



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

ALLAN MIQUEIAS DE CARVALHO SANTOS

**CENTRAL DE MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS
UTILIZANDO UM SISTEMA EMBARCADO**

PAU DOS FERROS – RN

2021

ALLAN MIQUEIAS DE CARVALHO SANTOS

**CENTRAL DE MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS
UTILIZANDO UM SISTEMA EMBARCADO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido a Universidade Federal Rural do Semi – Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Tecnologia da Informação.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Thiago Valério De Sousa.

PAU DOS FERROS
2021

© 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.

S237c Santos, Allan Miqueias de Carvalho.
Central de monitoramento de variáveis
ambientais utilizando um sistema embarcado
/ Allan Miqueias de Carvalho Santos. -
2021.
63 f. : il.

Orientador: Pedro Thiago Valério de Souza.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Bacharelado em
Tecnologia da Informação, 2021.

1. Estação Meteorológica. 2. Arduino. 3.
Aplicativo. 4. Hardware. 5. Bluetooth. 6. Android.
I. Souza, Pedro Thiago Valério de, 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.

ALLAN MIQUEIAS DE CARVALHO SANTOS

**CENTRAL DE MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS
UTILIZANDO UM SISTEMA EMBARCADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido a Universidade Federal Rural
do Semi – Árido, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Tecnologia da Informação.

Defendido em: 25 / 05 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

PEDRO THIAGO VALERIO DE SOUZA:08294430455

Digitally signed by PEDRO THIAGO
VALERIO DE SOUZA:08294430455
Date: 2021.05.29 14:30:16 -03'00'

Pedro Thiago Valério de Souza, Prof. Dr. (UFERSA)

Presidente

VERONICA MARIA LIMA SILVA:02558212397

Assinado de forma digital por
VERONICA MARIA LIMA
SILVA:02558212397
Dados: 2021.05.28 14:20:38 -03'00'

Veronica Maria Lima Silva, Profa. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS:01354154380

Assinado de forma digital por WESLEY
DE OLIVEIRA SANTOS:01354154380
Dados: 2021.05.28 22:18:07 -03'00'

Wesley de Oliveira Santos, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

“Não existem coisas tão distantes que não sejam alcançadas, nem tão escondidas que não sejam descobertas.” (René Descartes)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos previamente a Deus, por ter me dado forças para seguir sempre em frente nesta jornada, não ter me deixado fraquejar mediante as tribulações. Dando-me o dom da sabedoria, para que assim eu pode-se realizar as melhores escolhas na minha caminhada, junto as pessoas que me colocaram junto a Deus para que assim eu pode-se realizar este sonho em minha vida.

Agradeço a minha família que esteve no apoio e mantendo sempre a paciência, nos momentos que me dediquei inteiramente aos estudos. Que se colocou a me ajudar em todos os momentos de dificuldade, me mostrando que mesmo diante as dificuldades, no fim teria a vitória me colocando a luta.

Agradecemos também ao corpo docente, direção, administração e demais funcionários dessa instituição, que se dedicam a cada dia a valorar cada vez mais o ensino público e de qualidade, sendo parte ainda do processo de formação acadêmica dos discentes.

Ao meu orientador Pedro Thiago, por sua dedicação, empenho, paciência e compromisso, em me nortear na elaboração deste trabalho acadêmico.

Em especial a minha amada Vanessa Oliveira por me ajudar e me sustentar nos momentos de abalo emocional, sendo minha fortaleza ao meu amigo Felipe Cardoso, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos e adversidades, compartilhando seu conhecimento e sendo uma coluna de sustentação. Meus colegas e amigos de sala, de grupos de pesquisas e programas institucionais, obrigado pela troca de conhecimentos, experiências e convicções.

RESUMO

A meteorologia é a ciência que realiza o estudo das condições e variáveis relacionadas ao tempo e ao clima terrestre, na qual seu foco principal é estudar os processos atmosféricos e a previsão do tempo. Dentro deste contexto, faz-se necessário a utilização de equipamentos, sejam eles manuais ou automatizados, para o auxílio no estudo e no aperfeiçoamento das pesquisas que norteiam essa ciência. Fenômenos que ocorrem na atmosfera terrestre, onde acontece a maior parte das atividades humanas e os efeitos e as alterações atmosféricas, podem ser perceptíveis pelos seres humanos, e afetam vários aspectos do cotidiano, englobando as atividades ao ar livre, a agricultura e a produção na agroindústria. Soluções vem sendo desenvolvidas com o objetivo de facilitar esse estudo, possibilitando maior integralização desses dados relacionados as condições climáticas e ao armazenamento de forma rápida e simples, porém, muitas dessas soluções dentre elas estações meteorológicas automáticas, trazem altos custos e um maior grau de instrução, inviabilizando assim sua aquisição. Dessa forma, dentro da necessidade de monitoramento climático, esse trabalho tem como facilitar a usabilidade, e ampliar as condições mais viáveis apresentando uma estação meteorológica automatizada e de fácil aquisição, podendo ser utilizada no campo da agricultura e agropecuária. Desenvolvida a partir de um sistema embarcado com sensores, que permite o monitoramento de dados meteorológicos (temperatura do ar, umidade do ar, umidade do solo, qualidade do ar, velocidade do vento, Direção do vento, pressão e altitude), variáveis como estas são influentes na tomada de decisões relacionados as condições climáticas, contendo ainda um *display* LCD de 7 segmentos para aferição dos dados. Informações são enviadas remotamente via *Bluetooth*®, para uma aplicação em dispositivo móvel desenvolvido na plataforma *Android*®, tendo assim 2 vias de aferição de dados. Como resultados finais do desenvolvimento desta, os dados são capturados pela aplicação em dispositivo móvel e armazenados em um banco de dados direto no aparelho, podendo assim realizar a consulta desses dados em qualquer intervalo de tempo, em que se tenha a comunicação com o aparelho e a estação meteorológica remotamente. Neste sentido este projeto pode ser uma opção de sistema meteorológico de fácil aquisição e acesso ao usuário comum, podendo ser implementado em propriedades rurais, cidades e locais de difícil acesso para as estações meteorológicas convencionais já em uso no mercado.

Palavras-Chave: Arduino, Android, Bluetooth, Estação Meteorológica, Hardware, aplicativo.

ABSTRACT

Meteorology is the science that conducts the study of conditions and variables related to weather and terrestrial climate, in which its main focus is to study atmospheric processes and weather forecasting. Within this context, it is necessary to use equipment, whether manual or automated, to aid in the study and improvement of the research that guides this science. Phenomena that occur in the Earth's atmosphere, where most human activities take place and the effects and atmospheric changes, can be perceived by humans, and affect various aspects of daily life, including outdoor activities, agriculture and production in agribusiness. Solutions have been developed with the aim of facilitating this study, enabling greater integration of these data related to climatic conditions and storage in a quick and simple way, however, many of these solutions, including automatic weather stations, bring high costs and a higher degree of instruction. , thus making its acquisition unfeasible. Thus, within the need for climate monitoring, this work has the aim of facilitating usability, and expanding the most viable conditions by presenting an automated and easily acquired meteorological station, which can be used in the field of agriculture and agriculture. Developed from an embedded system with sensors, which allows the monitoring of meteorological data (air temperature, air humidity, soil moisture, air quality, wind speed, wind direction, pressure and altitude), variables like these are influential in making decisions related to climatic conditions, and also contain a 7-segment LCD display for measuring data. Information is sent remotely via Bluetooth®, to an application on a mobile device developed on the Android® platform, thus having 2 ways of measuring data. As the final results of its development, the data is captured by the application on a mobile device and stored in a database directly on the device, thus being able to consult this data in any time interval, in which communication with the device and the weather station remotely. In this sense, this project can be an option of meteorological system of easy acquisition and access to the common user, being able to be implemented in rural properties, cities and places of difficult access for the conventional meteorological stations already in use in the market.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sensor DHT22

Figura 2: Sensor modulo Bluetooth – JDY30

Figura 3: Características de sensibilidade a gases específicos

Figura 4(a): Imagem do sensor MQ2 (Sensor)

Figura 5(a): Sensor Higrômetro (Modulo Regulador)

Figura 6: Imagem do Chip BMP180 1

Figura 7: Sensor BMP180 (Pressão/Altitude)

Figura 8: Anemômetro

Figura 9: Pluviômetro (interno)

Figura 10: Pluviômetro (externo)

Figura 11: Módulo RTC DS1302

Figura 12: Display LCD, módulo I2C

Figura 13: Arduino® Nano

Figura 14: Tela de Ativação do Bluetooth.

Figura 15: Tela inicial do App.

Figura 16: Tela de dispositivos pareados.

Figura 17: Tela principal com dados Carregados

Figura 18: Tela de exibição dos dados do Banco de dados

Figura 19: Modelo Lógico e Conceitual

Figura 20: Expressão regular

Figura 21: Sensores anemômetro e pluviômetro

Figura 22a: Garfo do sensor higrômetro preso ao solo

Figura 23: Sistema de Hardware de controle montado

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificações Técnicas sensor DHT22

Tabela 2: Comandos AT Módulo Bluetooth JDY-30

Tabela 3: Especificações técnicas do módulo

Tabela 4: Condições de trabalho Padrão e ambientais.

Tabela 5: Especificações técnicas chip BMP180

Tabela 6: Especificações técnicas do Arduino® Nano

Tabela 7: Análise comparativa entre os trabalhos.

Tabela 8: sensores e valores

LISTA DE ABREVIATURAS

IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
EMA	Estação Meteorológica Automatizada.
App	<i>Application</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
°C	Grau's Celsius
AT	<i>attention</i>
LED	<i>Light emitter diode</i>
CI	Circuito integrado
P	Pascal
GND	<i>graduated neutral density filter</i>
RTC	<i>Real Time Clock</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
JVM	Java Virtual Machine
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Objetivos.....	15
1.2.3 Objetivo Geral	15
1.2.4 Objetivos Específicos	15
1.3 Metodologia.....	16
1.4 Organização do documento	17
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Meteorologia.....	18
2.2 Sensores Utilizados.....	19
2.2.1 Sensor DHT22	19
2.2.2 Sensor Módulo Bluetooth.....	21
2.2.3 Sensor MQ2.....	23
2.2.4 Sensor de Umidade do solo (Higrômetro).....	27
2.2.5 Sensor de pressão e altitude.....	29
2.2.6 Sensor Anemômetro	32
2.2.7 Sensor Pluviômetro	34
2.2.8 Módulo RTC.....	36
2.2.9 Display LCD.....	38
2.3 Arduino® Nano	40
2.4 Aplicativo.....	42
2.4.1 Tela inicial do App.	44
2.4.2 Tela de dispositivos pareados	45
2.4.3 Tela principal da aplicação	47
2.4.3 Tela de Banco de Dados	48
2.5 Banco de dados	49

2.6	Comunicação <i>Bluetooth</i>	50
3	TRABALHOS RELACIONADOS	52
3.1	Desenvolvimento de uma estação meteorológica microcontrolada para monitoramento de variáveis climáticas CAMPIGOTO (2018).	52
3.2	Estação Meteorológica Automática baseada em internet das coisas (IoT) ESPEJO e JUNIOR (2020).	54
3.3	Análise comparativa	54
4	RESULTADOS E TESTES	56
5	CONCLUSÃO	61
	Referências	62
	APÊNDICE A – código IDE Arduino®	64
	APÊNDICE B – Classes importantes do desenvolvimento do <i>Software</i>	64
	APÊNDICE C – Ligações dos sensores ao Arduino®.	64

1 INTRODUÇÃO

A necessidade da coleta de dados meteorológicos é um fator muito importante para tratar questões a respeito de mudanças climáticas e alterações nos padrões clima e tempo. Faz-se necessário a coleta de informações referente a fatores climatológicos para adaptações que são necessárias no cotidiano das pessoas.

A estação meteorológica é uma ferramenta fundamental para monitorar as condições meteorológicas na lavoura e assim ajudar agricultores a tomarem decisões (BALBINO, 2016). Para a agricultura, o conhecimento do comportamento do clima de uma determinada região é bastante fundamental, pois as condições climáticas podem favorecer bastante no crescimento e progresso das lavouras.

Para o homem do campo isso se torna algo com uma complexidade maior e de difícil acesso, por não possuir equipamentos ou material de pesquisa adequado para tal estudo, ou até mesmo o monitoramento das condições climáticas. Isso se dá muitas vezes pelo alto custo de equipamentos e dificuldade no acesso a esses equipamentos de monitoramento.

A produção agrícola é altamente dependente de recursos naturais, como solo, água e condições climáticas favoráveis, por isso a agrometeorologia ou meteorologia, coloca os conhecimentos da meteorologia a serviço da agricultura (RADIN e MATZENAUER, 2016). As alterações climáticas trazem a necessidade de um certo controle ou monitoramento adequado, questões como a saúde do solo, a relação entre as plantas e os microrganismos, a velocidade do vento a qual pode influenciar na perda de lavouras, tudo isso pode afetar as práticas na agricultura. Assim, não há qualquer aspecto, durante o ciclo de culturas, que não seja influenciado pelas condições do tempo (RADIN e MATZENAUER, 2016).

A estação meteorológica desenvolvida nesse trabalho deve ser capaz de medir as seguintes variáveis: temperatura, pressão atmosférica, umidade do ar, umidade do solo, velocidade do vento, precipitação, altitude e qualidade do ar englobando a concentração de CO₂. O sistema também deve ser capaz de armazenar essas informações em um banco de dados.

Os dados obtidos possuem um nível aceitável de precisão quando comparado a equipamentos profissionais. O sistema foi implementado em um microcontrolador de baixo custo, tornando o equipamento como um todo de fácil acesso ao público geral. A aplicação é apta e viável a ser instalada em qualquer dispositivo *mobile*, que utilize da plataforma *Android*®.

A estação desenvolvida tem total automatização, dispensando até mesmo a presença de alguém em seu local de instalação, permitindo assim, a comodidade e a comunicação remota de informações mesmo em curta distância.

1.1 Justificativa

O uso dessas estações meteorológicas é fundamental, para gerar bons lucros as lavouras e principalmente para apoiar na tomada de decisões relativas ao nível de infraestrutura e parâmetros internos da propriedade. O armazenamento desses dados, é uma característica importante já que uma boa base de dados pode permitir uma análise sistemática de quais condições, período ou estação, estão mais favoráveis ao plantio ou tratamento da lavoura a qual se destina.

