 300m, Davis Vantage 6161 Capaz de enviar as medidas coletadas via *Wireless* e por fim a estação Metrológica HM-1080- capaz de armazenar as medidas coletadas internamente através de uma memória interna, os dados podem ser passados para um computador posteriormente através de um cabo específico da estação. Os preços das estações citadas em comparação com o protótipo criado são demonstrados na tabela 3.2.

1.2 - Justificativa

A utilização de equipamentos para monitorar variáveis climáticas é indispensável no desenvolvimento social do mundo atual, visto que a maioria das atividades humanas está relacionada ou pode ser afetada por fenômenos climáticos, como a agricultura, construção civil, aviação e etc.

Desta forma esse trabalho se propõe ao estudo do desenvolvimento um equipamento capaz de medir com precisão aceitável estas variáveis. Estas medições podem auxiliar na compreensão e estudo do clima regional, além de servir como base para outros estudos mais aprofundados como o desenvolvimento de um banco de dados capaz de armazenar todas as informações coletadas.

1.3 -Objetivos

1.3.1 - Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é o estudo da viabilidade da construção de uma central de monitoramento de variáveis climáticas capaz de medir variáveis como: velocidade do vento, precipitação de chuva, umidade relativa do ar, temperatura e umidade do solo.

1.3.2 - Objetivos Específicos

- Utilizar o microcontrolador Arduino para a construção do projeto;
- Implementar o código para o funcionamento dos sensores no microcontrolador escolhido;
- Montagem física do sistema e teste dos dispositivos implementados;
- Estudo dos custos baseado no preço final do protótipo.

1.4 – Organização do Trabalho

Esse trabalho está dividido em quatro capítulos, detalhados a seguir.

No Capítulo 2, apresenta-se os fundamentos teóricos sobre a construção e projeto da estação meteorológica desse trabalho.No Capítulo 3 apresenta-se alguns resultados obtidos para a estação meteorológica projetada. No Capítulo 4 apresenta-se algumas conclusões acerca do trabalho e perspectivas para trabalhos futuros.

2 - ESTAÇÃO METEOROLÓGICA PROJETADA

2.1 - Estações meteorológicas

Denomina-se estação meteorológica o local onde se concentra os instrumentos utilizados para medir variáveis climáticas de uma certa região. Os dados podem ser coletados mediante leitura manual ou através de registros contínuos de instrumentos de temperatura, pressão atmosférica, direção e velocidade do vento. (Maia, 2016).

Os padrões e modelos para uma estação meteorológica são diversos e podem ser determinadas pelos instrumentos que estas apresentam, pelas observações realizadas ao ambiente e pelos tipos de variáveis monitoradas. (Maia, 2016).

De forma geral, as estações meteorológicas podem ser divididas em duas classes: estações automáticas ou estações manuais. A diferença entre as duas estações é que a primeira exige que a leitura dos instrumentos de medição seja feita por um observador humano, enquanto que a segunda opera por meio de sensores eletrônicos (Maia, 2016), estes sensores são capazes de quantificar grandezas climáticas de acordo com unidades de medidas padronizadas e armazenar esses dados em uma unidade de memória (*Datalogger*), ou enviá-las remotamente a um servidor específico.

As estações meteorológicas automáticas podem ser divididas em duas classes:

- Estação automática de tempo Real: nesse caso a estação envia os dados para o usuário em tempo real, que podem ser visualizados por uma página WEB ou por um aplicativo de celular, por exemplo (Maia, 2016)
- Estação automática *offline*: Nesse caso a estação armazena as informações em uma memória interna. É utilizada para análises climáticas (Maia, 2016)

2.2 – Estação Meteorológica Projetada

Nesse trabalho implementou-se uma estação meteorológica automática *offline*, levando em conta a necessidade de armazenar os dados coletados, o protótipo deve ser capaz

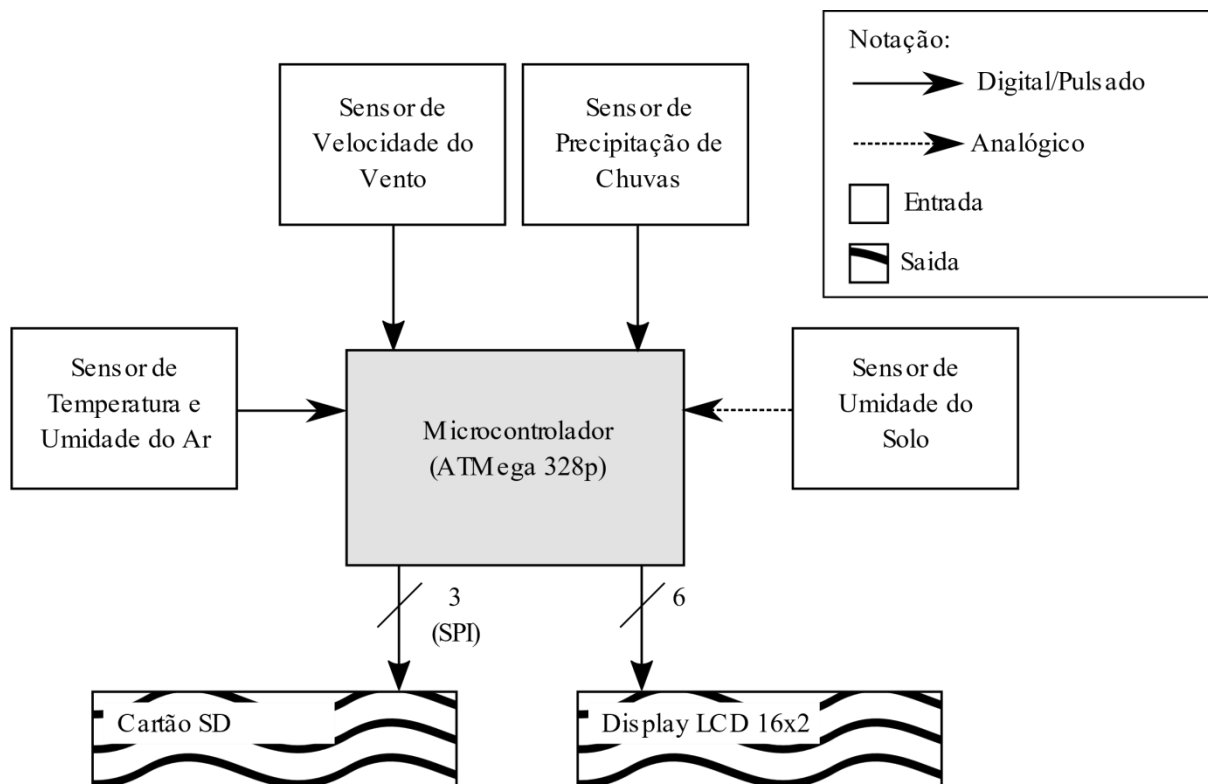
de medir as variáveis de um certo ambiente, de forma que esses dados possam ser utilizados em uma análise climática.

