

**CENTRO PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ
Mecatrônica Industrial**

**Fabio Rodrigues da Silva
Gilberto Honorato Santos Junior**

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZANDO ARDUINO

**Santo André
2022**

Fabio Rodrigues da Silva
Gilberto Honorato Santos Junior

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZANDO ARDUINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia Santo André, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial. Orientado pelo Prof. Me. Luiz Vasco Puglia.

Santo André

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

S586e

Silva, Fabio Rodrigues da
Estação meteorológica utilizando arduino / Fabio Rodrigues da
Silva, Gilberto Honorato Santos Junior. - Santo André, 2022. –
55f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2022.

Orientador: Prof. Me. Luiz Vasco Puglia

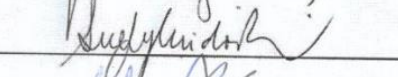
1. Mecatrônica. 2. Estudo. 3. Desenvolvimento. 4.
Anemômetro. 5. Tecnologia. 6. Arduino. 7. Estações
meteorológicas. 8. Sensores. 9. Veleiros. I. Santos Junior,
Gilberto Honorato. II. Estação meteorológica utilizando
arduino.

LISTA DE PRESENÇA

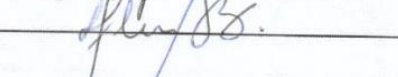
Santo André, 14 de dezembro de 2022.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA:
"ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZANDO ARDUINO" DOS
ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:
PROF. LUIZ VASCO PUGLIAMEMBROS:
PROFª SUELY MIDORI AOKI

PROF. FLAVIO BARRELLA



ALUNO:

FABIO RODRIGUES DA SILVA

GILBERTO HONORATO SANTOS JUNIOR Gilberto Honorato S. Jr

Dedicamos este trabalho às nossas famílias, que com paciência e amor, sempre nos apoiaram e nos incentivaram em nosso objetivo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, grande pai celestial.

À Faculdade de Tecnologia Santo André, por abrir as portas para nosso processo de aprendizado na área de Mecatrônica Industrial, seu corpo docente, direção e administração, pelo ambiente criativo e amigável proporcionado.

Aos nossos professores, Fernando Garup Dalbo, Pedro Adolfo Galani e Professor Doutor Fabio Dellatore, pelo suporte no pouco tempo que lhes coube, pelas suas correções e incentivos.

Ao nosso orientador Professor Mestre Luiz Vasco Puglia, pelo apoio e conselhos prestados.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de nossa formação, o nosso muito obrigado.

“O sucesso é construído de 99 por cento de fracasso.”

Soichiro Honda

RESUMO

Neste trabalho, foi feito um estudo para o desenvolvimento de uma estação de vento para ajudar na navegação de um veleiro. Não se sabe exatamente quando surgiram os veleiros, mas há indícios que foi há 800 a.C. com os povos Fenícios. Nesta época citada, 800 aC, não havia o país Espanha, a região era chamada de Península Ibérica. O uso das velas com a ajuda da ação do vento facilitava esta navegação, pois os barcos eram movidos a remo. Com isso, o vento se tornou uma ferramenta muito importante para a navegação. Estudar o clima em algumas regiões é de suma importância para definir o clima do local em questão. Tendo isso em vista, como trabalho de conclusão de curso, foi desenvolvida uma estação meteorológica de baixo custo a qual foi instalada em um veleiro. Trata-se de uma prototipagem que se diferencia das demais, principalmente pelo fato de fornecer dados da velocidade e direção do vento de forma que indique ao usuário a situação meteorológica atual. Estes dados são obtidos por meio de sensores de leitura da velocidade do vento, o qual o usuário necessita saber para aplicar em suas necessidades de navegação.

Palavras-chave: Arduino. Anemômetro. Sensores. Estações Meteorológicas.

ABSTRACT

In this work a study was made for the development of a wind station to help in the navigation of a sailboat. It is not known exactly when sailing ships, but there are demonstrations that it was 800 BC. with the Phoenician peoples, who added masts with square sails to facilitate their navigation in the Iberian Peninsula region and the African continent. The use of sails with the help of the wind facilitated this navigation, as the boats were powered by oars. With that, the wind became a very important tool for navigation. Studying the climate in some regions is of paramount importance to define the climate of the place in question. With that in mind, as a course conclusion work, a low-cost meteorological station was developed and installed on a sailboat. This is a prototype that differs from the others, mainly because it provides wind speed and direction data in a way that indicates the current meteorological situation to the user. These data are obtained through wind speed reading sensors, which the user needs to know to apply in their navigation needs.