A demanda por informações agrometeorologias oportunas e eficazes para aplicações por parte dos agricultores é crescente (RADIN e MATZENAUER, 2016). Partindo desse pressuposto, se torna crescente também a procura por estações meteorológicas mais viáveis, que tragam bons resultados, por sua vez um baixo custo e a comodidade se tornam fatores decisórios em cada propriedade.

Devido ao alto custo das estações convencionais e sua dificuldade de acesso pelo público geral, essa estação se apresenta como método de fácil aquisição e de baixo custo. A busca por facilitar a usabilidade, a manutenibilidade são requisitos que podem ser de grande valia para o usuário final.

1.2 Objetivos

São apresentados os objetivos gerais e específicos necessários para o desenvolvimento deste projeto, relacionado diretamente a proposta deste trabalho.

1.2.3 Objetivo Geral

Construir uma central de monitoramento de variáveis ambientais utilizando um sistema embarcado, com comunicação remota a aplicativo *mobile*, de fácil acesso ao público geral.

1.2.4 Objetivos Específicos

1. Realizar um levantamento de características e especificações técnicas de estações meteorológicas.
2. Identificar os diferentes tipos de estações meteorológicas e realizar um levantamento de especificações técnicas, relativas a cada tipo de estação em questão.

3. Realizar um levantamento de quais os sensores específicos são utilizados na estação para aferição das variáveis (temperatura, humidade do ar, humidade do solo, pressão, altitude, qualidade do ar, precipitação), utilizados na estação meteorológica e tipo de Arduino®, a ser implementado como controlador principal da estação.
4. Desenvolvimento da aplicação partindo da placa Arduino® utilizada com o emprego dos sensores em montagem de *Hardware*, implementando um algoritmo capaz de capturar os dados dos sensores.
5. Estudo de uma aplicação *mobile*, utilizada em estações meteorológicas automatizadas.
6. Desenvolvimento de um aplicativo utilizando o Android Studio®, que possa receber a leitura dos dados capturados pelos sensores e tratados pelo Arduino®, enviados via *Bluetooth* para a aplicação.
7. Testar todos os sistemas desenvolvidos, partindo desde a captura de dados até a exibição e o armazenamento desses dados pela aplicação *mobile*.
8. Documentar todo o desenvolvimento e os resultados capturados pelo sistema, bem como a funcionalidade da aplicação.

1.3 Metodologia

Para então, partindo dos objetivos descritos anteriormente, executar este projeto de pesquisa e realizar os procedimentos necessários para coloca-lo em prática, foi necessário a realização de algumas etapas, que foram primordiais para o êxito deste trabalho.

1. Definição das variáveis climáticas, as quais a Estação Meteorológica iria capturar.
2. Distinguir quais sensores seriam utilizados para capturar uma determinada variável definida em específico, partindo de suas especificações técnicas buscando o melhor sensor possível.
3. A possibilidade do desenvolvimento de um *App*, que fosse capaz de receber esses dados remotamente, exibindo-os para o usuário comum de forma simples e dinâmica.
4. Desenvolvimento do *Hardware*, e *App*, realizando a integração via comunicação com a utilização do *Bluetooth*.
5. Captura de dados e validação.

6. Documentação de todas as etapas apresentadas anteriormente, partindo desde a pesquisa de informações e de estações, até a implementação e validação dos dados e resultados.

1.4 Organização do documento

Este documento está estruturado em 5 capítulos. No capítulo 2, é apresentado uma explanação teórica acerca das estações meteorológicas, os tipos de sensores que foram utilizados para a captura de dados, a plataforma Arduino®, o *software* de programação do microcontrolador, a IDE de programação Android® e o aplicativo utilizado, bem como o armazenamento em banco de dados *SQLite*®. No capítulo 3 tem-se um pequeno resumo e comparação em relação a trabalhos relacionados. No capítulo 4 é explanado uma abordagem a metodologia de testes experimental, que foram realizados para a validação dos sensores com o objetivo de apresentar os resultados que foram obtidos através de testes. Por último, no capítulo 5, é apresentado a conclusão, na qual é realizado o levantamento para trabalhos futuros.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Mediante a base de estudo e os principais conceitos desse trabalho serem relacionadas a estações meteorológicas, mais especificamente as estações automatizadas, é de fundamental importância ter conceitos a cerca desses aparatos em relação a climatologia e sua importância nos setores agrícolas. Não só conceitos teóricos, mas, todo o aparato, desde seu desenvolvimento a nível de *Hardware* até o desenvolvimento a nível de *App*, são descritos neste capítulo.

2.1 Meteorologia

A necessidade do homem em monitorar as condições climáticas e as variações do clima tempo tornaram-se fatores necessários, mediante as exigências impostas pelos fatores climáticos. Com o ambiente climático alterado, por conta do aquecimento global, o tempo não se comporta mais com a estabilidade que se espera para uma produção segura. As estações do ano mudaram e os fenômenos da natureza têm se intensificado (BANDERALLI, 2021). Neste sentido, tem-se a necessidade da implantação das estações meteorológicas, pois elas permitem um melhor planejamento nas áreas de agricultura e energia, por acompanhar essas variações do clima e, conseqüentemente, buscar melhores resultados a partir de estudos realizados com base em dados coletados por essas estações.

No mercado existem muitas estações meteorológicas que permitem a leitura das variações dos dados relativas as condições climáticas, algumas destas podem ser de difícil acesso por questões relacionadas ao custo, a complexidade, a manutenibilidade. A computação e a *internet*, facilitou bastante os fatores relacionados a estações automatizadas, melhorando assim a coleta de informações e dados, mas não podemos ainda tirar o mérito das estações convencionais que ainda sim apresentam sua importância nesse meio.

Dentro deste campo de pesquisa, o principal foco é o desenvolvimento de uma estação meteorológica do tipo: Estação Climatológica Ordinária, que segundo ANDRE e MARQUES (2015), pode ser caracterizada pelo número de observações realizadas, pelo menos uma por dia, e pelos equipamentos empregados na sua formação. Onde Neste projeto é visto o emprego desses aparatos, podendo ter ainda características de uma estação automática, por possuir sensores, que realizam a coleta de dados e informações e exibindo os valores ao usuário final de forma automática que segundo ANDRE e MARQUES(2015) podem ser chamadas as vezes de “plataformas de coleta de dados”.

2.2 Sensores Utilizados

2.2.1 Sensor DHT22

Uma das principais variáveis presentes e de grande importância para o monitoramento climático é a temperatura. Segundo Bitson (2006), a temperatura é uma das variáveis climáticas mais comuns e mais importante nas estações. Esta variável, define condições muito importantes relacionadas as características da temperatura em que se encontra o espaço, refletindo diretamente nas condições de plantio e ainda na vida das pessoas. A temperatura impacta fortemente durante todo o ciclo das culturas, determinando a taxa de crescimento e desenvolvimento, a ocorrência de insetos, o aparecimento de doenças fúngicas, a taxa de evapotranspiração, uso da água e horários de irrigação entre outros (RADIN e MATZENAUER, 2016).

Não só a temperatura, mas também a umidade do ar é uma variável muito importante, pois ela define questões relacionadas ao ressecamento das plantas.

O sensor DHT22 é um sensor que se apresenta com um baixo custo, trazendo uma vantagem importante de realizar a leitura da temperatura e da umidade do ar. O DHT22 é um sensor de temperatura e umidade que permite fazer leituras de temperaturas entre -40 °C a 80 °C (graus Celsius) e umidade entre 0 a 100%.

As especificações técnicas e características de modelo do sensor são descritas na Tabela 1.

Tabela 1: Especificações Técnicas sensor DHT22

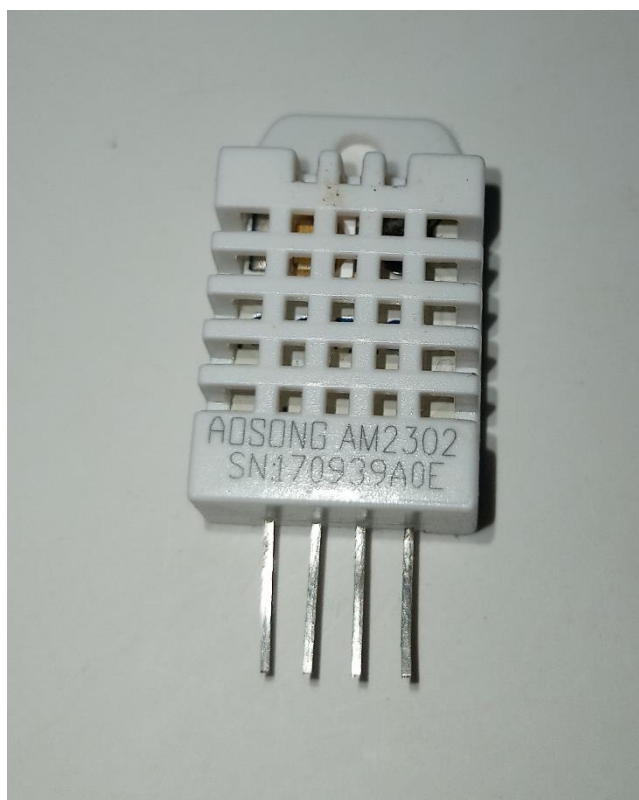
Modelo	DHT22
Fonte de alimentação	3.3-6V DC
Sinal de Saída	Sinal digital via barramento-único
Elementos de detecção	Capacitor de polímero
Limites Operacionais	Umidade – 0-100%RH; Temperatura: -40~80Clesius
Precisão	Umidade +-2%RH(Max +-5%RH); Temperatura <+-0.5Celsius
Resolução ou sensibilidade	Umidade 0.1%RH; Temperatura 0.1Celsius
Repetibilidade	Umidade +-1%RH; Temperatura +=0.2Celcius
Histerese de umidade	+ -0.3% RH
Estabilidade de longo prazo	+ -0,5% RH/ano
Período de detecção.	Média: 2s

Intercambialidade	Totalmente intercambiável
Dimensões	Tamanho Pequeno: 14x18x1,5 mm; Tamanho grande: 22x28x5 mm

Fonte: Thomas Liu (2021).

Na Figura 1, pode-se ver as características físicas deste sensor.

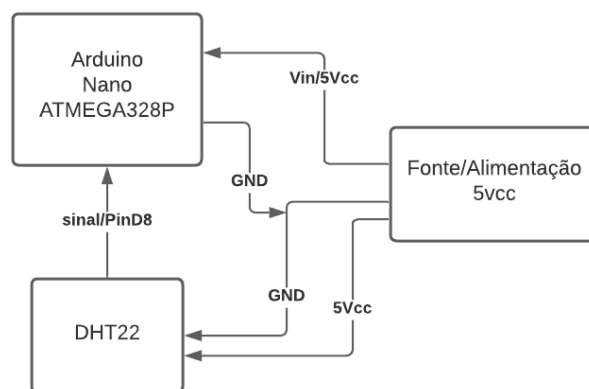
Figura 1: Sensor DHT22



Fonte: Autoria Própria (2021)

No Diagrama 1, é apresentado a forma de ligação e pinos de conexão do sensor ao microcontrolador.

Diagrama 1: Ligação do DHT22 ao microcontrolador



Fonte: Autoria Própria

2.2.2 Sensor Módulo Bluetooth

Para a estação Meteorológica se tornar cada vez mais automatizada e melhorando assim a comodidade do usuário em a aferição dos dados e a coleta das informações via conexão remota, foi utilizado o módulo *Bluetooth*. Uma das características das EMAs é a comunicação remota, a aquisição dos dados sem a necessidade do usuário está presente diretamente no local de instalação do aparato completo. Nesse tipo de estação os sensores emitem sinais elétricos, que são captados por um sistema de aquisição de dados (*Datalogger*), possibilitando que o armazenamento e o processamento dos dados sejam informatizados (BALBINO, 2016). Este módulo permitiu a captura dos dados de uma distância que proporcionou uma certa comodidade, transmitindo esses dados ao dispositivo *mobile*, para que assim fossem exibidos de forma rápida e simples na interface do *App*.

Por se tratar de um sensor que se apresenta com boas respostas por exemplo ser estável e rápido em termos de transmissão de dados, foi utilizado para este projeto o módulo *Bluetooth* JDY-30. Este módulo é semelhante aos demais módulos utilizados no mercado para este tipo de comunicação remota, como por exemplo o HC-05. Por ser simples de utilizar e implementar, utilizando comandos AT – *attention*, facilita assim as alterações que possam ser pertinentes e necessárias ao uso deste dispositivo.

Foram utilizados os comandos AT apenas para alterações relacionadas a senha de acesso necessária para abertura e estabelecimento de pareamento com outros dispositivos, esta senha é requerida no ato do estabelecimento de conexão. Usando comandos AT, o usuário pode se comunicar por meio da porta serial e do chip *Bluetooth*. Na Tabela abaixo pode ser vista uma lista de todos os comandos AT que podem ser utilizados neste dispositivo para configurações.

Tabela 2: Comandos AT Módulo Bluetooth JDY-30

Comando	Resposta	Função
AT	OK	Comando teste
AT+RESET	+VERSION = JDY-30-V1.2, Bluetooth V3.0	Versão do módulo de leitura
AT+VERSION<version>	OK	Altera versão do módulo
AT+DEFAULT	OK	Reinicializa o módulo para configurações de fábrica.
AT+NAME	+NAME= JDY30-30-V1.2	Nome do módulo de leitura.
AT+NAME(nome)	OK	Define o nome do módulo.
AT+BAUD	+BAUD=[1:C]	Taxa de Baud de leitura:

Fonte: TECHNOLOGY (2021).

O módulo JDY-30 Bluetooth é projetado para o protocolo padrão Bluetooth, opera em banda de frequência de 2,4 GHz e suporta taxas de dados rápidas. (TECHNOLOGY, 2021). Na tabela abaixo, pode ser analisada especificações técnicas relacionadas ao uso do módulo.