O sistema é composto por:

- Uma unidade de microcontrolador (*Microcontroller Unit* – MCU). Nesse trabalho utilizou-se como MCU um ATmega 328p, tendo em visto seu baixo custo e fácil acesso, o microcontrolador é disponibilizado na plataforma de desenvolvimento Arduino®,
- Sensor para medição da temperatura e umidade do ar. Nesse trabalho empregou-se o sensor DHT11, que apresenta comunicação digital/pulsada e tem um baixo custo facilitando seu acesso.
- Sensor de medição de velocidade do vento. Nesse trabalho utilizou-se um Anemômetro Fixo SV11, que apresenta comunicação digital, sua escolha se deu sua alta precisão
- Sensor de precipitação de chuvas. Nesse trabalho empregou-se um pluviômetro de balança PB10, que apresenta comunicação digital e alta precisão justificando sua escolha.
- Sensor de umidade do solo. Nesse trabalho utilizou-se um sensor de medição indireta, através da medição da resistividade do solo, que apresenta comunicação analógica;
- Módulo de comunicação por cartão SD, que tem como objetivo armazenar os valores das variáveis climática em uma memória de massa, de forma que os dados possam ser acessados posteriormente pelo usuário do sistema
- Display LCD 16x2, que tem como objetivo apresentar, em tempo real, os valores das variáveis medidas, *in-loco*.

Conforme ilustrado na figura 2.1

Figura 2.1 – Diagrama de Blocos do Sistema.

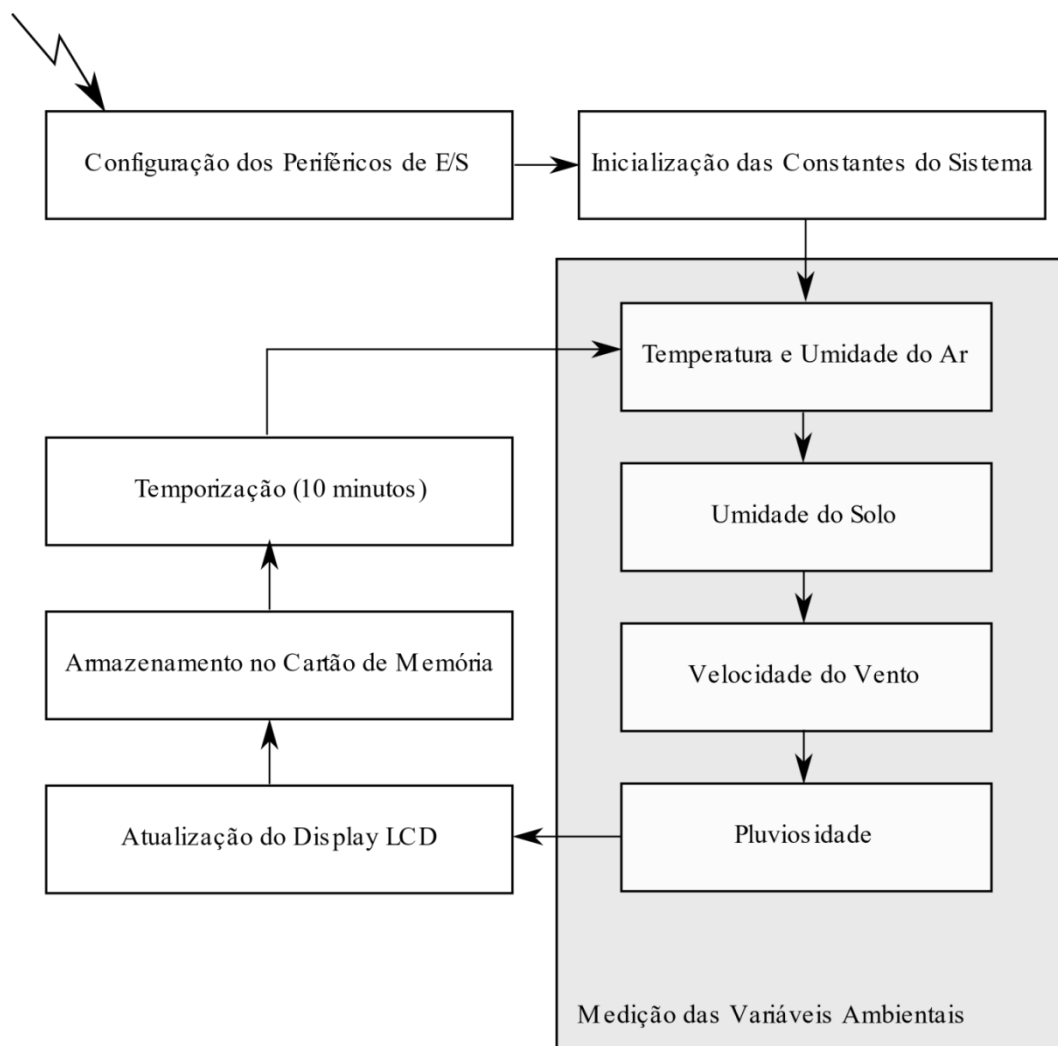


Fonte: Autoria Própria.