Keywords: Arduino. Anemometer. Sensors. Weather Stations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Princípio de Bernoulli.	Error! Bookmark not defined.
Figura 2 - Estação Meteorológica Automática.....	19
Figura 3 - Estação Meteorológica Convencional.....	20
Figura 4 - Microcontrolador ATmega.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 5 - Placa Arduino Uno R3.	24
Figura 6 - Miniturbina Eólica.....	25
Figura 7 - Indicador de direção do vento Arduino.....	27
Figura 8 - Sensor de ângulo rotativo CJMCU-103.....	28
Figura 9 - Power Bank USB.	31
Figura 10 - Display Nextion.	34
Figura 11 - Placa PCI Perfurada.	34
Figura 12 - Tela de Navegação.....	36
Figura 13 - Tela de Informações.	37
Figura 14 - Figura de Animação.....	30
Figura 15 - Montagem do Circuito no Tinkercad.	40
Figura 16 - Case de Proteção.	42
Figura 17 - Pré Montagem da Estação Meteorológica.....	42
Figura 18 - Estação meteorológica montada.....	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Durabilidade Power Bank.....	40
Gráfico 2 - Teste de velocidade por distanciamento a cada 20 segundos.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Durabilidade Power Bank.	39
Tabela 2 - Relação de velocidade e distância a cada 20 segundos.....	40

LISTA DE SIGLAS

μF	Microfarad
BIT	Dígito binário
CASP	Capitania dos Portos de São Paulo
CI	Circuito Integrado
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (Memória Somente de Leitura Programável Apagável Eletricamente)
GHz	Giga-hertz
GND	Graduated Neutral Density Filter (Filtro Graduado de Densidade Neutra)
GPS	Global Positioning System
HDMI	High-Definition Multimedia Interface (Interface Multimídia de Alta Definição)
HMI	Human Machine Interface (Interface Homem-Máquina)
IDE	Integrat Development Environment
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
$\text{k}\Omega$	Kiloohm
kB	Kilobytes
km/h	Quilometro/hora
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)
m/s	Metro/segundo
MHz	Megahertz
MISO	Master In Slave Out (Dados do Slave para Master)
MOSI	Master Out Slave In (Dados do Master para Slave)
PC	Personal computer (Computador pessoal)
PoE	Power over Ethernet (Poder sobre Ethernet)
PWM	Pulse Width Modulation (Modulação por Largura de Pulso)
RAM	Random Access Memory (Memória de Acesso Aleatório)
RX	Módulos de recepção
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data
SMD	Surface Mounted Device (Dispositivo de montagem superficial)

SPI	I Interface (Interface Periférica serial)
SRAM	Static Random Access Memory (Memória Estática de Acesso
TFT	Aleatório)
TWI	Transistor de Filme Fino
TX	Two Wire Interface (Duas interfaces de fio)
UART	Módulos de transmissão
	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
USB	(Receptor/Transmissor Assíncrono Universal)
V	Universal Serial Bus (Porta Serial Universal)
VDC	Volt
Serial	Voltagem em Corrente Contínua
Periphera	

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivo geral.....	16
1.2	Objetivos específicos.....	16
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	17
2.1	Barco a vela.....	17
2.2	Estação meteorológica	19
2.3	Estação meteorológica com Arduino	21
2.4	Prototipagem com microcontrolador	21
2.5	Arduino Uno.....	23
3	MATERIAIS UTILIZADOS	25
3.1	Miniturbina eólica.....	25
3.2	Indicador de direção de vento	26
3.3	Sensor de ângulo rotativo.....	28
3.4	Power Bank	29
3.4.1	Power Bank USB	29
3.5	Display Nextion.....	30
3.6	Material complementar	32
4	PROJETO.....	33
4.1	Interação Homem-Máquina: Telas de Navegação e Informação	33
4.2	Montagem do circuito	35
5	METODOLOGIA	38
6	RESULTADOS OBTIDOS	39
6.1	Testes realizados.....	39
6.1.1	Teste do Power Bank.....	39
6.1.2	Teste da estação meteorológica.....	40
6.2	Construção da estação meteorológica	41
6.2.1	Case de proteção	41
6.2.2	Montagem do hardware	42
6.3	Desenvolvimento do software.....	44
7	ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
7.1	Preparação dos dados.....	45
7.2	Análise de dados	46
8	CONCLUSÃO	47

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
APÊNDICE A.....	52

1 INTRODUÇÃO

Regatas, é como são conhecidas as competições de barcos a vela, ou veleiros. Estas competições deveriam ter sido conhecidas desde as primeiras olimpíadas em 1896, porém na ocasião, condições meteorológicas inapropriadas impediram que acontecessem e sua estreia só ocorreu em Paris, em 1900.