Tabela 3: Especificações técnicas do módulo

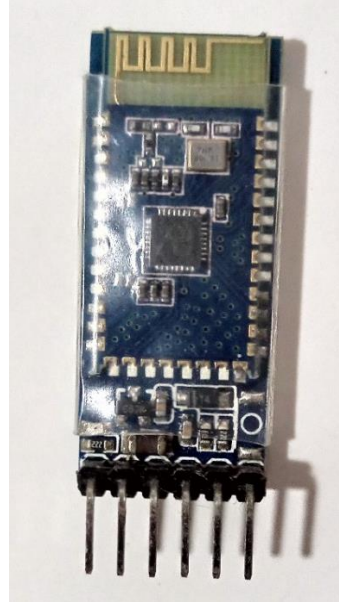
Tensão operacional	2,2 – 4,2V
Temperatura de Operação	-40 – 85 °C
Antena	Antena <i>Onboard</i> PCB
Corrente de consumo	Modo operacional: 19 mA; Modo de Espera: 40uA

Fonte: TECHNOLOGY (2021).

Na utilização deste sensor, pode-se definir muitas questões relacionadas a características físicas como LEDs, que facilitam a visualização e um *FeedBack* ao usuário relacionados a comunicação entre o dispositivo que se queira estabelecer a comunicação. Na

Figura 2, pode-se ter uma visão geral das características físicas relacionadas a este sensor e sua comunicação visual.

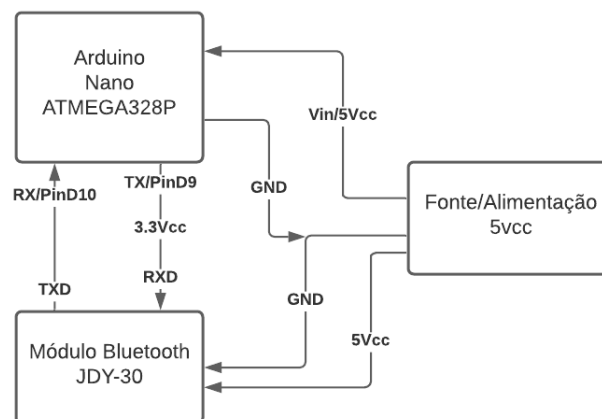
Figura 2: Sensor modulo Bluetooth – JDY30



Fonte: Autoria própria (2021)

No Diagrama 2, são apresentadas as ligações e a forma de comunicação deste sensor ao microcontrolador.

Diagrama 2: Ligação do módulo Bluetooth ao Microcontrolador



Fonte: Autoria Própria

2.2.3 Sensor MQ2

As condições do ar ambiente e dos gases expelidos pelas condições ambientais e alterações relacionadas as características de cada local podem ser preponderantes e muito influentes na saúde relacionada a plantações e as condições de vida das pessoas em quais quer ambientes relacionados.

Neste sentido, é expressa a necessidade do uso de sensores detectores de gás, para analisar questões relacionadas a qualidade do ar e as condições propícias do ambiente para o cultivo em determinado setor de produção. Assim é necessário a aplicação do sensor MQ2 neste projeto, para que assim possa através dele e de suas características, saber como se encontra as condições ambientes do ar.

O sensor MQ2 foi escolhido pelo fato da estação poder está presente em locais que a influência de gases reflete nas condições de vida das pessoas e nos setores de plantação e ambientes de convivência local. O Sensor de Gás Inflamável / Fumaça – MQ-2 é um módulo eletrônico desenvolvido com a finalidade de detectar a presença de gás inflamável/fumaça em determinado ambiente (OLIVEIRA, 2021). A partir da coleta de dados realizada e da detecção do estado do ar ambiente em condições de gases e características ambientes, é definido na estação se o ar está nas seguintes condições em uma escala em resistência de 0 a 600 Ohms: Ótimo: menor que 50; Boa: maior que 51 e menor que 100; Regular: maior que 101 e menor que 200; Inadequada: maior que 201 e menor que 300; Má: maior que 301 e menor que 500; Péssima: maior que 501.

Eles são usados em equipamentos de detecção de vazamento de gás, são adequados para detectar de GLP, i-butano, propano, metano, álcool, hidrogênio, fumaça (ELETRONICS, 2021). Por apresentar um amplo escopo de detecção de gases, o sensor pode cobrir uma área melhor no espaço, tendo também uma rápida resposta na detecção e uma alta sensibilidade em condições ambientes.

Na Tabela 1 é mostrado especificações técnicas relacionadas ao sensor e suas condições de leitura relacionado a questões como condições ambiente e trabalho padrão de seu funcionamento.

Tabela 4: Condições de trabalho Padrão e ambientais.

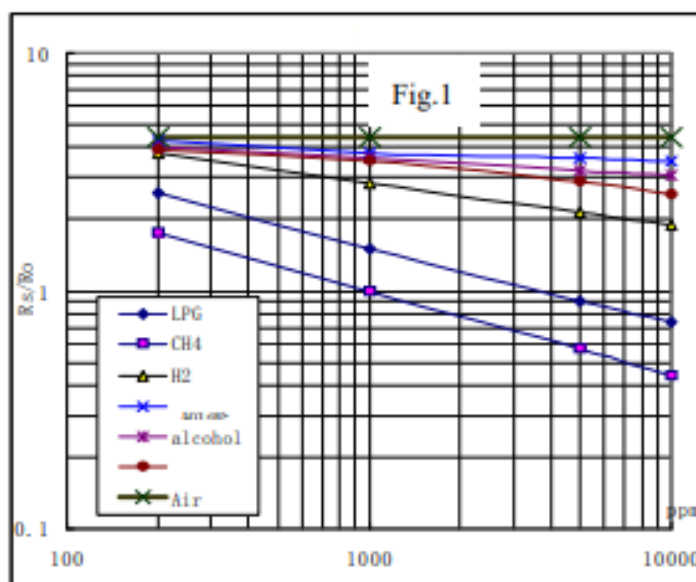
Símbolo	Nome do Parâmetro	Condição técnica	Observações
V_c	Tensão do circuito	$5V \pm 0,1$	AC ou DC
V_H	Tensão de aquecimento	$5V \pm 0,1$	AC ou DC
R_L	Resistência de carga	Pode Ajustar	
R_H	Resistência do aquecedor	$33hms \pm 5\%$	Room Tem
P_H	Consumo de aquecimento	Menos de 800 mW	
T_{ao}	Room Tem	$-20\text{ }^{\circ}\text{C} - 50\text{ }^{\circ}\text{C}$	
T_{as}	Room de Armazenamento	$-20\text{ }^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$	

R _H	Umidade relacionada	Menos de 95% Rh	
O ₂	Concentração de Oxigênio	21%(condição padrão) de oxigênio a concentração pode afetar a sensibilidade	O valor mínimo é mais de 2%

Fonte: Datasheet (2021)

Este sensor pode ser utilizado mediante situações que se leva em consideração o estado atual das condições ambientes, para que assim possa facilitar as definições de cada gás determinado a partir de um gráfico de trabalho do sensor. A Figura 3, exibe um gráfico que pode nos mostrar características específicas relativas as condições de sensibilidade de leitura do sensor utilizado neste projeto.

Figura 3: Características de sensibilidade a gases específicos



Fonte: Datasheet (2021)

A partir da Figura 3, pode ser definido as condições necessárias para a coleta de dados realizada por este sensor em específico. Assim, este sensor nos permite através de condições e configurações delimitar a qualidade do ar que pode ser lida e expressa em nossa estação meteorológica. Pertencendo a uma família de sensores MQ, este foi o escolhido para este projeto, por apresentar características relativas também a temperatura, que fossem essenciais para as leituras que estivessem aceitáveis ao usuário.

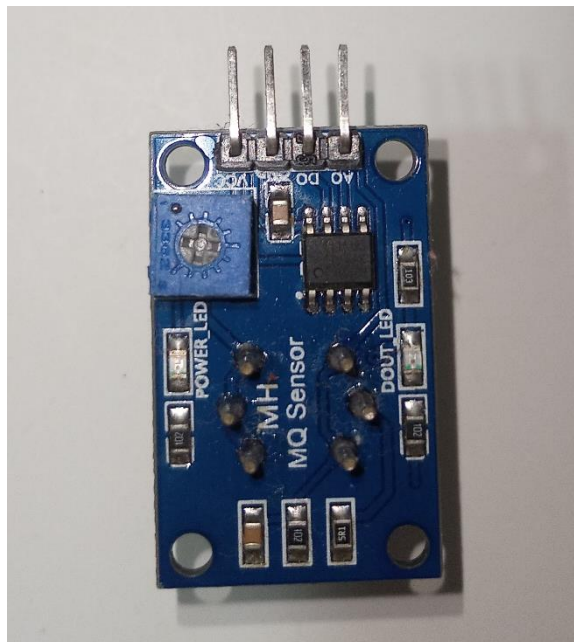
Mediante a apresentação das características técnicas deste sensor, pode-se ver na Figura 4, uma imagem do sensor MQ2, apresentando suas características físicas, sua apresentação e pinagem.

Figura 4(a): Imagem do sensor MQ2 (Sensor)



Fonte: Autoria Própria (2021)

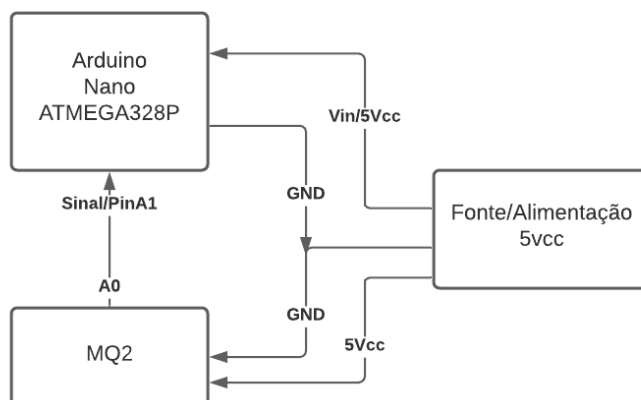
Figura 4(b): Imagem do sensor MQ2 (Módulo)



Fonte: Autoria Própria (2021)

No Diagrama 3 é apresentado o esquemático de ligação do sensor MQ2, com suas portas de comunicação aos pinos do microcontrolador.

Diagrama 3: Ligações do sensor MQ2 ao microcontrolador



Fonte: Autoria Própria

2.2.4 Sensor de Umidade do solo (Higrômetro)

Um solo encharcado por sua vez, prejudica a produtividade na agricultura, levando-se em situações que a alta umidade pode de certo modo, prejudicar ainda também o crescimento de setores de plantação, e ou de acesso a locais por ocorrências de atoleiros. Amplos níveis de umidade são de alta importância para o rendimento, portanto as plantas não crescerão e se desenvolverão com umidade inadequada do solo (SYSTEM, 2020).

O monitoramento das condições climáticas, especificamente o solo, pode trazer bons resultados nas questões de plantio, visto que as condições de solo e umidade são importantes em relação a determinada estação do ano e a determinado cultivo.

Para este monitoramento, e uma regular alteração nas condições de umidade do solo para adaptações com relação a baixa umidade, é essencial que existam um aparato que possa trazer condições atuais referentes a estes estados de umidade. No processo de termorregulação, a planta evapora até 99% de toda a água obtida, utilizando apenas 0,2% a 0,5% para a formação da massa vegetativa. Portanto, é fácil entender que a planta tem necessidades diferentes de umidade dependendo das condições climáticas e estágios de crescimento (SYSTEM, 2020). Neste sentido foi implementado neste projeto o higrômetro, sensor responsável por realizar as medidas e aferições necessárias referente as condições relativas ao solo em relação ao seu nível de umidade.

Este sensor se comporta como ideal para este tipo de aferição, visto que ele trabalha com contato direto ao solo, contendo pontas como garfos, que podem ser espetados na superfície terrestre. O Sensor (Medidor) de Umidade do Solo (Higrômetro) é um módulo eletrônico desenvolvido com a finalidade de detectar / medir variações de umidade do solo, (OLIVEIRA, 2021). Contendo um fio de ligação entre a parte em contato com o solo, e

possuindo um módulo, onde este, utiliza do garfo conector para capturar informações referentes ao solo, trata-las e enviar ao microcontrolador.

O sensor é composto basicamente duas hastes que ficaram presas ao solo que iremos monitorar e um circuito comparador que irá nos retornar o nível de condutividade do solo, na Figura 6 pode-se ver as características físicas relacionadas a sua estrutura. Sua conexão é de forma simples e prática, portando apenas 4 pinos, um pino Vcc como alimentação 5 volts de tensão, pino GND, pino digital para comunicação em apenas solo seco ou úmido, e um pino analógico, sendo este o pino utilizado neste projeto, descartando assim o pino digital de conexão.

Figura 5(a): Sensor Higrômetro (Modulo Regulador)



Fonte: Autoria própria (2021)

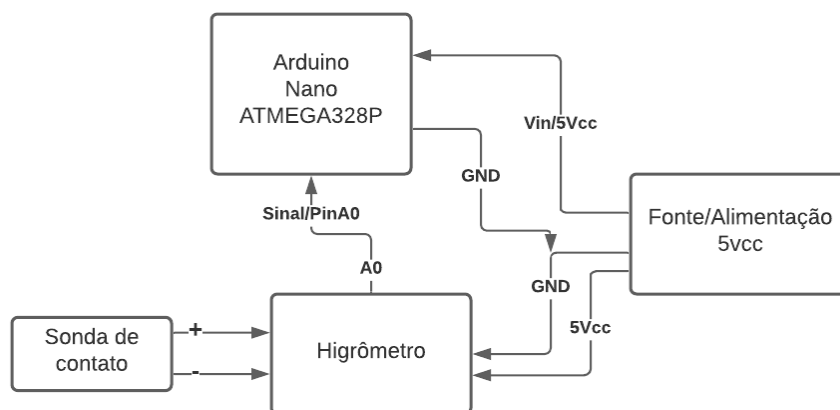
Figura 5(b): Sensor Higrômetro (Contacto p/ terra)



Fonte: Autoria Própria (2021)

No Diagrama 4, pode ser visto a ligação específica entre o microcontrolador o módulo leitor de informações e a sonda de fixação ao solo.

Diagrama 4: Ligação entre microcontrolador sensor e sonda.