De forma simplificada, o funcionamento da estação meteorológica funciona conforme o fluxograma apresentado na Figura 2.2. Inicialmente ocorre a configuração dos periféricos de entrada e saída do sistema (Display, sensores e o módulo de cartão SD) e das constantes utilizadas pelo sistema para fazer as medidas exemplo: raio de giro do anemômetro, número PI. Finalizada essa etapa, é efetuada a medição da temperatura e umidade através do DHT11 o resultado é armazenado numa variável, em seguida é feita uma medida para umidade do solo através do sensor específico anteriormente citado o resultado também é armazenado, a velocidade do vento medida pelo anemômetro também é armazenada em uma variável que é sobrescrita a cada medida. A pluviosidade tem sua ligação feita no sistema através de uma porta que permite interrupção ou seja o sensor é acionado sempre que há chuvas, o valor medido não é sobrescrito a cada medida. Após isso, o display é atualizado com as informações medidas e essas informações são armazenadas no cartão de memória. O ciclo de medição ocorre a cada 10 minutos.

Na imagem 2.2 é detalhado o sistema de blocos fundamentais do sistema, é possível ver a ordem usada pelo sistema, e como o sistema volta para o estado inicial fazendo novas medições.

Figura 2.2 – Diagrama de Funcionamento do Sistema



Fonte: Autoria Própria (2019).

2.3 – Microcontrolador Utilizado

Nesse trabalho utilizou-se um Microcontrolador ATMega 328p, disponibilizado a partir da plataforma de desenvolvimento Arduino. As especificações do microcontrolador são apresentadas na Tabela 2.1 abaixo.

Basicamente o Arduino pode ser definido como uma plataforma de prototipagem em eletrônica, como o objetivo de facilitar o desenvolvimento de projetos de sistemas embarcados. Foi projetado em 2005 na Itália, por Massimo Banzi e David Cuartielles (Anwar Hachouche). O Arduino tem todo seu material disponibilizado pelo fabricante, como a IDE, Bibliotecas e inclusive o projeto eletrônico das placas, possibilitando reprodução sem restrições de direitos autorais.

Tabela 2.1 – Especificações do Microcontrolador ATMega 328p.

Especificação	Valor
Pinos de E/S	23
Memória Flash	32kiB
Memória SRAM	2kiB
Memória EEPROM	1kiB
Tipo de CPU	AVR de 8-bits
Frequência máxima do relógio	20 MHz
Performance	20MIPS em 20MHz
Interrupções externas	2
Interface USB	N/A
Comunicação com periféricos	1-UART, 2-SPI, 1-I2C
Módulo CCP (Capture, Compare, PWM)	1 Módulo de Captura, 1 Módulo de Comparação, 6 PWM
Temporizadores	2 x 8-bit, 1 x 16-bit
Tensão de Operação	1.8V até 5.5V
Funcionalidades	ICSP, Brownout Detector, Powerup timer, WDT ¹ , LVP ²

Conversores Analógico-Digital	6 (10-bits)
-------------------------------	-------------

Fonte: MCROBERTS, 2008.

O *Hardware* do Arduino pode se apresentar de diferentes formas, dependendo do modelo utilizado. No presente trabalho usou-se o modelo UNO, muito utilizado em projetos iniciantes pelo seu preço acessível e seu desempenho, resultando um bom custo-benefício (Anwar, 2010). A placa Arduino UNO pode ser vista na Figura 2.3.

Figura 2.3– Placa Arduino® UNO



Fonte: Autoria Própria (2018).

Além de implementar todas as funcionalidades do microcontrolador ATmega 328p, o Arduino implementa outras funcionalidades em *hardware* descritas na tabela seguinte:

Tabela 2.2- Funcionalidades em *hardware*

Funcionalidades em <i>Hardware</i>
Cristal gerador de relógio, na frequência de 16MHz;
Circuito de alimentação, permitindo que a fonte de energia seja disponibilizada por uma porta USB, ou por uma fonte externa, com valores entre 7V a 20V
Interface USB, de forma a realizar o carregamento de códigos do computador para o Arduino ou realizar comunicação serial com outros dispositivos

Fonte: Autoria Própria (2019)

2.4 - Medição da Temperatura e da Umidade Relativa do Ar

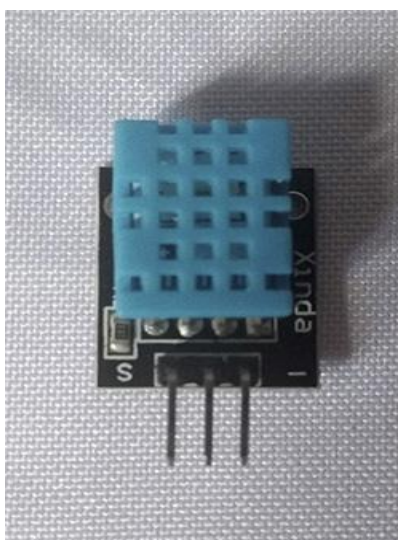
Dentro da Meteorologia, pode-se efetuar a medição da temperatura de três ambientes diferentes: do ar, da água e do solo(LAZZAROTO,1995). A temperatura sofre influência de diversos fatores, mas principalmente da altitude, latitude e dos efeitos da maritimidade e continentalidade (TORRES e MACHADO, 2008). No presente trabalho será medida a temperatura relativa do ar.