Essas competições envolvem diversas classes de embarcações, e ao longo do tempo, como todos os esportes, foram evoluindo. Os barcos devem somar pontos de acordo com sua chegada em cada uma das regatas e assim, ao final, com a somatória dos pontos chega-se ao vencedor. Existe também a vela de lazer, que é um esporte cujas pessoas chegam até morar em seus veleiros.

Este projeto tem por finalidade ajudar o navegador a se orientar e ter um melhor desenvolvimento na regata. Sabendo se posicionar exatamente em relação ao vento, o competidor pode aproveitar uma rajada com eficácia, pois estes elementos são o que fazem o diferencial em uma regata.

Veleiros são embarcações propelidas por velas, essas por sua vez são apoiadas em um mastro e controladas por um conjunto de cabos chamados de cordoalha. Estas embarcações dependem do vento para se movimentar, possuem algum equipamento para emergências, seja um motor, remo e até em caso de barcos menores, pedais, para eventuais emergências, porém o vento, essa força climática de grande variação, que é a principal fonte de energia para seu deslocamento.

Em nosso trabalho, tem-se como objetivo desenvolver uma estação meteorológica para orientação do condutor da embarcação. Sabe-se que o controle da embarcação se dá na relação da direção do vento em relação a ponta da embarcação, e é claro que a velocidade do vento também tem grande influência sobre o desempenho.

Existem plataformas eletrônicas especializadas em meteorologia que fornecem dados de condições do vento, porém esses dados são muito vagos quando se fala de uma embarcação que necessita da informação local e em tempo real, e não uma previsão com expectativa de uma estação como anemômetro que pode estar a quilômetros de distância.

A velocidade do vento, no caso do nosso projeto, é fornecida em Nós, sendo que 1 Nó equivale a 1,85 km/h, ou seja, uma milha náutica por hora.

Informações climáticas são conseguidas através de sensores que captam temperatura, velocidade do vento, umidade do ar etc. Essas informações são passadas por estações meteorológicas. Essas estações com dados mais completos sobre climatização são muito usadas na agricultura e são uma ferramenta de grande valia no monitoramento das plantações, condições para plantio e colheita. Neste trabalho, o foco é o monitoramento em tempo real, para que a condução do veleiro se torne segura.

Vento e rajada não são a mesma informação ou ação climática. O vento é a ação climática constante por um período que pode ser prolongado por horas, diferente da rajada que é um vento de curta duração, de maneira geral dura pelo menos 20 segundos, e tem uma velocidade de pelo menos 10 nós, ou 18,5 km/h, maior que a velocidade média que estava sendo observada. Estudos sobre a ação do vento foram feitos por pesquisadores ao longo do tempo. O Capitão hidrógrafo da Marinha Real Britânica Francis Beaufort (1774-1857), desenvolveu uma escala que associa uma velocidade de vento de acordo com o efeito sobre a superfície do mar e nas velas dos veleiros.

De acordo com as regras de uma regata, o controle da embarcação sob o vento é fundamental e faz toda a diferença, então se faz necessário o uso do anemômetro.

A viabilidade técnica do uso deste equipamento foi definida em conjunto analisando quesitos como manutenção, facilidade de manuseio, consumo de energia, pois não irá utilizar alimentação de rede ou bateria da embarcação e sim um Power Bank, pois a case com a central de monitoramento será removida da embarcação quando não estiver em uso na navegação. Também existe o cuidado com umidade, então em todos os componentes ter-se-á o cuidado para atenderem a classificação IP-68. O monitoramento é fundamental e com isso o monitor com as informações para o navegador terá que estar em local de fácil acesso e fácil interpretação, sem poluir a tela com informações não relevantes. Este monitor exibe a direção do vento em relação ao bico do barco e sua velocidade.

1.1 Objetivo geral

O objetivo deste projeto é construir um protótipo de uma estação meteorológica de baixo custo que permita o acesso dos dados coletados e analisados no que se refere às condições climáticas, velocidade e direção do vento, sendo estes dados, mostrados em um display com a finalidade de o usuário definir situações adversas referentes dos dados coletados.