Fonte: Autoria Própria

2.2.5 Sensor de pressão e altitude

Em sua maioria das estações meteorológicas possuem leituras relativas à pressão e altitude em determinados locais e diferentes níveis da atmosfera. Como são parâmetros que constantemente estão presentes na maioria das estações meteorológicas, se torna de suma

importância para sua presença e aprimoramento dos dados da estação para trazer bons resultados ao usuário.

Para a aferição desses dados, foi utilizado o módulo sensor de pressão e altitude onde nele está acoplado o chip digital de pressão BMP180. Este sensor se apresenta com uma boa resposta trazendo resultados e dados precisos, pertencendo a família de sensores BMP sendo o sucessor do chip BMP085. O BMP180 consiste em um sensor piezo-resistivo, um conversor analógico para digital e uma unidade de controle com E²PROM e uma interface serial I²C (BOSH, 2021). Na Tabela a seguir, pode ser visto as características específicas a este sensor contendo sua faixa de leitura de pressão e tensão de alimentação.

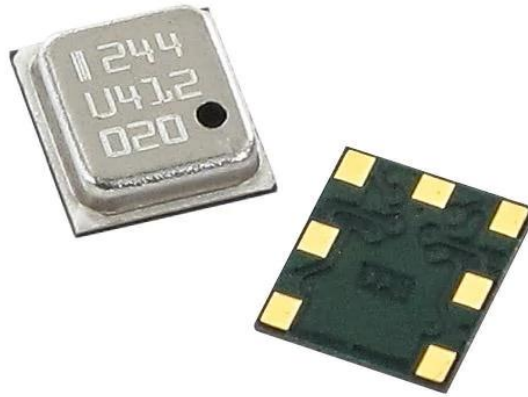
Tabela 5: Especificações técnicas chip BMP180

Variação de pressão	300 ... 1100hPa (+ 9000m ... -500m em relação ao nível do mar)
Tensão de alimentação	1,8 ... 3,6 V (V DD)1,62 V ... 3,6 V (VDDIO)
Pacote	Pacote LGA com tampa de metalPegada pequena: 3,6 mm x 3,8 mmSuper plano:0,93 mm de altura
Baixa potência	5 µA a 1 amostra / seg. no modo padrão
Barulho baixo	0,06hPa (0,5m) em modo de energia ultrabaixaModo de resolução avançada de 0,02hPa (0,17m)

Fonte: BOSH (2021)

Dentro dessas características técnicas, pode-se ver que utiliza de baixo consumo, facilitando assim a alimentação integrada ao módulo controlador com baixo consumo. Na Figura 6, pode ser visto características físicas relacionadas ao chip de captura de informações.

Figura 6: Imagem do Chip BMP180 1



Fonte: BOSH (2021)

A unidade de pressão utilizada é a hPa, para esse dado ser exibido nesta unidade, deve-se usar dados para calibração, sendo constantes lidas pelo próprio chip. Para o cálculo da altitude, este sensor trabalho baseado em coeficientes de calibração, com a pressão medida em P, estando ao nível do mar, a altitude pode ser calculada utilizando da fórmula barométrica internacional vista na equação 1.

$$altitude = 44330 \cdot \left(1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{5.255}} \right) \quad (1)$$

Com base na altitude absoluta calculada recebida pelo sensor, a pressão pode ser calculada para partindo desses dois resultados de altitude absoluta e pressão em P, pode ser visto esse cálculo na equação 2.2.5.2.

$$P_0 = \frac{p}{\left(1 - \frac{altitude}{44330} \right)^{5.255}} \quad (2)$$

Partindo desses dados, pode-se ter uma definição da altitude e pressão em relação a cada localidade em que a EMA esteja instalada. Na Figura 7, pode ser visto as características físicas do sensor, portando apenas de 4 pinos, o Vcc, com uma tensão de apenas 3.3 Volts, o GND e os pinos SCL e SDA, ambos pinos de comunicação I²C. Na Figura 7, pode ser visto as características físicas do módulo sensor, apresentadas de forma a exibir o chip e todo o módulo de comunicação.

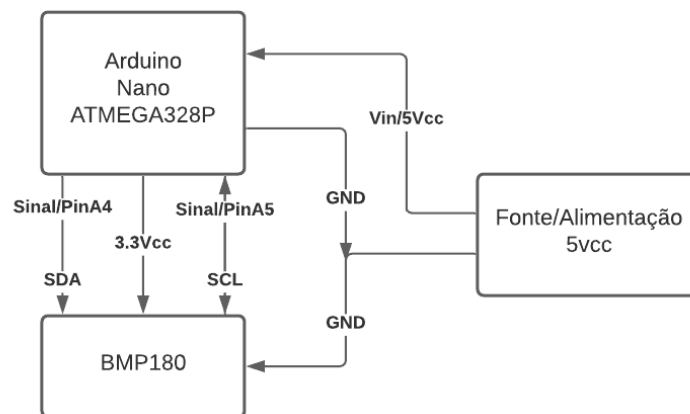
Figura 7: Sensor BMP180 (Pressão/Altitude)



Fonte: Autoria Própria (2021)

No diagrama 5, é apresentado as ligações realizadas entre o microcontrolador e o sensor BMP180.

Diagrama 5: Ligação do sensor BMP180 ao microcontrolador



Fonte: Autoria Própria

2.2.6 Sensor Anemômetro

A velocidade do vento é uma das variáveis mais comuns em estações meteorológicas, pelo fato em que ela pode determinar fatores comuns nas mudanças climáticas. Ventos são importantes para a dinâmica natural do planeta, a qual envolve o clima, relevo, formação de chuvas, entre outros fatores (MATIAS, 2021). O vento também está relacionado as condições e ou ocasionais relativas a outras variáveis do tempo, representando a mudança

climática e até mesmo variações que podem ocorrer bruscamente nas características do tempo. Segundo Matias (2021) define o vento como o deslocamento do ar e da variação da pressão atmosférica ao longo de um período relativo. Sendo assim, mudanças ocorrem refletindo outras mudanças climáticas, que por sua vez podem trazer consequência essas podem ser boas, ou até mesmo podem trazer catástrofes.

O monitoramento do vento se torna primordial não só para as lavouras, mas também para todo um conjunto de fatores que podem sofrer reflexos das variações do vento e mudanças climáticas. Devido à esfericidade e rotação da Terra, os ventos estão em constante movimento e possuem diferentes características, podendo ser úmidos, secos, quentes ou frios (MATIAS, 2021). Assim, um aparato para realizar a aferição destas variações e o monitoramento das condições do vento se torna algo bastante importante nas estações, podendo ajudar na previsão das mudanças mais comuns em determinados períodos de tempo, colocando-se como um fato determinante para adaptações.

O anemômetro, aparato utilizado para realizar as aferições das condições do vento nesta EMA, é um aparelho que funciona baseado apenas na mediação da velocidade do vento. Podem existir vários tipos de anemômetros para realizar as medidas o anemômetro aqui utilizado é baseado em um corpo de alumínio e conchas em uma formação em estrela que pode capturar as variações de vento.

Este aparato é baseado em um sensor *reed switch*, se comportando assim, como um aparato de boa precisão e de rápida resposta om leituras bem confiáveis, além de uma maior resistência a agentes extensos pelo fato de ser construído em alumínio. Com a implementação de cálculos a nível de código, a leitura com este sensor pode ser feita em Rotações por Minuto, metros por segundo, ou em quilômetros por hora, podendo-se aplicar ainda as três unidades de medida a nível de código, neste projeto foi utilizado da unidade de medida quilômetros por hora (km/h). O aparato funciona basicamente com 5 volts, sendo bem fácil e rápida sua instalação, já possuindo as anilhas para a fixação em um suporte, e com apenas uma rápida conexão trabalhando baseado em pinos digitais de comunicação. Esse instrumento deve ser instalado a 2 metros de altura em relação ao solo (BALBINO, 2016) Por ser baseado em um *reed switch*, trabalha com interrupções, podendo ser definida sua conexão em uma porta específica do CI, e nela aplicada uma espécie de monitor de interrupções, que a cada interrupção gerado pelo *reed switch*, é realizado o cálculo para capturar a velocidade do evento de forma exata e precisa.

Pode ser visto na Figura 8 as características físicas relacionadas a este tipo de anemômetro em especial, utilizado nesta estação meteorológica.

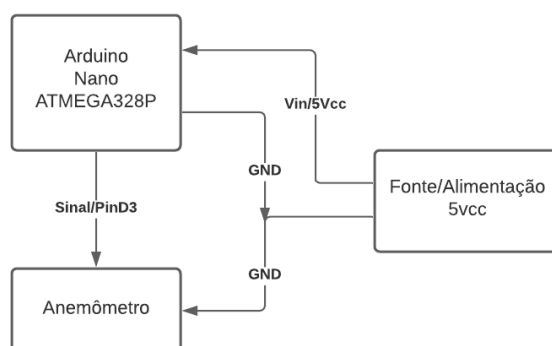
Figura 8: Anemômetro



Fonte: Autoria Própria (2021)

No Diagrama 6, é apresentado as ligações do Anemômetro ao Microcontrolador.

Diagrama 6: Ligação do anemômetro ao microcontrolador



Fonte: Autoria Própria

2.2.7 Sensor Pluviômetro

A chuva faz parte do infinito ciclo da água da terra, no início do ciclo, a luz solar aquece a água na superfície do planeta, que por sua vez, é evaporada em forma de gotículas de água, essas gotículas se condensam nas nuvens, que ao serem resfriadas podem se

precipitar, formando as chamadas chuvas. Essas chuvas podem ocorrer com padrões diferentes em determinadas estações, a estação sendo mais comum é o inverno, podendo ser altas ou baixas precipitações.

Para realizar esta aferição e o controle, foi aplicado a esta estação meteorológica um aparato chamado de pluviômetro, este por sua vez com o princípio de funcionamento baseado em um *reed switch*, e um sistema basculante. Neste sentido este aparato se comporta como de alta confiança, rápida resposta e precisão nas medições, visto que possui o mesmo princípio de funcionamento do anemômetro. Em seu interior é composto por uma gangorra basculante que pode ser vista na Figura 10, na qual cada lado desta gangorra comporta exatamente 0,25 milímetros de água. A cada virada da gangorra, é medido exatamente 0,25 milímetros e um ímã anexado a gangorra passa pelo *reed switch*, realizando uma contagem de um pulso de medição enviado ao microcontrolador. Sua instalação é de forma simples, com uma alimentação de 5 volts em um dos fios, já vindo com uma anilha de instalação em suporte de fixação, sendo instalado em campo aberto afastado de muros e árvores. Por trabalhar baseado em uma medida de fluído internamente, em seu corpo totalmente de alumínio vem anexado um nível de bolha, para que o aparato assim possa ser instalado em total nivelamento, aumentando a confiança nas medidas realizada.

Figura 9: Pluviômetro (interno)



Fonte: Autoria Própria. (2021)

Na Figura 11, pode ser visto as características físicas do aparato bem como suas anilhas de instalação em suporte.

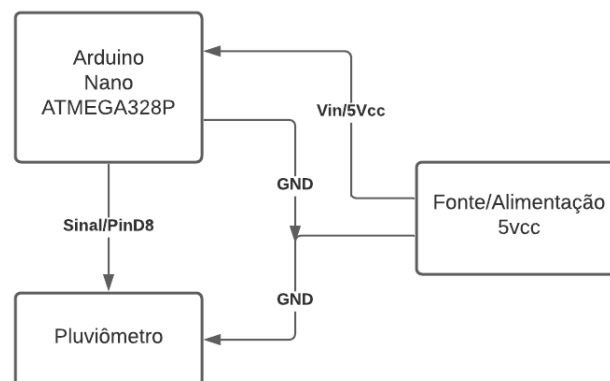
Figura 10: Pluviômetro (externo)



Fonte: Autoria Própria. (2021)

No diagrama 7, é apresentado as ligações do anemômetro ao microcontrolador, especificamente os pinos de conexão e as portas de sinais.

Diagrama 7: Ligações do Anemômetro ao microcontrolador



Fonte: Autoria Própria

2.2.8 Módulo RTC

A previsão do tempo está baseada, entre outros, em dados observados de hora em hora nas estações meteorológicas de superfície, convencionais ou automáticas, espalhadas por todo o território nacional, (INMET, 2021). Assim, para a aferição de dados em tempos

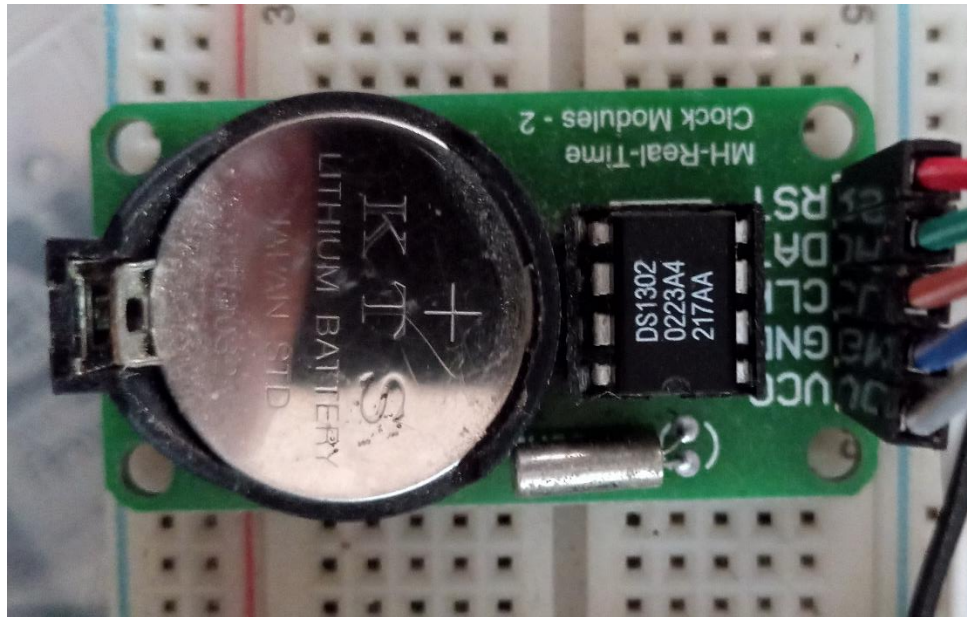
programados e períodos de horários pré-definidos, é necessário a presença de um sistema que possa capturar as datas e horários correntes, para assim realizar uma melhor previsão aquilo que se quer determinar.