Por sua vez, umidade relativa do ar é o termo utilizado para representar a quantidade de vapor d'água contido na atmosfera. A umidade do ar resulta da evaporação das águas a partir das superfícies terrestres e hídricas e da transpiração de animais e vegetais, e portanto, depende de calor para produzir a evaporação da água e, logicamente, necessita de água para ser evaporada(TORRES e MACHADO, 2008).

Neste trabalho a medição da temperatura e da umidade relativa do ar são feitas por meio do sensor DHT11. O sensor DHT11 é capaz de medir temperaturas de 0° a 50°C através de um termistor do tipo NTCE possui uma faixa de medição de umidade relativa do ar de 20 a 90% UR através de um sensor de umidade do tipo HR202(FILIPFLOP, 2019).

A Figura 2.4 apresenta o sensor DHT11 utilizado nesse trabalho, ilustrando o seu encapsulamento e terminais.

Figura 2.4 – Sensor DHT11



Fonte: Autoria Própria (2018).

O encapsulamento do sensor DHT11 protege este contra as condições adversas do ambiente. Esse sensor possui três terminais, no qual dois são destinados a alimentação. O outro terminal apresenta o valor de temperatura e umidade relativa do ar medidas, que são enviadas ao microcontrolador através de um protocolo digital específico do sensor.

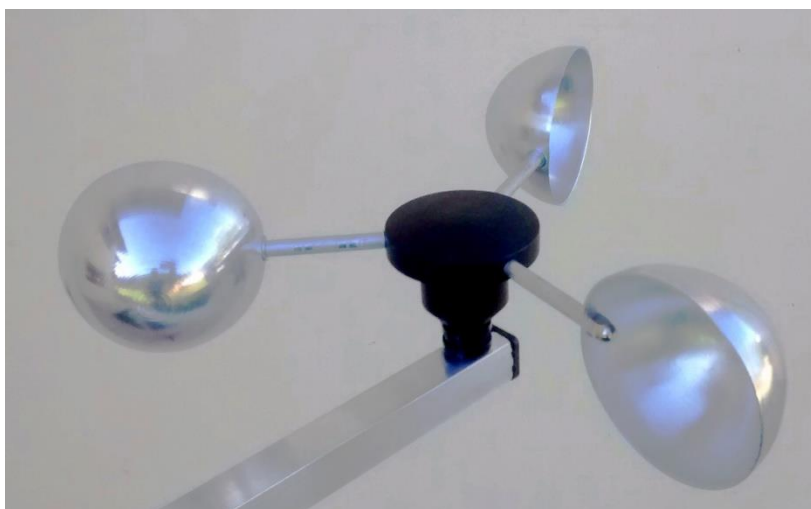
O sensor DHT11 apresenta uma precisão de medição de temperatura de $\pm 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, e uma precisão de medição de umidade de $\pm 5,0\%$ UR (FILIPFLOP, 2019), portanto são suficientes para a aplicação desejada no projeto.

2.5 -Medição da Velocidade do Vento

A velocidade do vento é uma grandeza vetorial, da qual se medem, normalmente, parâmetros da sua componente horizontal. Geralmente, os parâmetros medidos são: velocidade, direção, e força do vento (TORRES e MACHADO, 2008). Neste projeto analisaremos apenas o parâmetro velocidade.

O Anemômetro é um instrumento utilizado para medir a velocidade dos ventos em estações meteorológicas, estufas, áreas agrícolas e outros ambientes que necessitem do monitoramento desta variável climática. Neste trabalho utilizou-se um anemômetro fixo, apresentado na Figura 2.5.

Figura 2.5 – Anemômetro utilizado na estação.



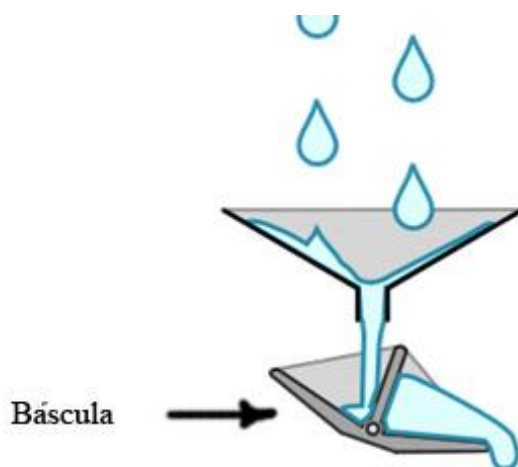
Fonte: Autoria Própria (2018).

Conforme apresentado na Figura 2.5, o anemômetro utilizado consiste em três conchas hemisféricas, que acionam um mecanismo onde é instalado um sensor eletrônico (Rios, 1986). Nesse caso a medição é realizada de forma indireta, através dos princípios eletromagnéticos. No anemômetro utilizado no projeto, a cada revolução gera-se um pulso de tensão. Dessa forma, o valor da velocidade do vento pode ser determinado conhecendo-se quantas revoluções são dadas por segundo e pelo tamanho das conchas utilizadas. As principais características do anemômetro utilizados são: faixa de leitura de 0 a 33,33m/s, tensão 5V, comprimento do suporte 260mm, diâmetro do copo 76mm, dimensões totais (CxL) ~39x27cm e peso de 435g (FILIPFLOP, 2019).