1.2 Objetivos específicos

- Analisar ferramentas de baixo custo que permitam a construção de uma estação meteorológica.
- Construir uma estação meteorológica utilizando Arduino e sensores que possam medir velocidade e direção do vento.
- Desenvolver algoritmos que possibilitem ler e mostrar os dados coletados pelos sensores utilizados na montagem.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O desenvolvimento de uma estação meteorológica utilizando Arduino exige conhecimentos em algumas áreas. Primeiro deve-se entender de grandezas físicas diretamente ligadas ao vento, entender o funcionamento da estação meteorológica e compreender também como é a confecção básica de uma estação meteorológica. Estes conceitos foram de suma importância para o desenvolvimento deste projeto e fazer a análise dos dados obtidos, sendo que estes dados devem ser analisados em tempo real, pois nosso projeto não armazena dados coletados para posterior análise. Os dados coletados serão mostrados no display, na tela será apresentado um mostrador com a direção do vento em relação a ponta do barco, ou seja, a direção de entrada do vento por meio de uma figura de fácil entendimento e na mesma tela a condição angular numérica. Ao trocar de tela, nessa segunda tela teremos também a condição angular e a velocidade do vento fornecida em nós.

Neste capítulo será feito a abordagem dos principais tópicos para o desenvolvimento deste projeto, dando início de uma forma geral e posteriormente focando no desenvolvimento do projeto desejado.

2.1 Barco a vela

A história dos barcos a vela se inicia quando a humanidade em sua fase de organização como sociedade resolve se instalar próximo aos grandes lagos e rios com a finalidade de praticar a agropecuária, e com o tempo viram que com grandes produções seria necessário escoar seus produtos, seja por terra ou pela água, e isso se deu por volta de 3000 a.C. destacando neste período a Mesopotâmia.

“Um veleiro ou barco à vela é um barco impulsionado em parte ou inteiramente por velas menores que um veleiro. Distinções no que constitui um barco à vela e navio variam por região e cultura marítima”. (Portal São Francisco).

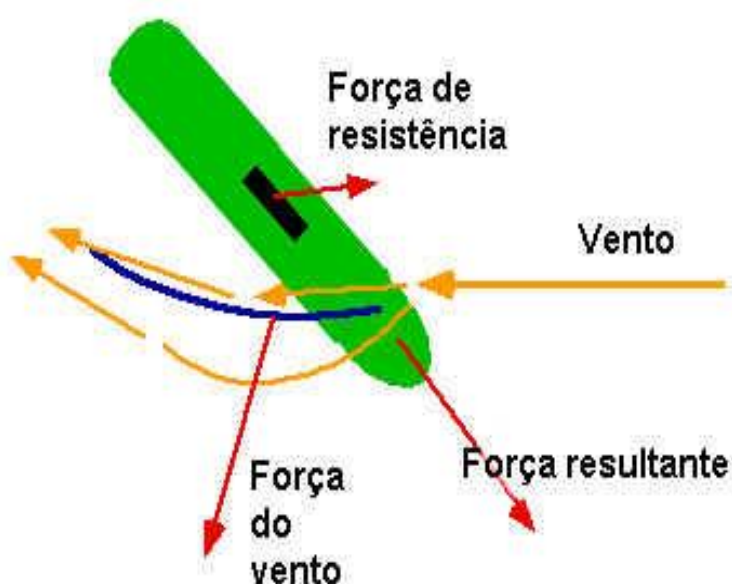
Veleiros são embarcações que possuem variações de configurações, e isso influi em seu casco, quilha, finalidade, mastro e vela. A vela por sua vez é utilizada

como uma asa, assim como nas aeronaves, sua funcionalidade parte do princípio de Bernoulli, onde a ação do vento age diretamente criando alívio e aumento de pressão do vento, fazendo com isso que o barco possa inclusive se movimentar na direção contra o vento.

Quando o ar em movimento passa por trás do lado côncavo da vela, ou barlavento, sua velocidade diminui; e quando passa pela parte dianteira, ou sotavento, o ar flui mais rapidamente. Isso origina uma zona de alta pressão atrás da vela e uma zona de baixa pressão a sua frente.

A diferença de pressão entre os dois lados cria uma força para a frente, em ângulo com o vento.

Figura 1 - Princípio de Bernoulli



Fonte: PORTAL SÃO FRANCISCO, 2022.

Assim há a necessidade do sensor de direção de vento, pois a embarcação saberá exatamente seu posicionamento em relação a massa de vento recebida.

2.2 Estação meteorológica

A estação meteorológica é uma ferramenta fundamental em nosso cenário atual, onde monitoramentos climáticos são de vital importância, seja na agricultura, agropecuária, grandes centros urbanos por conta de enchentes e vendavais em áreas de risco, mas em nosso caso, foi criada para facilitar e dar agilidade na navegação.