Foi implantado neste projeto, um módulo que permite capturar as datas e horários configurados a nível de código, partindo deste as atualizações se tornam automáticas os padrões e captura dos dados podem ser realizados pelo microcontrolador. O módulo implantado foi o RTC DS1302, da família de módulos RTC para contabilização de horários e datas. Esse módulo é considerado como um chip de cronometragem residual, direcionado para cronometragem de dados e horários, podendo cronometrar em tempo real com exibição de segundos, minutos, horas, datas do mês, dias da semana e ano com ano bissexto com compensação deste ano até 2100. O chip de cronometragem de carga lenta DS1302 contém um relógio / calendário em tempo real e 31 bytes de RAM estática. Isto é comunica-se com um microprocessador por meio de uma interface serial simples (INTEGRATED, 2021). Por ser um módulo integrado ao chip com melhoramento, sucessor do DS1202, com apenas 5 pinos de ligação permitindo um melhor controle do módulo a nível de código, possui ainda uma bateria externa de 3.3 volts de alimentação de RAM, mantendo assim o contador atualizado e em total funcionamento em momentos em que a alimentação ao pino Vcc do módulo é cortado.

Para sua conexão e comunicação, é utilizado os pinos Vcc com uma tensão de entrada de 5 Volts, pino GND, e comunicação pinos SCLK, de comunicação serial direta ao módulo e ao microcontrolador, o pino SDAT e o pino RST para questões de reset e atualização do módulo. O CI DS1302, é removível do módulo, permitindo assim a facilidade em manutenção assim como a bateria, para questões como melhorias e ou reparos que possam ser necessários serem feitos no sensor.

Na Figura 11, pode ser visto as características físicas do CI acoplado ao módulo, contendo já a bateria de 3.3 V em ligação com módulo RTC.

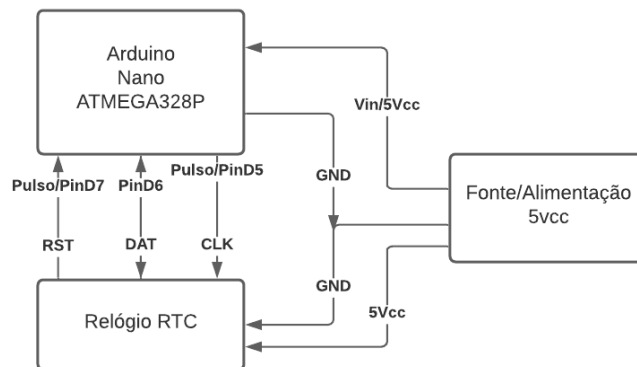
Figura 11: Módulo RTC DS1302



Fonte: Autoria Própria (2021)

No Diagrama 8, é apresentada a ligação do relógio RTC ao microcontrolador com os pinos e ligações descritos.

Diagrama 8: Ligações do Relógio RTC ao microcontrolador



Fonte: Autoria Própria

2.2.9 Display LCD

Para uma maior comodidade, e a segurança dos dados em serem exibidas de forma direta sem interferências externas ao usuário é utilizado o display LCD.

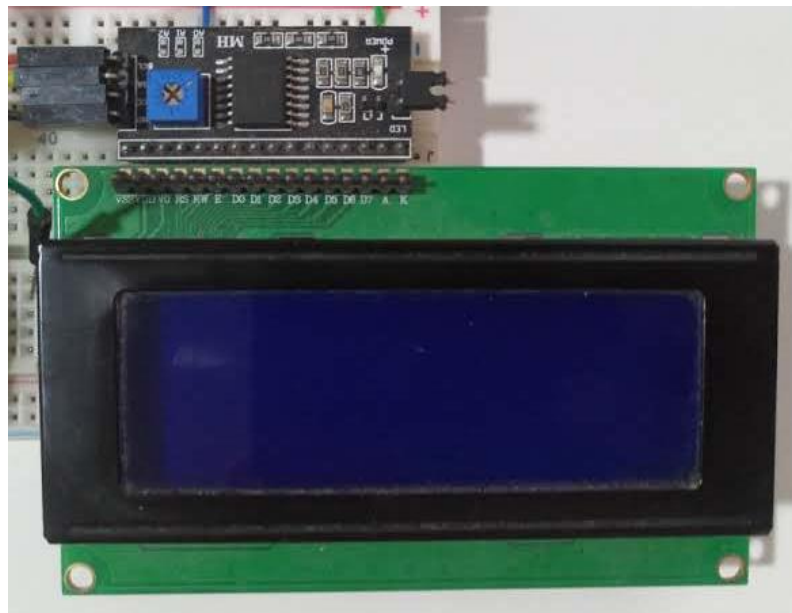
Displays LCD, são utilizados na maioria dos projetos como uma forma para o usuário perceber e ver esses dados exibidos de forma rápida e bastante simples, trazendo facilidade e usabilidade. Neste projeto foi utilizado um display LCD com 20 colunas e 4 linhas, em que todas as informações relacionadas aos *Hardwares* da estação, são exibidos de forma aleatória no display, cada um por vez em um tempo decorrido de 3 segundos, para cada informação a

ser exibida para o usuário final. O display LCD é um módulo que possui em sua formação para conexão com o micro controlador 16 pinos de ligação, tornando assim um problema, com relação a disponibilidade de portas que podem ser usadas no micro controlador para a ligação a outros sensores e ou aparatos que possam ser acrescentados.

Para solucionar essa problemática relacionada aos pinos foi acoplado as ligações dos pinos do display LCD um módulo I²C, podendo assim reduzir os números de pinos de 16 para apenas 4 pinos necessários para ligação ao microcontrolador Arduino®.

Na Figura 12, pode ser visto as características físicas relacionadas ao *display* LCD, acoplado ao módulo I²C.

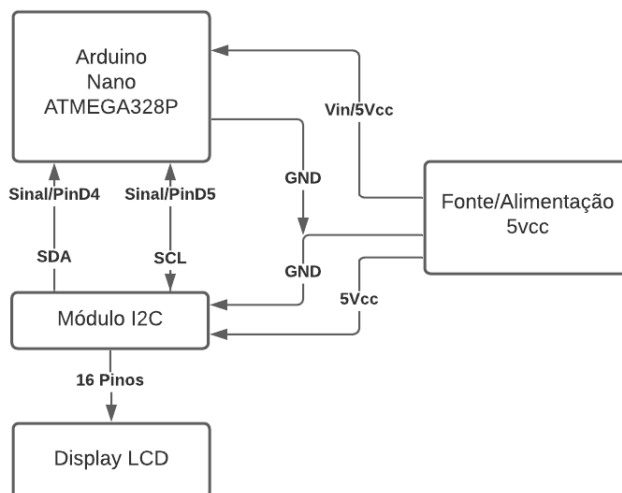
Figura 12: Display LCD, módulo I2C



Fonte: Autoria Própria. (2021)

No Diagrama 9, é identificado as ligações do *display* LCD, englobando a sua passagem pelo Módulo I²C, facilitando assim as ligações e comunicação até o microcontrolador.

Diagrama 9: Ligações entre Display LCD e microcontrolador.



Fonte: Autoria Própria

2.3 Arduino® Nano

Como todo sistema de *hardware*, possui um “cérebro”, para a realização do controle entre periféricos e sistemas de comunicação e coleta de dados, as estações meteorológicas por sua vez também possuem um sistema de controle local para armazenamento de dados e manipulação das informações capturadas dos sensores. Do mesmo modo, a EMA construída neste projeto, possui um *hardware* que faz todo o controle e informações e manipulação de dados dos sensores.

O *hardware* utilizado para todo o controle é da família dos dispositivos Arduino®, sendo este em específico o Arduino® Nano. Uma plataforma de desenvolvimento de baixo custo e de código aberto, permitindo assim o fácil acesso a estes dispositivos, podendo permitir a fácil manipulação através do *hardware* de controle, e uma IDE, na qual é realizado a codificação e toda a programação desejada. Dentro de toda a plataforma de sistemas embarcados existe diversos tipos de Arduino® entre eles: Uno, Mega, Micro, Nano Every, e uma vasta opção de hardwares, que podem ser aplicados de acordo com as necessidades do projeto em questão. Uma das principais características dessa plataforma, o Arduino® Nano em específico, é o seu tamanho reduzido e usabilidade, podendo assim facilitar a manutenibilidade, diante dessas características, mostrou-se bastante viável a sua implementação neste projeto.

Entre as características aplicadas ao Arduino nano, temos as especificações técnicas referentes a este tipo de *hardware* em específico, podendo ser conferidas na Tabela 5.

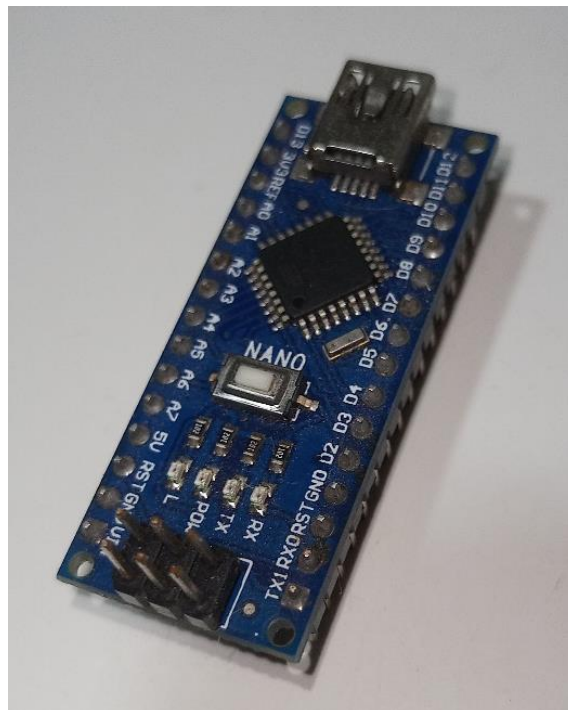
Tabela 6: Especificações técnicas do Arduino® Nano

Microcontrolador	Atmel ATmega168 ou ATmega328
Voltagem de operação (nível logico)	5 V
Voltagem de entrada (recomendada)	7-12 V
Voltagem de entrada (limites)	6-20 V
Pinos digitais I/O	14 (dos quais 6 podem ser saídas PWM)
Pinos de entrada analógica	8
Corrente contínua por pino I/O	40 mA
Memória Flash	16 KB (ATmega168) ou 32 KB (ATmega328) dos quais 2 KB são utilizados pelo bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) ou 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) ou 1 KB (ATmega328)
Velocidade de Clock	16 MHz
Dimensões	0.73" x 1.70"

Fonte: Comphaus (2021)

Na Figura 13, pode ser visto as características físicas relacionadas ao *hardware* Arduino® Nano.

Figura 13: Arduino® Nano



Fonte: Autoria Própria (2021)

2.4 Aplicativo.

Para que as informações coletadas pela EMA, pudessem ser exibidas ao usuário de forma prática e simples, foi projetada uma aplicação para dispositivos *mobile*, desenvolvido na plataforma Android®. Os dados são exibidos em uma tela específica somente para exibição das informações ao usuário, permitindo ainda realizar manipulações relativas a forma de comunicação remota e a consulta a banco de dados, contento os registros das coletas de dados realizada. Para esta transmissão de dados remotamente, foi utilizado o meio de comunicação Bluetooth, permitindo desta forma o usuário realizar a aferição dos dados via dispositivo sem a necessidade de está diretamente presente no local de instalação de todo o *hardware*, demonstrando desta forma, uma certa comodidade na captura dos dados.

O App, permite ao usuário realizar todas as manipulações necessárias para o seu uso, sem a necessidade de está saindo para outras configurações que sejam necessárias para a comunicação a EMA. O usuário, pode realizar a instalação da aplicação a partir do APK, que é gerado através da plataforma de desenvolvimento Android Studio®. Toda a codificação, e a manipulação de informações que eram recebidas via comunicação *Bluetooth* são tratadas diretamente na aplicação, podendo ser enviadas tanto para o banco de dados, como para serem exibidas em tempo real para o usuário, ambas as funcionalidades ocorrem simultaneamente.

Ao realizar a instalação do App em um dispositivo *mobile*, sendo este dispositivo baseado em um sistema operacional Android®, ao realizar o primeiro acesso a aplicação, é verificado primeiro, se o dispositivo comporta ao *hardware* necessário para funcionamento, em seguida, é exibido uma mensagem ao usuário solicitando ativação do *Bluetooth*. Caso o usuário não permita a ativação deste recurso, a comunicação com *hardware* não é realizada, e os dados não são coletados pelo App, e assim permitindo apenas o acesso do usuário as telas, e aos dados que estão armazenados no banco de dados local da aplicação. Esta tela de solicitação de ativação pode ser vista na Figura 14, na qual o usuário pode interagir diretamente escolhendo a opção desejada.