2.6 - Medição da Precipitação da Chuva

O instrumento que mede a precipitação de chuvas em um determinado local chama-se pluviômetro. Nesse trabalho utilizou-se um pluviômetro de báscula. O pluviômetro de báscula apresenta um módulo mecânico eletrônico e sua função é monitorar a quantidade de precipitação de chuva em determinada região. Nesse caso, internamente ao pluviômetro existe dois pequenos reservatórios, denominado de báscula, conforme apresentado na Figura 2.6. O volume é medido pela oscilação da báscula, que ao oscilar geram um pulso que é registrado por um sistema de aquisição.

Figura 2.6 – Sistema de Acionamento de um Pluviômetro de Báscula.



O pluviômetro utilizado nesse trabalho é apresentado na Figura 2.7. Suas principais características são: um pulso a cada 0,25mm de precipitação, sensor com auto esvaziamento, linearidade de dados, tensão de alimentação de 5V, dimensões de (160x117mm) e peso de 530g(FILIPFLOP, 2019).

Figura 2.7 – Pluviômetro de Báscula utilizado no trabalho.



Fonte: Adaptado de UsinaInfo(2019).

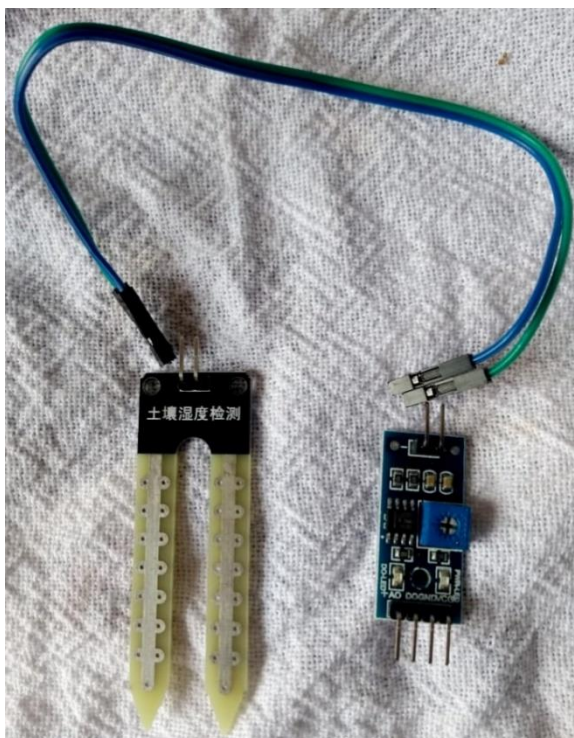
2.7 - Medição da Umidade do Solo

A informação da quantidade de água presente no solo tem aplicação de fundamental importância nos estudos do solo em engenharia (construções civis, aterros e etc) e na agricultura (projeto de irrigações e etc). As informações de umidade podem ser obtidas por meio de métodos adequados de uma amostra retirada do solo e levada ao laboratório, assim como *in loco*, por dispositivos que enterrados permitem transformar essas informações em grandezas do domínio da eletricidade (MENDES, 2006).

O sensor de umidade do solo utilizado nesse trabalho é apresentado na Figura 2.8. Suas principais características são: Tensão de alimentação entre 3,3 e 5V, dimensões de (32X14mm) e peso de 9g(FILIPFLOP, 2019).

O sensor é composto por duas sondas, que é capaz de medir a umidade do solo através da aferição da corrente entre as sondas. Sabe-se que solos secos apresentam alta resistividade, ao passo que solos úmidos apresentam uma baixa resistividade. Dessa forma, pode-se efetuar uma medição indireta da umidade do solo, medindo-se a resistência do solo.

Figura 2.8 – Sensor de umidade do solo.



Fonte: Autoria Própria (2018).

2.8 – Sistema Periférico

Nesse trabalho a comunicação da estação meteorológica com o usuário é feita através de dois dispositivos de saída: um Display LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2, que apresenta as variáveis medidas pela estação, e um Módulo para cartão SD (*Secure Digital*), que salva as informações climáticas em certos períodos de tempo, formando um *Datalogger*. Além disso, associado ao sistema periférico, tem-se um módulo RTC (*Real Time Clock*), que é responsável por calcular precisamente o tempo.

Nas subseções a seguir detalha-se cada um desses módulos de saída.

2.8.1 -Display LCD 16x2

O Display LCD foi utilizado para exibir os dados medidos através dos sensores, conforme apresentado na Figura 2.9. As informações são exibidas em duas linhas de 16 caracteres, e um LED na cor azul ajuda na visualização em ambientes pouco iluminados. Este dispositivo trabalha em uma tensão de 4,5 V ~ 5,5 V, e sua tela tem dimensões aproximadas de 55 x 15mm (FILIPFLOP, 2019).

Figura 2.9 – Display LCD.

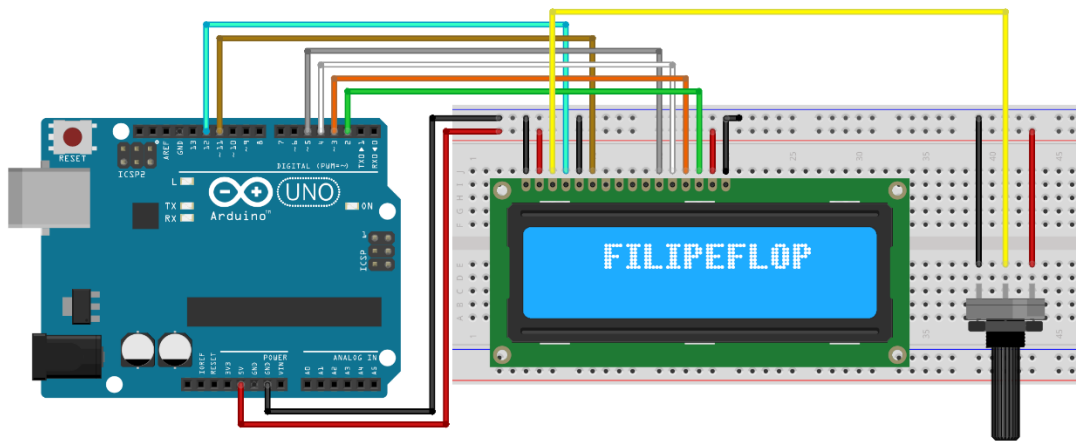


Fonte: Autoria Própria (2018).