A observação meteorológica de superfície, realizada nas estações meteorológicas, consiste na coleta diária de dados referentes as diversas variáveis atmosféricas, que caracterizam o estado da atmosfera, ou seja, o tempo.

Alguns fatores criados de forma normativa e padronizada são fundamentais para uma coleta precisa de dados meteorológicos, como a localização dos equipamentos, a aferição dos instrumentos de medição, os horários de observação e os procedimentos de coleta.

Composta por uma série de sensores, uma estação meteorológica pode registrar dados sobre temperatura, radiação solar, umidade do ar, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento.

Existem dois tipos de estações meteorológicas, as automáticas e as convencionais. Estações automáticas (Figura3): fazem a coleta de dados de maneira totalmente automatizada. Nessa estação, os sinais elétricos emitidos pelos sensores chegam à um sistema de aquisição de dados onde são receptados por um Datalogger, o que possibilita a informatização do armazenamento e processamento dos dados.

Figura 2 - Estação Meteorológica Automática



Fonte: Agrosmart.com.br, 2022

Estações convencionais: Estações convencionais, são equipamentos que exigem a presença diária de uma pessoa para coletar os dados medidos. Os instrumentos que compõem este tipo de estação são de leitura direta como termômetros e sistemas mecânicos de registro, como termo higrógrafo, que é um instrumento que registra simultaneamente a temperatura e a umidade relativa do ar. Também existe o pluviógrafo, que registra a intensidade de precipitação, ou seja, a quantidade de chuva e o anemógrafo que registra a direção do vento, a distância percorrida pelo vento.

Uma estação meteorológica convencional pode ser vista na Figura 4.

Figura 3 - Estação Meteorológica Convencional



Fonte: AGROSMART, 2022

Por se tratar de um território de dimensões continentais, o Brasil ainda não apresenta uma rede de estações meteorológicas que atenda todo seu território. Devido as crescentes ocorrências de impactos no meio ambiente, o número de estações está aumentando e abrangendo mais áreas.

Atualmente, o Brasil conta com diversas redes de estações meteorológica, sendo a mais importante a coordenada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O instituto possui uma rede de 500 estação automáticas e de 258 estações convencionais espalhadas pelo país. (INMET).

Não menos importante, é a sistematizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que possui várias estações meteorológicas pelo país. Os dados meteorológicos históricos podem ser acessados pela plataforma de Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA).

Existem várias outras estações espalhadas pelo país, como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) juntamente com o Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), ambos com mais de 30 estações espalhadas nos estados de São Paulo e Paraná.

2.3 Estação meteorológica com Arduino

Nesta seção, será abordado especificações dos componentes utilizados na confecção do presente projeto, especificações de cada item e a importância que cada um tem para a confecção do projeto.

A grande vantagem deste projeto é o custo. Enquanto uma estação meteorológica automática custa aproximadamente seis mil reais, o projeto desenvolvido custaria menos de dois mil reais.

Antes de ser iniciada a prototipagem mecânica dos instrumentos voltados à medição da velocidade do vento (anemômetro de conchas) e da direção do vento (biruta), efetuamos pesquisas referentes a estes dispositivos.

Após efetuar buscas referentes aos componentes a serem utilizados, decidimos utilizar na prototipagem mecânica do projeto, alguns componentes que encontramos no site da USINAINFO.

2.4 Prototipagem com microcontrolador

Muito usada por estudantes e profissionais, o Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, que pode ser utilizado em diversas áreas. Foi desenvolvido por estudantes, em 2005 em Ivrea na Itália. Eles necessitavam de um sistema fácil e barato para efetuarem seus projetos, e com o sucesso do desenvolvimento dessa ferramenta, resolveram aprimorar e comercializar a plataforma. Utilizaram uma linguagem de programação baseada em C/C++, e com

isso desenvolveram projetos desde os mais simples até equipamentos mais complexos, desenvolveram projetos com internet das coisas, automação residencial, monitoramento.

Suas funcionalidades podem ser facilmente ampliadas, ou seja, você não precisa trocar a placa principal caso queira expandir os recursos do seu projeto. Basta acrescentar sensores, módulos e shields para incorporar novas funções. Além disso, depois de programado, o Arduino pode ser utilizado sem a necessidade de um computador, já que o programa instalado na placa permanece em loop, repetindo sem parar, sendo necessário apenas uma fonte de alimentação para que a placa funcione.

A tecnologia e os softwares livres têm promovido uma quarta revolução industrial, assim esta plataforma de código aberto facilita o trabalho com estes projetos em universidades.