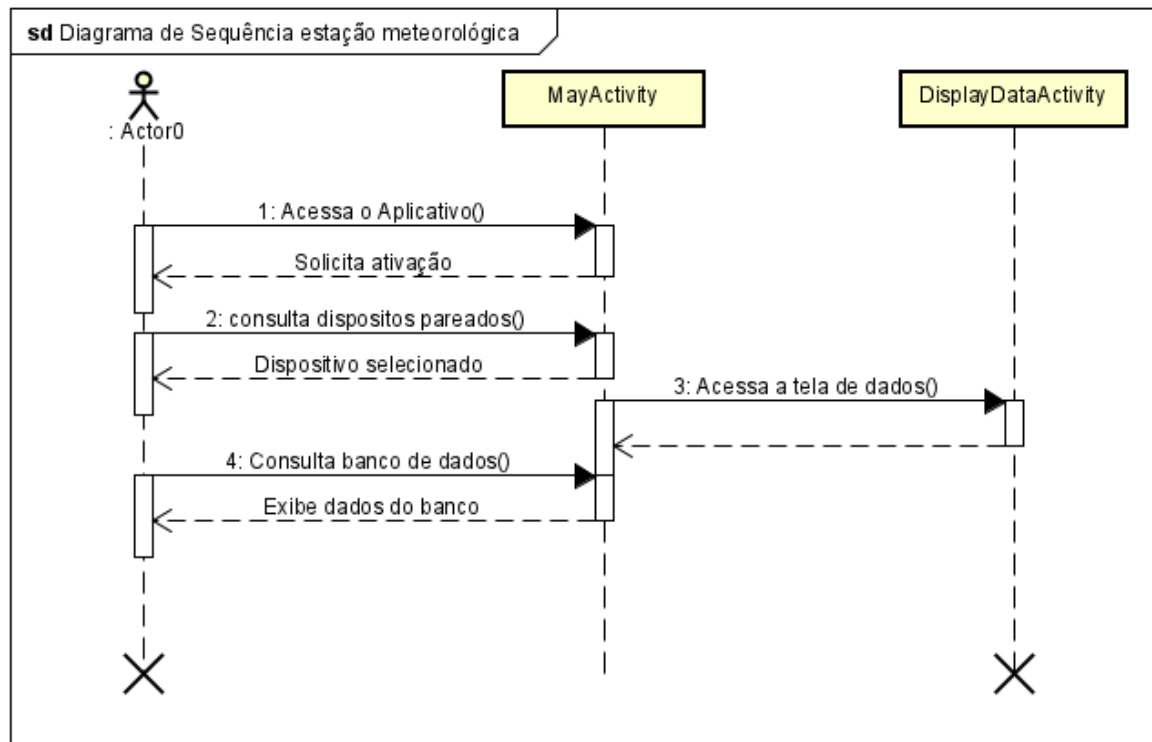
Figura 14: Tela de Ativação do Bluetooth.



Fonte: Autoria Própria (2021)

No Diagrama 10, pode ser visto toda uma interação das telas e funções principais e necessárias que o usuário pode realizar dentro do App.

Diagrama 10: Diagrama de Sequência.



Fonte: Autoria Própria

2.4.1 Tela inicial do App.

Na tela inicial do app, é exibido as características próprias da aplicação, na qual o usuário, pode realizar as devidas configurações iniciais, partindo do pressuposto que o usuário realizou a ativação do *Bluetooth*, em seu dispositivo. Clicando nos 3(três) pontinhos, que está localizado na barra de tarefas do App, o usuário pode visualizar um menu, com as opções disponíveis de comandos que ele pode realizar, de acordo com a sua necessidade. Abaixo da barra de tarefas do App, é exibido um status ao usuário a respeito da ativação do comando *Bluetooth* cujo solicitado ao usuário, e ao final da tela, é exibido um botão de ajuda, que leva a pequenas instruções de como o usuário pode proceder com o uso do App, facilitando assim a comodidade e o *feedback* de informações e ações.

Na Figura 15, pode ser visto com mais clareza, como esta tela, está sendo apresentada, com o menu de 3(três) pontinhos, aberto, para facilitar o entendimento de como a estrutura inicial do app está projetada.

Figura 15: Tela inicial do App.



Fonte: Autoria Própria. (2021)

2.4.2 Tela de dispositivos pareados

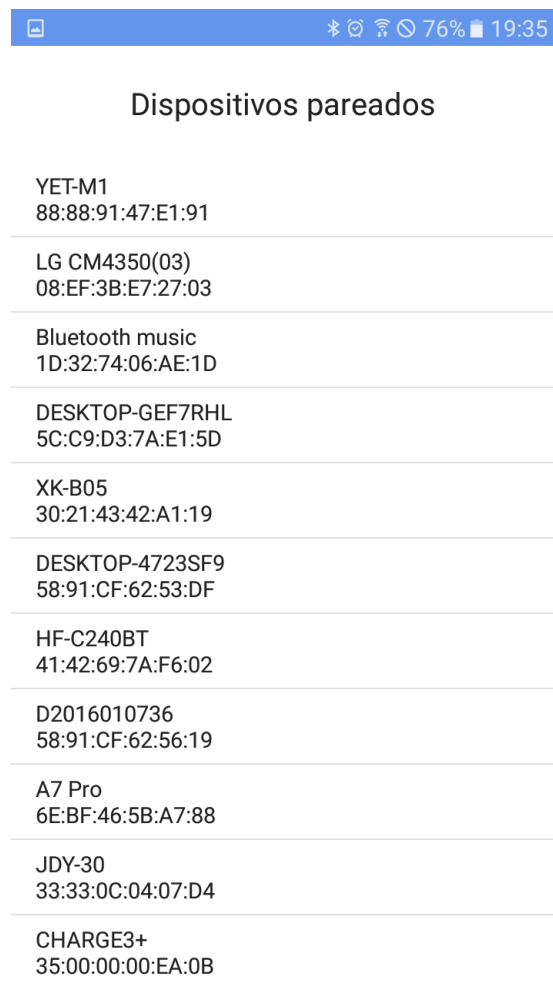
Nesta tela, usuário pode verificar a lista de dispositivos que já estão preparados em seu aparelho, com um pareamento já realizado anteriormente pelo próprio usuário, fora do App, ou até mesmo dentro do App. Valendo-se salientar que neste ponto, existe uma característica específica para a conexão de dispositivos *Bluetooth*, que está pareado, não é a mesma coisa de estar conectado, tendo como a seguinte definição:

- Estar *pareado* significa que os dois dispositivos estão cientes da existência um do outro, têm um link-chave compartilhado que pode ser usado para autenticação e podem estabelecer uma conexão criptografada entre si.
- Estar *conectado* significa que os dispositivos compartilham no momento um canal RFCOMM e podem transmitir dados entre si. A API Bluetooth atual do Android exige que os dispositivos estejam pareados

antes de estabelecer uma conexão RFCOMM. O pareamento é executado automaticamente na inicialização de uma conexão criptografada com as APIs do Bluetooth. (DEVELOPERS, 2021)

Assim, a lista de dispositivos que pode ser exibida nesta tela, mostra os dispositivos que se encontram pareados a seu dispositivo, ao realizar a seleção de um dispositivo, este inicia o estabelecimento de conexão entre ambos, para entrar no status de conectado. Caso esta tela se apresente totalmente em branco, significa que não existe nenhum dispositivo pareado ao seu aparelho, necessitando assim realizar uma busca pelo dispositivo mais próximo e estabelecer um pareamento e realizar a conexão. Pode ser visto na Figura 16, a tela com uma lista de dispositivos já pareados ao aparelho, em que o App esta instalado.

Figura 16: Tela de dispositivos pareados.



Fonte: Autoria Própria. (2021)

2.4.3 Tela principal da aplicação

Ao realizar o procedimento de estabelecimento de conexão a partir da seleção de um dispositivo na lista de dispositivos pareados, o usuário é levado a tela principal de exibição de informações. Nesta tela é exibido um status abaixo da barra de tarefas a respeito do estado do pedido de conexão que foi solicitado com determinado dispositivo, existindo dois casos: caso seja exibido status “conectado”, as informações são carregadas do módulo *Bluetooth*, e exibidas para o usuário em uma questão de no máximo exatos 3(três) segundos. Caso seja exibido status “Erro na conexão”, a tela permanece em seu estado atual, aguardado manipulações que o usuário deseja proceder.

Com a conexão bem sucedida, os dados são atualizados momentaneamente para o usuário a cada minuto, o usuário recebe uma taxa média de 8 atualizações consecutivas em intervalos de tempo entre um minuto, sendo exibidos claramente na tela do dispositivo.

Na Figura 17, pode ser vista a tela com a exibição dos dados com o status de conexão *Bluetooth*, juntamente com o status de carregamento de dados.

Figura 17: Tela principal com dados Carregados



Fonte: Autoria Própria. (2021)

2.4.3 Tela de Banco de Dados

Como, os dados são carregados para o banco em estado de conexão, “conectado”, as informações só serão gravadas em banco de dados local, apenas quando a taxa de transmissão de dados é executada. Esses dados podem ser exibidos em uma tabela direto na aplicação em uma tela específica, que pode ser selecionada partindo do menu de 3(três) pontinhos, localizado na barra de tarefas da aplicação. Caso essa tela seja exibida totalmente em branco apenas com cabeçalho, significa que, o banco de dados está vazio sem nenhum dado armazenado.

As informações podem ser visualizadas em qualquer uma das orientações, sejam elas: paisagem orientação em que aplica uma rotação de 90 graus a tela do dispositivo, deixando-o assim, na horizontal, retrato, em que a aplicação é apresentada na forma original, comumente utilizada na maioria dos App. Como a taxa de dados a organização das informações é além dos limites de exibição do aparelho, é permitido ao usuário deslizar tanto na horizontal, quanto na vertical, a tela do dispositivo, permitindo assim uma melhor comodidade em visualizar os dados que estão gravados no banco de dados.

Como a maioria das telas, não permite uma cobertura total da tabela do banco de dados é exibido na Figura 18 uma parcela desta tabela, junto a tela de exibição dos dados.

Figura 18: Tela de exibição dos dados do Banco de dados

Estação Meteorológica				
Data	Hora	Temperatura	Umidade do ar	Umidade do solo
2021-02-12	23:37:05	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	23:38:27	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	23:38:32	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	23:38:37	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	23:38:42	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	23:38:47	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	23:38:53	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	23:38:58	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	23:39:03	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	23:39:08	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	23:39:13	31°C	64%	Umidade moderada
2021-02-12	14:45:02	22°C	50%	Umidade moderada
Estação Meteorológica				
Vel. do Vento	Pressão	Altitude	Qualidade do ar	Precipitação
0.00 Km/h	-32489 hPa	230 m	Ma	0.00 mm
0.00 Km/h	-32490 hPa	231 m	Regular	0.00 mm
0.00 Km/h	-32490 hPa	231 m	Regular	0.00 mm
0.00 Km/h	-32486 hPa	231 m	Regular	0.00 mm
0.00 Km/h	-32486 hPa	231 m	Regular	0.00 mm
0.00 Km/h	-32486 hPa	231 m	Regular	0.00 mm
0.00 Km/h	-32486 hPa	231 m	Regular	0.00 mm
0.00 Km/h	-32486 hPa	231 m	Boa	0.00 mm
0.00 Km/h	-32486 hPa	231 m	Boa	0.00 mm
0.00 Km/h	-32486 hPa	231 m	Boa	0.00 mm
0.00 Km/h	-32495 hPa	230 m	Boa	0.00 mm
0.00 Km/h	-32506 hPa	267 m	Regular	0.00 mm

Fonte: Autoria Própria. (2021)

2.5 Banco de dados

Todo sistema de coleta de dados e ou informações, utiliza de um meio de armazenamento de informações, sejam para comprovações, ou sejam para apenas consultas rotineiras. Assim, a maioria das estações meteorológicas, utilizam de dados já armazenados em sistema, para realizar aferições e cálculos estatísticos acerca das condições meteorológicas, suas previsões e padrões que possam ser encontrados afim de contornar uma

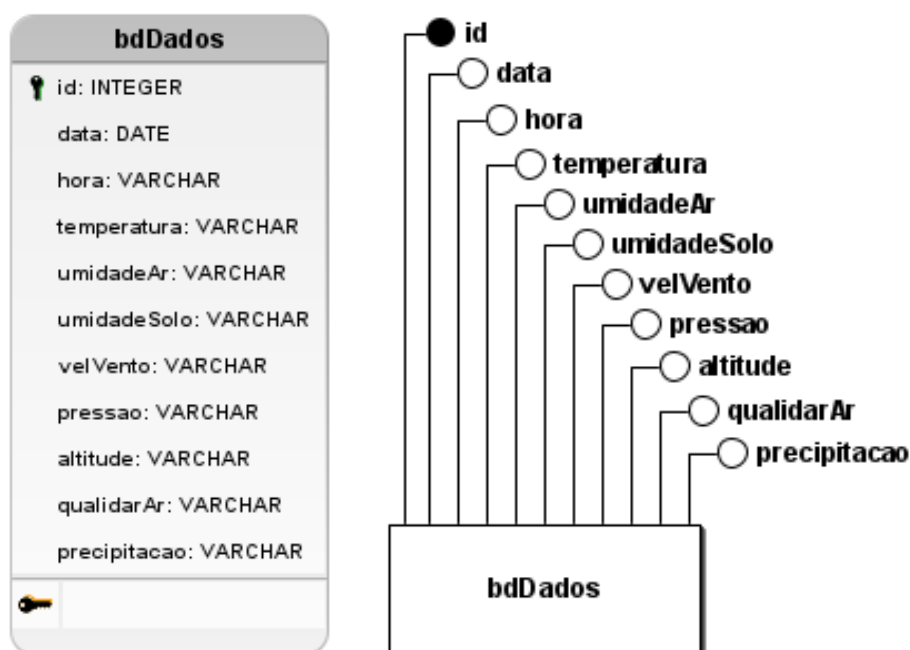
situação que rotineiramente esteja ocorrendo e trazendo complicações em determinados setores. É primordial, que se tenha uma boa quantidade de dados armazenados, pois quanto maior a minha amostra de informações, melhor será minha precisão com relação a probabilidades e ou cálculo com relação a uma inferência amostral.

O banco de dados que pode ser utilizado para armazenamento desta aplicação, é a nível de aplicação, se tornando totalmente independente do *hardware*.

O banco de Dados a nível de aplicação utilizado neste projeto, foi baseado na ideia de ser algo que fosse rápido, com baixa necessidade em armazenamento físico do próprio dispositivo. O SQLite, foi utilizado a fim de melhorar o armazenamento de dados por ser um banco totalmente reduzido, e destinado ao uso em dispositivos *mobile*. SQLite é uma biblioteca em linguagem C que implementa um mecanismo de banco de dados SQL pequeno, rápido, independente, de alta confiabilidade e recursos completos (SQLite, 2021).

A hierarquia do banco de dados e o seu uso, pode ser visto no modelo lógico e conceitual apresentado na Figura 19, com suas características, tendo apenas uma única relação nas informações utilizadas.

Figura 19: Modelo Lógico e Conceitual



Fonte: Autoria Própria. (2021)

2.6 Comunicação Bluetooth

Uma das principais características das estações meteorológicas automatizadas é a comunicação remota. Para este projeto o meio de comunicação utilizado foi via *Bluetooth*

mesmo sendo um meio de comunicação um tanto limitado, mas ainda sim apresenta bons e grandes resultados nas questões de transmissão de dados de forma simples prática e rápida.