A comunicação do Display LCD com o microcontrolador é feita através de seis terminais, denominados de D4, D5, D6, D7, RS e EN, conforme apresentado na Figura 2.10. Os quatro primeiros terminais (D4-D7) correspondem ao barramento de dados *display* LCD. O terminal RS seleciona se o comando corresponde a um dado ou uma instrução. O terminal /W seleciona se o processo é de escrita ou leitura. O terminal EN habilita ou desabilita a comunicação com o Display LCD.

Outros pinos importantes do Display, porém que não são ligados ao microcontrolador são os de alimentação (VDD, VSS), do controle de contraste (VO), do *Backlight* do Display (A, K) e determinação se o comando a ser efetuado é de escrita ou de leitura (RW).

Figura 2.10 – Ligação do Display LCD com o Arduino.



Fonte: FilipeFlop (2019).

2.8.2 -Módulo Micro SD

O Módulo Micro SD, apresentado na Figura 2.11, permite que os dados obtidos através das leituras dos sensores sejam escritos em um cartão micro SD possibilitando o desenvolvimento de um *Datalogger*. Suas principais características são: tensão de alimentação de 5V, dimensões de 41X24mm e interface SPI(FILIPFLOP, 2019).

Figura 2.11 – Módulo Micro SD



Fonte: Autoria Própria (2018).

A comunicação do Módulo Micro SD é feita através do padrão de comunicação SPI (*Serial Peripheral Interface*). O SPI é um protocolo de comunicação que permite o microcontrolador realizar a comunicação com diversos outros componentes e utiliza quatro terminais, denominados de MOSI, SCK, MISO e CS.

2.8.3 - Módulo Relógio Tempo Real RTC- DS1302

O módulo DS1302, apresentado na Figura 2.10, possui a capacidade de calcular precisamente o tempo, realizando uma contagem precisa de minutos, horas, dias, meses e anos, com a utilização de uma pilha 2032. Esse módulo é capaz de continuar a contagem de tempo mesmo sem energia na placa controlada. Suas características são: tensão de alimentação entre 2-5V, dimensões de 44x23mm e peso de 5g.

Figura 2.12 – Módulo Relógio Tempo Real.



Fonte: Autoria Própria (2019).

2.9 - Montagem física dos componentes.

A conexão entre o microcontrolador, o display e os sensores utilizados são descritas nas Tabela 2.2 e 2.3.

Tabela 2.2 - Especificação de conexões do protótipo.

Origem	Arduino®
Pino VSS do LCD	GND (terra)
Pino VDD do LCD	Pino de alimentação 5V
PinoVO do LCD	GND (terra)
Pino RS do LCD	Pino Digital 12
Pino RW do LCD	GND (terra)
Pino E do LCD	Pino Digital 11
Pindo D4 do LCD	Pino Digital 5
Pindo D5 do LCD	Pino Digital4
Pino D6 do LCD	Pino Digital 8
Pino D7 do LCD	Pino Digital 6
Pino A do LCD	Pindo de alimentação 5V
Pino K do LCD	GND (terra)
Pino S DHT11	Pino Digital 7
Pino D0 Sensor de umidade do solo	Pino Analógico A0
Pluviômetro	Pino Digital 2
Anemômetro	Pino Digital 3

Fonte: Autoria Própria (2019).

Tabela 2.3 – Especificações de Versão com *Datalogger*.

Origem	Arduino®
Pino CLK do RTC	Pino Digital 6
Pino Dat do RTC	Pino Digital 7
Pino RST do RTC	Pino Digital 8
Pino VCC do RTC	Pino de Alimentação 5V
Pino GND do RTC	Pino GND (terra)
Pino SC do Módulo cartão micro SD	Pino Digital 4
Pino SCK do Módulo cartão micro SD	Pino digital 13
Pino MOSI do Módulo cartão micro SD	Pino Digital 11
Pino MISO do Módulo cartão micro SD	Pino Digital 12
Pino VCC do Módulo cartão micro SD	Pino de alimentação 5V

Pino GND do Módulo cartão micro SD	Pino GND (terra)
Pluviômetro	Pino Digital 2
Anemômetro	Pino Digital 3

Fonte: Autoria Própria (2019).

3- RESULTADOS E DISCUSSÕES

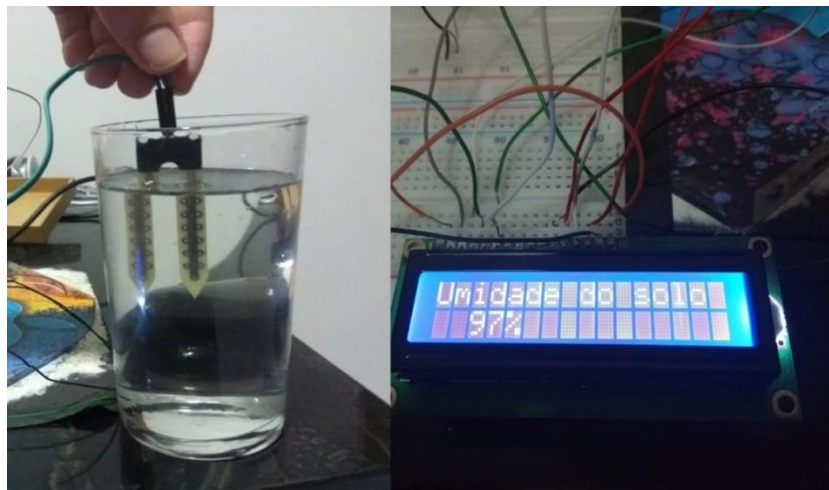
Neste capítulo são apresentados alguns testes e discussões acerca dos sensores presentes na estação meteorológica.