O Arduino Education capacita alunos em suas trajetórias de aprendizado no ensino médio e graduação através da criação da geração de programas STEAM.

No Arduino você pode inserir comandos por meio do microcontrolador, que é o cérebro da placa, este executa e avalia a funcionalidade das portas de entradas e saídas, E/S ou I/O (*Input/Output*), e são por estes canais que a placa se comunica com sensores, displays e módulos conectados.

Figura 4 - Microcontrolador ATmega



Fonte: FILIPE FLOP, 2022

Vale ressaltar também que para se obter a placa Arduino, o valor é considerado relativamente baixo, sendo possível ser encontrada no site do representante oficial do Brasil Robocore ao valor de R\$ 119,90, e quando for montada comprando os seus componentes eletrônicos de forma separada em lojas de componentes eletrônicos, este valor chega em torno de R\$ 55,00.

A vantagem do Arduino é que possui uma arquitetura aberta, ou seja, qualquer pessoa sem conhecimentos profundos em eletrônica ou desenvolvedores podem criar suas próprias placas Arduino ou melhorar os softwares de bootloader, de certa forma melhorando o Arduino para atender aos requisitos do projeto de desenvolvimento.

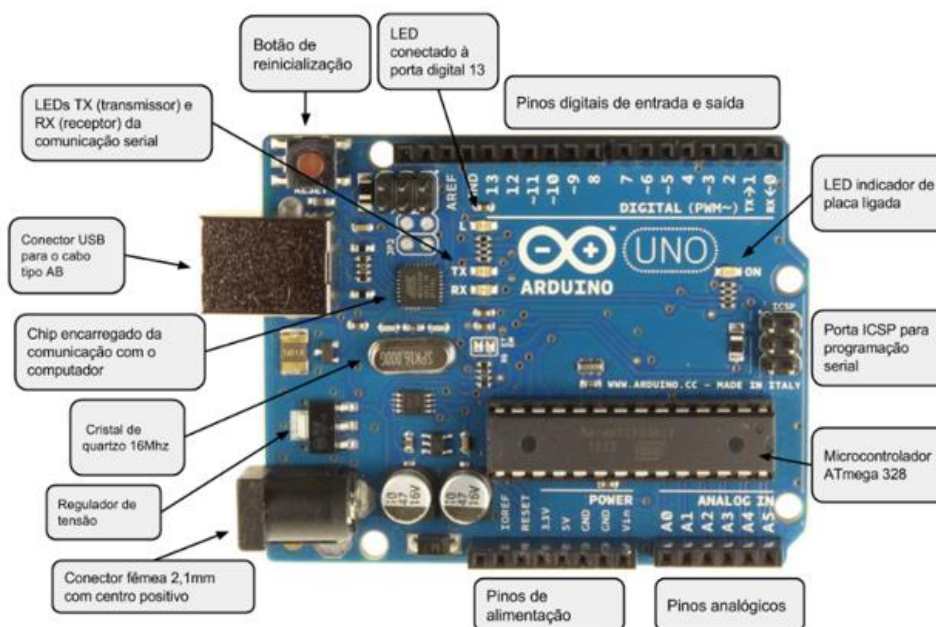
Desta maneira, as comunidades e fóruns virtuais sobre o assunto cresceram de uma forma gradual, e como a arquitetura do Arduino é livre, fica fácil encontrar os códigos de programação para vários projetos de maneira totalmente gratuita.

2.5 Arduino Uno

A placa Arduino Uno é a mais recomendada para quem está começando na plataforma. Além do ótimo custo benefício, a quantidade de portas de entradas e saídas são suficientes para criar projetos, além de que caso haja necessidade, podem-se adicionar mais plataformas Arduino ao projeto para melhor eficiência. O microcontrolador da placa Uno é o ATmega328P, com clock de 16 MHz, 14 pinos de I/O, sendo 6 analógicos e 6 com função PWM (*Pulse Width Modulation*). A conexão com o computador usa um cabo USB A/B, o mesmo utilizado em impressoras USB, podendo ser alimentado com uma fonte externa chaveada de 7 a 12 VDC.

A figura 6 mostra a placa Arduino Uno

Figura 5 - Placa Arduino Uno R3



Fonte: NATAL MAKERS, 2022

Resumo das principais características do Arduino UNO:

- Tamanho: 5,3 cm x 6,8 cm x 1,0 cm.
- Microcontrolador: ATmega328.
- Tensão de operação: 5 V.
- Tensão de entrada (recomendada): 7 V a 12 V.
- Tensão de entrada (limites): 6 V a 20 V.
- Pinos de entradas/saídas (I/O) digitais: 14 (dos quais 6 podem ser saídas PWM).
- Pinos de entradas analógicas: 6.
- Corrente DC por pino I/O: 40 mA.
- Corrente DC para pino de 3,3V: 50 mA.
- Memória Flash: 32 kB.
- Velocidade de Clock: 16 MHz.
- Temperatura de operação: de 10° a 60 °C.