A comunicação *Bluetooth* foi construída totalmente via aplicação, buscando facilitar o uso e melhor interação do usuário com os sistemas. Com a utilização das APIs Bluetooth, é realizado o estabelecimento de comunicação com abertura de um canal RFCOM. A abertura desse canal inicia desde o processo de pareamento, em que um dos dispositivos fica disponível para o processo de pareamento, até o momento de finalização desta conexão, mantendo ainda armazenados em memória o vínculo criado entre ambos, permitindo assim uma rápida conexão em sessões futuras.

Para evitar o tráfego de dados incorretos, lixos que podem trafegar no canal e serem exibido para o usuário entre o *Hardware Bluetooth* e o dispositivo receptor, foi implementado um sistema de expressões regulares. Este sistema permite bloquear informações e ou fragmentos de dados, que possam trafegar no canal, sendo este fragmento um lixo, ou um dado incorreto, não se apresentando como desejado. Segundo Kallebe (2007), expressões regulares podem ser definidas como padrões de caracteres que podem associar uma determinada sequência de caracteres em um texto específico. Chamado através de um método específico, onde na qual este método, realiza a comparação entre o dado recebido e o tipo de expressão regular necessária, que foi programada para que o fragmento de dado pode-se seguir aquele padrão específico. Desta forma, permite-se ter uma garantia que, a informação exibida ao usuário é de fato uma informação que foi enviada pelo módulo *Bluetooth* da EMA, e recebida pelo App, até ser exibida ao usuário. As expressões regulares podem possuir vários formatos distintos, que partindo de determinados caracteres específicos, pode-se a partir de um dado ideal, modelar uma expressão para aquele dado em específico, mantendo a formalidade e a originalidade da informação.

Na Figura 20, é apresentado um trecho de código em que pode ser visto a expressão regular utilizada para tratar a informação que é enviada pelo hardware até a aplicação *mobile*. Foi modelada, conforme o fragmento de informação ideal, que pode ser recebido pela estação meteorológica, fazendo com que esse dado não fuja dos padrões desejados.

Figura 20: Expressão regular

```
/*  
 *Validando a informação com expressões regulares.  
 */  
//tempe@ umidaAr @      umidade do solo      @      velocidade do Vento  
// @ altitude@ Pressao @Qualidade ar @ precipitação pluviométrica  
boolean palavra = dataString.matches("\\d{2}+@\\d{2,3}+@[A-Za-z]{1,9}+@\\d{1,3}[:punct:]" +  
    "\\d{2}+@\\d{2,3}+@-?\\d{2,6}+@[A-Za-z]{1,8}+@\\d{1,3}[:punct:]\\d{2}");
```

Fonte: Autoria Própria. (2021)

Aplicações *mobile*, utilizam de um recurso presente no Android®, para executar aplicações e trabalhar com seu funcionamento baseado em *Threads*. Uma *thread* é um thread de execução em um programa. A Java Virtual Machine permite que um aplicativo tenha vários threads de execução em execução simultaneamente (DEVELOPERS, 2021). A JVM solicita uma dessas *threads*, sendo a principal e de maior prioridade para realizar a execução do App, permanecendo assim ativa até que a operação de saída ocorra, ou o lançamento de uma exceção ocorra. O estabelecimento de conexões *Bluetooth* utiliza dessas ferramentas para estabelecer um canal de comunicação, onde por sua vez ocorre um certo travamento no thread que está executando esse processo. Para que o travamento não afete a aplicação como um todo, executando baseado em um único *thread* principal, foi criado um *thread*, secundário, para que assim o estabelecimento de comunicação pode-se ocorrer sem prejuízos ao funcionamento do App. Deste modo, pode-se deixar o App com um funcionamento mais fluido, ocupando menos recursos do dispositivo e tornando algo mais responsivo.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Como o aparato produzido neste projeto é bastante comum, existem vários trabalhos relacionados a este, que fazem um levantamento de dados a partir do desenvolvimento de estações meteorológicas. Neste capítulo, são descritos alguns desses trabalhos relacionados, que foram desenvolvidos com o mesmo intuito de automatizar estações e apresentar esses dados ao usuário de forma rápida e simples.

3.1 Desenvolvimento de uma estação meteorológica microcontrolada para monitoramento de variáveis climáticas CAMPIGOTO (2018).

Desenvolver e implantar uma estação meteorológica, que monitore, via Wi-Fi, os valores das variáveis climáticas, medidos pelos sensores digitais utilizados, sendo estes disponibilizados a comunidade.

Entre os componentes que foram utilizados para o desenvolvimento deste projeto foram sensores e módulos comuns ao uso em estações meteorológicas automatizadas, entre eles:

- Microcontrolador ATMEGA2560-16AU e Arduino MEGA 2560: Utiliza-lo para gerenciamento da estação meteorológica, no controle dos sensores e atuadores utilizados.
- *Display* LCD Nokia 5110: Utilizado para a exibição dos dados e informações da estação meteorológica com as informações monográficas.
- Módulo Wi-Fi ESP8266 ESP-01: Teve como função, a comunicação da estação com a rede de comunicação Wi-Fi, através de interface serial do módulo aos pinos.
- Módulo de Cartão SD (SD *card*): Módulo de armazenamento de informações.
- Módulo Real Time Clock RTC DS1307: Módulo utilizado para gravação e controle da hora e da data para armazenamento das informações.
- Módulo bússola eletrônica HMC5883L: Utilizado para direcionamento e posicionamento geográfico.
- Sensor de velocidade encoder LM393: Sensor utilizado para realização da leitura de temperatura e umidade do ar.
- Sensor de pressão e temperatura BMP180: Utilizado para a leitura da temperatura e pressão atmosférica na estação meteorológica, buscando a captura desses dados.

O anemômetro e o cata-vento, foram aparelhos construídos do absoluto zero, partindo apenas de conceitos e estudos científicos. Permitindo assim a necessidade de aparatos de fabricação caseira, podendo evitar a aquisição e compras desses equipamentos. Em contra partida, a se a necessidade de uma maior calibração do instrumento, buscando a confiança nas leituras e uma melhor análise dos dados buscando aperfeiçoamento das informações prestadas pelos sensores.

O software de controle da estação meteorológica, foi totalmente desenvolvido partindo da IDE da própria plataforma de desenvolvimento Arduino®.

Foi ainda desenvolvido uma página Web, para o acesso as variáveis climáticas através de um módulo Wi-Fi, permitindo a exibição dos dados via rede de internet. Esta página permitia apenas a exibição dos dados lidos e coletados pela estação meteorológica.

A estação foi implantada com o fim, de atender a defesa civil local dentro dos desígnios Estaduais e Municipais, para realizar o monitoramento climático da região local.

3.2 Estação Meteorológica Automática baseada em internet das coisas (IoT) ESPEJO e JUNIOR (2020).

Este trabalho teve como objetivo a iniciação científica com a produção de um artigo, baseado na construção de uma estação meteorológica, para a captura e aquisição de variáveis climáticas.

O projeto foi desenvolvido em partes, puderam ser subdivididas em: Desenvolvimento em *hardware*, desenvolvimento de *software*, desenvolvimento do desenho mecânico.

No desenvolvimento em *hardware*, foi escolhida a placa de controle para a integração do sistema, levando-se em consideração a necessidade de um mundo sem fio. A escolha de um sensor, para aferição das leituras de temperatura, uma certa precisão na amostragem dos dados. A escolha de um sensor, que pudesse realizar a aferição dos dados relativos à pressão e a uma variável relacionada a altura. Todo o *hardware*, definido, foi realizada a montagem e estruturação com a utilização de um *display*, para a exibição dos dados.

No desenvolvimento do *software*, foi baseado partindo de bibliotecas utilizadas, tendo a construção de um algoritmo que se possibilita a amostragem na tela LCD, podendo atualizar os dados em tempo específico e transmitindo essas informações. Implementando a comunicação sem fio, exibindo os dados em uma página Web que fosse compatível com o chip ESP8266, uma página já criada sendo um *software* livre e gratuito apresentando suas limitações. Os dados capturados via interface Web, podem ser armazenados em nuvem, com um certo limite de informações que não podem ficar registradas por muito tempo.

No desenvolvimento do projeto mecânico em 3D, pode-se utilizar o *software*, Tinkercad®, da Autodesk®, para a modelagem, sendo simples e fácil de utilizar, modelando assim uma caixa simples que pudesse comportar todos os sensores e componentes utilizados.

Os dados são transmitidos através da plataforma Wemos direto para o aplicativo e o ThingSpeak, sendo convertidos em gráficos. Este projeto pode apresentar boa comunicação sem fio, permitindo armazenamento de dados em aplicação em nuvem, com atualização de informações e dados em tempo real. Buscando a utilização de meios de comunicação sem fio, baseado na internet das coisas, e nos sistemas e distintos *hardwares* que poderão ser utilizadas para ser desenvolvido.

3.3 Análise comparativa

Tendo esses projetos fundamentados no mesmo princípio de construção de uma EMA, pode-se realizar uma análise entre o projeto: 3.1 Desenvolvimento de uma estação

meteorológica microcontrolada para monitoramento de variáveis climáticas, 3.2 Estação Meteorológica Automática baseada em internet das coisas (IoT), podem ser resumidos e analisados na Tabela 6.

Tabela 7: Análise comparativa entre os trabalhos.

Características	Trabalho 1	Trabalho 2	Este Trabalho
Temperatura	X	X	X
Umidade do ar	X	X	X
Umidade do solo			X
Velocidade do vento	X		X
Pressão atmosférica	X	X	X
Altitude		X	X
Qualidade do ar			X
Precipitação			X
Direção do vento	X		
Vantagens	Aquisição de dado remotamente, abrigo para exposição externa, integração com sistema.	Leitura de dados em servidor web e exibição de gráficos em display LCD.	Aquisição dos dados remotamente independente de rede de internet, dependendo do <i>Bluetooth</i> . Armazenamento Via banco de dados a nível de aplicativo móvel. Duas vias de aferição das variáveis.
Desvantagens	Não possui armazenamento em banco de dados local.	Poucas variáveis de leitura. Só funciona se tiver comunicação de rede e internet	Não possui interface Web, necessita de fonte de alimentação.
Limitações	Variáveis climáticas, manutenção.	Uso em locais apenas acesso a rede Wi-Fi	Não envia dados a longas distâncias.
Referência	(CAMPIGOTO, 2018)	(ESPEJO e JUNIOR, 2020)	

Fonte: Autoria Própria.

Mediante apresentação da Tabela 6 o que se pode observar é que todos os projetos puderam alcançar seus objetivos almejados, levando-se em consideração que todos tinham seus objetivos específicos, mediante suas particularidades e propósitos. Sendo assim, a análise comparativa, busca mostrar que os projetos possuem suas especificações, mais que alguns se sobressaem sobre os demais levando-se em consideração pontos específicos correlacionados.

Ambos os trabalhos analisados são de naturezas distintas, um sendo trabalho de conclusão de curso e outro um artigo científico, e este projeto sendo também um trabalho de conclusão de curso. Pode-se observar que este projeto se sobressaiu sobre os demais com relação a quantidade de variáveis que foram englobadas. Já o trabalho 1 se sobressaiu com relação ao abrigo desenvolvido para os sensores, mas em contrapartida, necessita da fabricação caseira de aparatos de leituras consideráveis. O trabalho 2, sendo um artigo científico, se sobressaiu com relação a apresentação dos dados de forma dinâmica em um sistema de exibição em painel LCD e em uma interface Web.

Este trabalho pode apresentar vantagens no tocante a questões em que pode ler mais variáveis meteorológicas, possui duas formas de aferição dos dados tanto a nível de *hardware*, como uma aplicação *mobile* permitindo a exibição dos dados de outra forma remotamente. Tendo ainda armazenamento em banco de dados a nível de aplicação, permitindo a agilidade na visualização dos dados, em qualquer momento, mesmo em execução e recebendo informações.

Em contrapartida o trabalho 1 possuía armazenamento apenas a nível de *hardware*, dificultando um tanto, a visualização dos dados armazenados, necessitando de um segundo dispositivo compatível com cartão SD, para a leitura desses dados.

4 RESULTADOS E TESTES

A estação foi totalmente projetada com base em um sistema embarcado, tendo um microcontrolador para o controle dos sensores e dos aparatos experimentais.

Para a realização dos testes experimentais, a estação meteorológica foi colocada em funcionamento durante 24 horas consecutivas, permitindo a aferição de dados relativos a todas as variáveis meteorológicas existentes na estação. Desta forma pode-se perceber que os valores capturados relativos as condições ambientais, se apresentaram coerentes e fidedignos, demonstrando uma confiabilidade nas leituras realizadas.

O sensor anemômetro e o pluviômetro foram localizados em um espaço de campo aberto, como pode ser visto na Figura 21, permitindo assim a captura das informações relativas a velocidade do vento e as precipitações pluviométricas durante o período de 24 horas. Como os sensores possuíam um fio de conexão de tamanho considerável, permitiu assim a localização da estação em um ponto um tanto distante dos sensores, permitindo as demais partes do *hardware* estarem localizadas em abrigo. O posicionamento dos sensores, e sua localização é apresentada na Figura 21, onde pode-se ver os sensores localizados em

uma estaca de alumínio, a uma altura de 1,90 metros, em campo aberto como rege a norma que estimula uma altura entre 1,25 m e 2,00 m de altura para a instalação desses sensores.

Figura 21: Sensores anemômetro e pluviômetro



Fonte: Autoria Própria. (2021)

Para a localização dos sensores de temperatura e umidade do ar, sensor de pressão atmosférica e latitude e o sensor MQ2, estiveram inicialmente localizados em uma placa de ensaio. A sua localização esteve em abrigo, sem contato direto do sol, e todos os sensores que realizavam as leituras das variáveis: Temperatura, umidade do ar, pressão, qualidade do ar, altitude, estiveram localizados no mesmo espaço próximos um ao outro, principalmente em relação ao sensor MQ2, e DHT22, por tratarem de variáveis relativas ao mesmo ambiente e mesmo espaço.