3.1 -Análise do sensor de umidade do solo

As medidas efetuadas pelo sensor de umidade do solo podem ser observadas através do *Display*, conforme apresentado na Figura 3.1 e Figura 3.2, correspondendo a aplicação das hastes do sensor em água e no ar seco, respectivamente. Como não é possível a passagem de corrente elétrica no ar o sensor deve apresentar um valor de 0%, e se aproximar de 100% ao ser inserido em água.

Observando a imagem é notado que em contato com água o sensor apresentou uma leitura de 97%, o grau de erro do sensor não foi informado pelo fabricante em seu datasheet.

Figura 3.1 – Teste do sensor de umidade do solo.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Figura 3.2 – Teste do sensor em contato com o ar.



Fonte: Autoria Própria (2019).

3.2 - Análise do pluviômetro

Para o teste do sensor de precipitação de chuva foi utilizado um copo com água para demonstrar o funcionamento do equipamento, conforme apresentado na Figura 3.3. Pode-se observar que o sensor, através da balança interna, contabiliza os milímetros de chuva. O valor medido da precipitação é apresentado no display LCD. A balança interna é acionada a cada 0.25mm de precipitação.

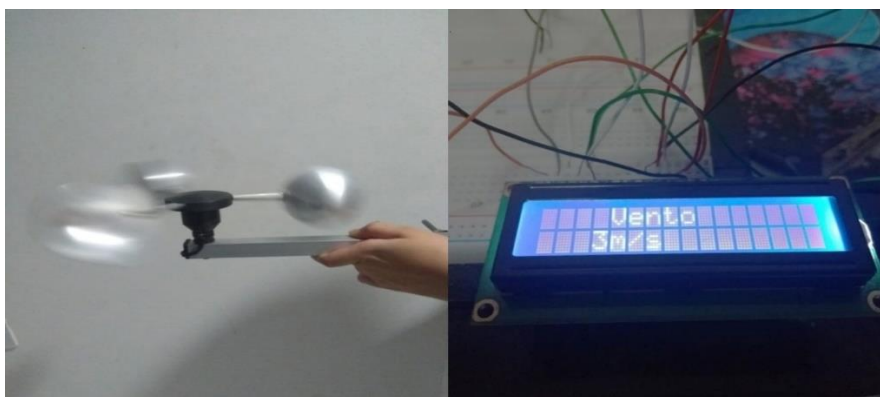
Figura 3.3 – Teste do Pluviômetro. Fonte - Autoria Própria 2019



3.3-Análise do anemômetro

Para o teste do anemômetro o sensor foi girado em torno do seu eixo e seu resultado foi exibido no *display*, conforme apresentado na Figura 3.4. Pode-se observar que a partir da medição da quantidade de rotações que o anemômetro dá em torno do seu eixo, é realizada a medida de velocidade do vento.

Figura3.4 - Teste do Anemômetro.



Fonte: Autoria Própria (2019).

3.4 - Análise do sensor de temperatura e umidade do ar

Semelhante aos sensores descritos acima, o DHT11(sensor de umidade e temperatura) após fazer a leitura tem seus dados obtidos e exibidos no LCD, o teste foi comparado aos dados climáticos aproximados da região feitos por satélite disponível em: <https://weather.com>

Figura 3.5 - Teste do DHT11



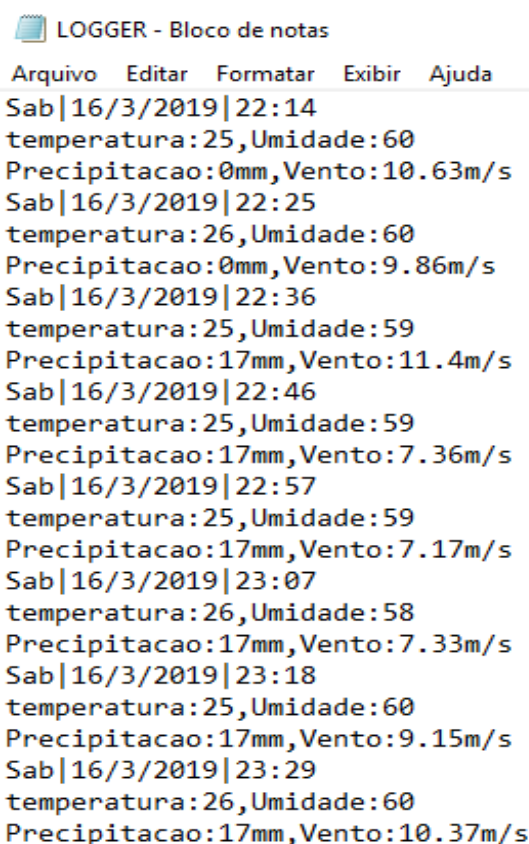
Fonte: Autoria Própria (2019).

3.5 - Análise do Datalogger

Com o objetivo de demonstrar que todos os dados anteriores podem ser armazenados em um *datalogger*, foi implementado uma versão do sistema como este dispositivo, porém sem o LCD. O sensor de umidade e temperatura (DHT11) foi utilizado para ter suas variáveis armazenadas juntamente com os sensores que tiveram seus funcionamentos descritos anteriormente. O módulo RTC DS1302 foi utilizado para que as medições tenham data e hora, e um módulo de cartão SD foi utilizado para gravar os dados.