3 MATERIAIS UTILIZADOS

3.1 Miniturbina eólica

Miniturbina eólica foi o recurso utilizando anemômetro. Se trata de um motor elétrico DC de 6 V. Estes motores elétricos sejam DC ou AC, são máquinas elétricas reversíveis, ou seja, pode-se converter energia elétrica em mecânica e mecânica em elétrica. No caso discutido, a energia eólica será transformada em energia elétrica, utilizando este motor DC, que gera uma tensão de corrente contínua, poderemos ler o sinal que é gerado e desenvolver um algoritmo que transforma este sinal em velocidade do vento.

A conexão com o Arduino é muito simples pois o motor DC possui apenas dois fios, e apenas houve a necessidade de controlar a tensão gerada para ter um sinal limpo e preciso. Este sinal pode variar de acordo com o RPM, pois a tensão gerada também é em relação ao RPM. Por isso a necessidade de fazer este estudo da qualidade do sinal.

Este projeto visa medir a velocidade do vento e, além disso, disponibilizar tal medição no visor de um display. O projeto utiliza como elemento sensor uma miniturbina eólica (Figura 6), um dispositivo capaz de produzir energia elétrica a partir da força do vento, enviando pulsos para o microcontrolador e sendo convertido na linguagem do software que por sua vez exibe a velocidade correta para o usuário.

Figura 6 - Miniturbina eólica



Fonte: MERCADO LIVRE, 2022

Abaixo abordaremos as especificações da miniturbina eólica.

- Diâmetro do motor: 24,5 mm/0,96”.
- Motor altura: 34,2 mm/1,35”.
- Motor diâmetro do eixo: 2 mm/0,079”.
- Motor comprimento do eixo: 13,5 mm/0,53”.
- Diâmetro da lâmina: 100 mm/3,94”.
- Lâmina de abertura: 1,95 mm/0,077”.
- Tensão de saída máxima: DC 0.01 v - 5.5 v.
- Corrente de saída: 0.01 – 100 mA.
- Velocidade nominal: 100 – 6000 ver/min.

3.2 Indicador de direção de vento

O indicador de direção do vento, é um dispositivo eletromecânico onde sua arquitetura foi desenvolvida especialmente para a construção de estações meteorológicas ou monitoramento da direção do vento em diversas áreas de aplicação. As principais são: proteção ambiental, aeroportos, campos agrícolas, veleiros e embarcações propelidas por velas, entre outros ambientes.

Este dispositivo é muito prático e de fácil instalação. Em sua composição interna possui um conjunto de 8 sensores acoplados (reed com resistores), sendo que cada um deles se encontra em uma localização diferente. Apresenta também valores de resistências aleatórios para cada posição.

As instalações se encontram nas seguintes posições: N - 0°, NE - 45°, E - 90°, SE - 135°, S - 180°, SO - 235°, O - 270° e NO - 315°.

Para maior durabilidade do dispositivo, a grande maioria dos fabricantes confecciona o indicador de direção do vento em alumínio, proporcionando maior tempo de vida contra oxidações. Possuem internamente um rolamento lacrado assim como sensor resistivo lacrado, servindo como proteção contra possíveis danos.

O indicador de direção do vento é compatível com diversas plataformas microcontroladoras, sendo de fácil implantação em diversos tipos de projetos.

Neste trabalho, foi utilizado o sensor de ângulo rotativo, pois ele usa um potenciômetro linear. O ângulo de rotação muda a resistência do potenciômetro e a tensão de saída também muda.

O indicador de direção do vento pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 - Indicador de direção do vento Arduino



Fonte: USINA INFO, 2022

Abaixo serão abordadas as especificações do indicador de direção do vento.

- Material: Alumínio.
- Tensão de trabalho: 5 V DC.
- Tipo: Analógico.
- Giro: 360°.
- Precisão: 95%.
- Comprimento do cabo: 8 m.
- Comprimento do eixo indicador: 24 cm.
- Comprimento do suporte: 20 cm.
- Peso: 330 g.
- Peso com embalagem: 430 g.