O sensor de umidade do solo esteve separado e localizado em dois lugares distintos, uma de suas partes relativo ao garfo, ponta que estaria enterrado na terra, e a outra parte que controlava a relação entre a umidade e sinal emitido pelo garfo, acoplado a terra. Esta segunda parte, este ponto de leitura, esteve localizado junto aos outros sensores na mesma

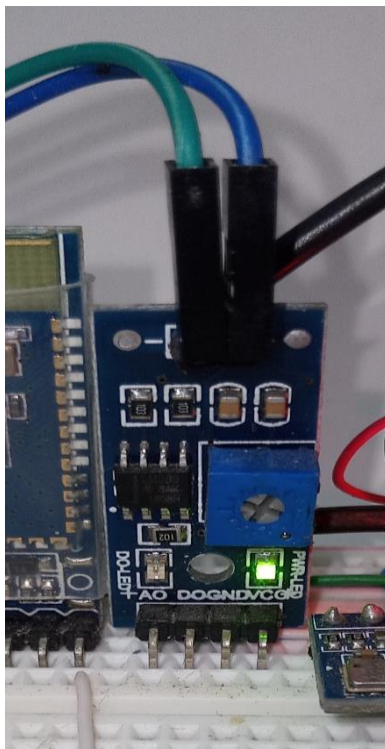
placa de ensaio, permitindo assim a sua calibração através do seu potenciômetro de ajuste fino. Na Figura 24a, é visto o garfo cravado a terra, para realizar a aferição dos dados, e na Figura, 22b, é visto o módulo que realizava o controle conectado a placa de ensaio.

Figura 22a: Garfo do sensor higrômetro preso ao solo



Fonte: Autoria própria. (2021)

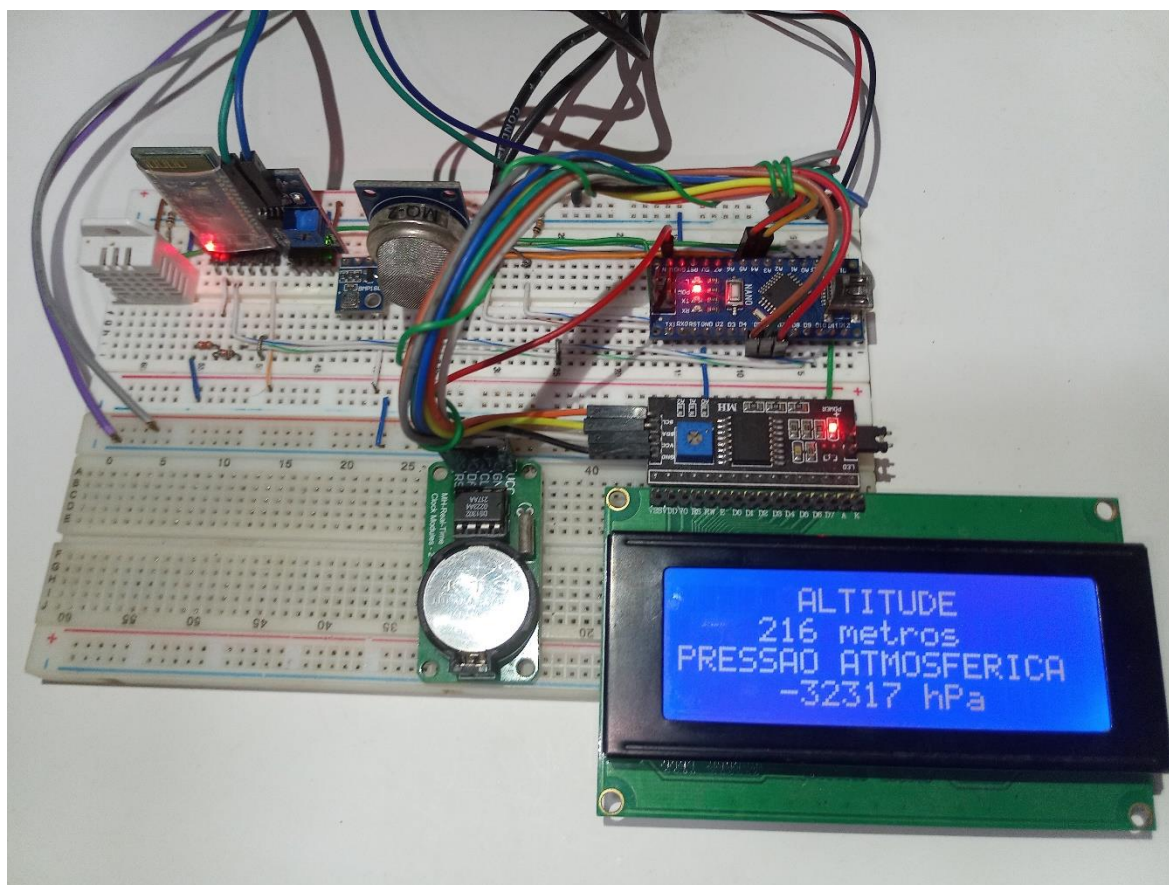
Figura 22b: Módulo sensor preso a placa de ensaio.



Fonte: Autoria Própria. (2021)

Todo o sistema e *hardware*, junto a placa de controle e sensores de captura de dados, foram instalados em lugares apropriados a suas funcionalidades, levando em consideração ao tipo de leitura e a confiabilidade nos dados capturados. Toda a montagem na placa de ensaio, com os sensores, o display LCD, e o *Arduino* nano, utilizado para controle geral, podem ser conferidos na Figura 23.

Figura 23: Sistema de Hardware de controle montado



Fonte: Autoria Própria. (2021)

Devido a dificuldades relativas à captura de dados de outras estações, levando-se em consideração a dificuldade do acesso a aparelhos que são já consolidados no mercado, e a não existência de outras estações meteorológicas que se captura as mesmas variáveis, não se pode realizar uma análise comparativa dos dados e variáveis capturados pelos sensores utilizados na estação. Em contrapartida, esses dados podem ser visualizados a partir do Anexo B, que demonstra capturas de tela que foram feitas partindo do teste experimental de funcionamento em 24 horas consecutivas.

Tendo em visto o fácil acesso aos sensores e todos os aparatos utilizados neste projeto o custo pode ser levado em conta, pois pode ser um fator limitante na aquisição desse projeto para monitoramento em local que seja remoto, ou que se apresente inviável a outros projetos

ou meios de coleta de dados. Na Tabela 8, é visto um levantamento de todos os sensores, levando-se em consideração o preço de mercado, as lojas escolhidas são as mais acessíveis para aquisição desses tipos de equipamentos e sensores, permitindo assim o fácil acesso a estes. Outros projetos e estações meteorológicas se apresentaram com um valor bem maior do que o deste projeto.

Tabela 8: sensores e valores

Sensor/Módulo	valor	Fornecedor
Arduino® Nano V3.0 + Cabo USB	R\$ 42,90	Filipeflop
DHT22-AM2302	R\$ 54,90	Filipeflop
Módulo Bluetooth 3.0	R\$ 27,50	Urso Tiddy Loja em Casa (Shopee)
Higrômetro	R\$ 9,90	Eletrogate
Sensor BMP180	R\$ 12,90	Eletrogate
Sensor de gás MQ2	R\$ 17,95	Baú da eletrônica
Relógio RTC DS1302	R\$ 9,90	Eletrogate
Módulo adaptador I ² C Para display	R\$ 10,36	Baú da Eletrônica
Display LCD 20X4 (Azul)	R\$ 48,90	Baú da Eletrônica
Anemômetro	R\$ 246,05	Usina Info
Pluviômetro de balança	R\$ 312,55	Usina Info
Valor Total	R\$ 793,81	

Fonte: Autoria Própria

O aplicativo construído para a visualização dos dados permitiu mais comodidade e agilidade na aferição das informações. Devido ao armazenamento em banco de dados, a aplicação permite ao usuário sair do App para realizar outras tarefas que deseja-se em seu dispositivo e as informações dados puderam ainda serem recebidas pelo app e armazenada em banco de dados. Com isso trouxe a comodidade em não necessitar manter o dispositivo constantemente ligado ao App, bastando apenas estar conectado remotamente via Bluetooth, em uma distância máxima de até 20 metros, em uma área de campo aberto sem obstáculos, barreiras ou interferências externas. Caso a conexão caia, o usuário recebe um feedback do App, informando que a comunicação com o módulo *Bluetooth* da estação foi perdida.

5 CONCLUSÃO

O projeto e desenvolvimento de uma estação meteorológica pode trazer grandes benefícios para agricultura, ao setor de agroindústria como um todo, permitindo o acesso a novas tecnologias e a inovação na automatização de processos. A leitura de variáveis meteorológicas com acesso rápido e melhorias nos resultados permite maior flexibilidade ao usuário na tomada de ações estratégicas.

Com o objetivo de desenvolver uma estação de fácil acesso e aquisição cumpridos, pois pode-se utilizar equipamentos baratos, com recursos de instalação mínimos e a necessidade na manutenção diminuída, visto que são equipamentos de durabilidade considerável.

Este projeto permitiu ainda compreender a importância das variáveis ambientais para o cotidiano e setores que ainda estão distantes desta realidade. Permitiu ainda, adquirir novos conhecimentos e aplicar os conhecimentos adquiridos durante toda a graduação, atrelando a novos objetivos.

Tendo como base de implementação um sistema embarcado permitiu a utilização de não só um sensor, ou equipamento específico, mas, também a aplicação de melhorias que possam ser úteis ao projeto. Esta plataforma, permite a utilização de uma vasta gama de sensores e modelos experimentais. Assim, podendo capturar as informações dos sensores e as variáveis necessárias tais como temperatura e umidade do ar, umidade do solo, velocidade do vento, pressão, altitude, qualidade do ar, precipitação, e ainda armazenando essas variáveis atrelados a data e a hora de captura e armazenamento.

As maiores dificuldades foram anexar os sensores anemômetro e pluviômetro e suas aquisições, visto que são aparelhos que funcionam com mesmo princípio, a separação dos sensores a nível de código. Questões como aprendizado a codificação a plataforma Android® foi um grande desafio a ser enfrentado, visto que os conhecimentos a esta plataforma de desenvolvimento eram mínimos.

Os objetivos especificados foram alcançados, podendo ainda aplicar melhorias a este, como integralização a interface web e comunicação via rede Wi-Fi, sendo estes trabalhos futuros e melhorias a serem implementadas.

REFERÊNCIAS

BALBINO, Amanda. Estação meteorológica: como funciona e sua importância na agricultura. 2016. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/estacao-meteorologica-funciona-importancia-agricultura/>. Acessado em: 4 de abril de 2021.

BANDERALLI, Mauro. Jornal dia de Campo, *A importância da meteorologia para produção de bioenergia*. disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=20562&secao=Gest%E3o>. Acessado em: 8 de abril de 2021.

BITSON, T. **Weather Toys** : building and harcking your own 1-wire weather station. Indianápolis: Wiley Publishing, 2006.

BOSH, Sensortec; BMP180, **Digital Pressure Sensor**; Data sheet, Disponível em: <<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP180-DS000-09.pdf>>, Acessado em: 15 de abril de 2021.

CAMPIGOTO, Edson, H. E, “desenvolvimento de uma estação meteorológica microcontrolada para monitoramento de variáveis climáticas”. IFSC-campus Joinville. dezembro 2018.

COMPHAUS. *Arduino Nano*. 2020. Disponível em: <<http://comphaus.com.br/home/?s=Arduino+nano>>. Acesso em: 16 de abril de 2020.

DEVELOPERS, Android. “Documentação”. *Visão geral do Bluetooth*. Disponível em: <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth?hl=pt-br&authuser=1>. Acessado em: 17 de abril de 2021.

ELETRONICS, Hanwei. **MQ-2 Semiconductor Sensor for Combustible Gas**. 2020. Disponível em: <<http://www.haoyuelectronics.com/Attachment/MQ-2/MQ-2.pdf>>. Acessado em: 11 de abril de 2021.

ESPEJO, Shirkey C. C., JUNIOR, Oswaldo A. H.. estação meteorológica automática baseada em internet das coisas (iot). “Revista Brasileira de Iniciação Científica (RBIC) ”, ISSN: 2359-232X. Itapetininga, 200.

FILIFELOP. **Sensor de Movimento Presença PIR**. 2020. Disponível em: <<https://www.filieflop.com/produto/sensor-de-movimento-presenca-pir/>>. Acesso em: 31 jan. 2020.

INTEGRATED, maxim. “DS1302” Chip de cronometragem de carga residual Disponível em: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1302.pdf>. Acessado em 15 de abril de 2020.

MATIAS, Átila. "Ventos"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/vento.htm>. Acesso em 16 de abril de 2021.

RADIN, B.; MATZENAUER, R. Uso das informações meteorológicas na agricultura do Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.24, n.1, p.41-54, 2016.

SYSTEM, Earth Observing. *A Umidade Do Solo E Casos Práticos Do Seu Gerenciamento*. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/umidade-do-solo/#:~:text=A%20umidade%20do%20solo%20depende,com%20umidade%20inadequada%20do%20solo>. Acesso em: 15 de abril de 2021.

APÊNDICE A – código IDE Arduino®

Link do GitHub:

https://gitlab.com/Allan.Santos/projeto-de-tcc_o/-/blob/8dd67b676a16a25ab33e15a3d1f41f7be978b982/Projeto_Esta__o_Meteriolorogica/Projeto_Esta__o_Meteriolorogica.ino

APÊNDICE B – Classes importantes do desenvolvimento do *Software*.

Link do GitHub:

- Classes para Conexão Bluetooth:

https://gitlab.com/Allan.Santos/projeto-de-tcc_o/-/tree/master/SuperAppBluetooth/app/src/main/java/com/allan/superappbluetooth/ConexaoBluetooth

- Classe para banco de dados:

https://gitlab.com/Allan.Santos/projeto-de-tcc_o/-/blob/master/SuperAppBluetooth/app/src/main/java/com/allan/superappbluetooth/banco_de_dados/DAOBancoHelper.java

APÊNDICE C – Ligações dos sensores ao Arduino®.

Pino	Sensor
A0	Higrômetro
A1	MQ2
A4, A5	Módulo I ² C/Display LCD
A4, A5	BMP180
Vin	Alimentação de fonte externa
D2	Anemômetro
D3	Pluviômetro
D5, D6, D7	Relógio RTC DS1302
D9, D10	Módulo Bluetooth
GND	Alimentação dos sensores e módulos