A Figura 3.5 apresenta o resultado de um *Datalogger* de aproximadamente 1h. No caso, as medições são salvas a cada 10 minutos em um formato de arquivo txt puro. Esse arquivo poderá ser lido por algum programa, que apresenta os resultados na forma de gráficos.

Figura 3.6 - Resultados obtidos para o Datalogger.



```

LOGGER - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
Sab|16/3/2019|22:14
temperatura:25,Umidade:60
Precipitacao:0mm,Vento:10.63m/s
Sab|16/3/2019|22:25
temperatura:26,Umidade:60
Precipitacao:0mm,Vento:9.86m/s
Sab|16/3/2019|22:36
temperatura:25,Umidade:59
Precipitacao:17mm,Vento:11.4m/s
Sab|16/3/2019|22:46
temperatura:25,Umidade:59
Precipitacao:17mm,Vento:7.36m/s
Sab|16/3/2019|22:57
temperatura:25,Umidade:59
Precipitacao:17mm,Vento:7.17m/s
Sab|16/3/2019|23:07
temperatura:26,Umidade:58
Precipitacao:17mm,Vento:7.33m/s
Sab|16/3/2019|23:18
temperatura:25,Umidade:60
Precipitacao:17mm,Vento:9.15m/s
Sab|16/3/2019|23:29
temperatura:26,Umidade:60
Precipitacao:17mm,Vento:10.37m/s
  
```

Fonte: Autoria Própria (2019).

3.6 - Análise de preços

A Tabela 3.1 demonstra os preços dos componentes utilizados no projeto. Os fios de conexões, assim como os resistores não foram considerados no preço final do projeto, pois apresentam custos poucos significativos. Os preços aqui considerados tem como base um site de compras online (<https://www.usinainfo.com.br>), e podem sofrer alterações com o tempo.

Tabela 3.1 – Preços estimados para os componentes da estação meteorológicas.

Material	Preço
Arduino UNO®	R\$ 43,90
Pluviômetro	R\$ 264,93
Anemômetro	R\$ 209,50
LCD	R\$ 17,96
DHT11	R\$ 14,16
Sensor de Umidade do solo	R\$ 12,26
Módulo RTC	R\$ 9,98
Módulo de cartão SD	R\$ 9,98
	Total: R\$ 582,67

Fonte: Autoria Própria (2019).

Os valores podem ser comparados com os preços de estações climáticas profissionais presentes no mercado, apresentados na Tabela 3.2. Os preços foram analisados utilizando o site de compras (www.climaeambiente.com.br) e podem sofrer alterações futuras.

Tabela 3.2 - Preços de estações presentes no mercado

Modelo	Preço
Davis Vantage Pro	R\$ 7.800,00
Davis Vantage 6161	R\$ 14.500,00
Estação Metrológica HM-1080	R\$ 2.335.00

Fonte: Autoria Própria (2019).

Analisando o preço da estação meteorológica projetada nesse trabalho, quando compara-se com os preços de estações profissionais, verifica-se que a mesma apresenta um

custo de fabricação consideravelmente inferior. Desta forma, pode-se empregar a estação projetada neste trabalho.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foi demonstrado os passos da construção de uma pequena central de monitoramento de variáveis climáticas, assim como a avaliação do seu custo. Este trabalho teve como pretensão servir de base para a implementação de uma mini estação metrológica de baixo custo, demonstrando como essas variáveis climáticas podem ser coletadas e como esses dados podem ser armazenados para análises futuras. Partindo do ponto de vista do seu baixo custo comparado a equipamentos profissionais, conclui-se a viabilidade econômica de transformar o protótipo apresentado em um produto final, também sendo possível o aperfeiçoamento do mesmo, como por exemplo: utilizar um equipamento semelhante calibrado a fim de mensurar a precisão das variáveis coletadas e fazer ajustes se necessário, adicionando novos sensores capazes de medir outras variáveis e também outras formas de tratar os dados obtidos, como a comunicação com servidores via conexões sem fio, e até mesmo o acesso remoto dos dados em tempo real. Em suma a utilização do microcontrolador Arduino® UNO, juntamente com os sensores apresentados neste trabalho resultou em um protótipo de uma central de monitoramento de variáveis climáticas satisfatório, os objetivos idealizados para o projeto puderam ser atendidos e o resultado final demonstrou que o protótipo pode servir como base para a construção e instalação de uma estação meteorológica automática Offline.

5 REFERÊNCIAS

LAZZAROTTO, C.; PEIXOTO, P.P.P. **Estação meteorológica da EMBRAPA-CPAO**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 24p. (EMBRAPA-CPAO.Documentos,6).

SERRA, Dean Sidney B.; CASILLO, Danielle Simone S..**Utilização do microcontrolador pic como proposta de ferramenta didática em cursos de computação**. Mossoró.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV,2000. 449 p.

ARDUINO. **Site oficial**, 2016. Disponível em: <<http://Arduino.cc/>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

VAREJÃO, M. A. S. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital 2, Recife, 2006. 463 p.

Torres, FillipeTamiozzo Pereira e Machado, Pedro José de Oliveira. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Ed.Geographica, 2008.

FELIPFLOP, Como fazer um datalogger com arduino. Disponível em:<<https://www.filipeflop.com/blog/datalogger-com-arduino-cartao-sd>> Acesso em: 3 Fev. 2019.

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

FELIPFLOP, Sensores e Módulos. Disponível em:< <https://www.filipeflop.com/> > Acesso em: 3 Fev. 2019.

WEATHER, Pau dos ferros, Brasil. Disponível em:<https://weather.com/weather/today/l/-6.11,-38.21?par=google> Acesso em 17 mar. 2019.