3.3 Sensor de ângulo rotativo

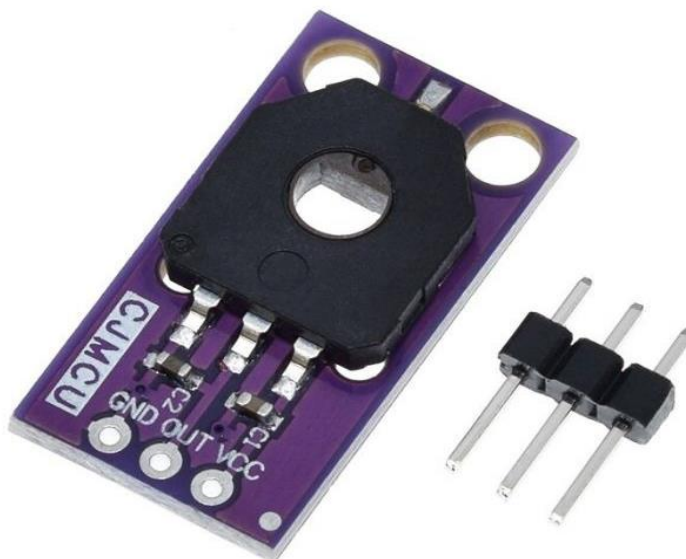
Devido a problemas de logística, como não foi recebido o indicador de direção do vento dentro do prazo para a entrega deste experimento, utilizaremos um módulo CJMCU-103 – sensor de ângulo rotativo.

O módulo CJMCU-103 é um sensor de posição angular baseado no sensor Murata série SV01. O módulo consiste em componente resistivo de 10 K, com vida útil estimada em 300.000 ciclos.

O CJMCU-103 é indicado para utilização em posicionamentos de sistemas robóticos, chaves de fim de curso em produtos de linha branca, driver de motor etc. Ele usa um potenciômetro linear como meio de detecção. O movimento altera a resistência do potenciômetro, bem como a saída. Funciona com alimentação de 5V, e em temperaturas de -40 °C a 85 °C. Possui torque rotacional de 1 mN.m ou 10,5 G.cm. Também possui uma linearidade de $\pm 2\%$, com resistência total de 10 k Ω e tolerância de $\pm 30\%$.

O sensor de posição de posição angular pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 - Sensor de ângulo rotativo CJMCU-103



Fonte: EASYTRONICS, 2022.

Abaixo, serão abordadas as especificações do sensor de ângulo rotativo.

- Série: SV01.
- Tecnologia: Resistiva.

- Ângulo de rotação eletromecânica: 0° -333,3°.
- Saída: Analógica.
- Tipo de atuador: Furo para eixo.
- Linearidade: +/- 2%.
- Resistência: 10 K.
- Tolerância da resistência: +/- 30%.
- Temperatura de operação: -40 °C ~ 85 °C.

3.4 Power Bank

Um Power Bank, ou banco de energia traduzido, é uma bateria portátil, onde é possível conectar a mesma através de um cabo ao seu dispositivo que necessita de alimentação. Por possuir pequenas dimensões e pouca massa bruta, o Power Bank pode ser facilmente levado na bolsa ou até mesmo no bolso.

Atualmente, temos Power Banks de variados modelos, tipos, tamanhos, formatos e capacidades. Inúmeros dispositivos podem ser carregados através de um Power Bank, uma vez que a tecnologia avança a passos largos, cada vez mais a gama de produtos eletrônicos aparecem na lista.

3.4.1 Power Bank USB

Um Power Bank de bolso do tipo USB, pode ter sua bateria reabastecida sempre que houver uma porta USB à disposição, sendo possível conectá-lo ao computador enquanto outro dispositivo conectado ao mesmo pode ser utilizado de forma independente.

Visando a necessidade de o usuário da embarcação utilizar a estação meteorológica por um longo período, foi escolhido utilizar um Power Bank robusto que pudesse oferecer uma excelente autonomia.

Para a alimentação da estação meteorológica foi escolhido um Power Bank USB de 10.000 mAh.

Um exemplo de Power Bank pode ser visto a seguir na Figura 9.

Figura 9 - Power Bank USB



Fonte: MERCADO LIVRE, 2022

Abaixo abordaremos as especificações do Power Bank de 10.000 mAh.

- Produto: Power Bank.
- Bateria: Polímero de lítio.
- Capacidade: 10.000 mAh.
- Capacidade da bateria interna: 3.7 V.
- Entrada: Micro USB Dc 5v 2^a.
- Saída nominal: 6.300 mAh.
- Duração da bateria em standby: 5.000 h.
- Ciclo de vida: 500 recargas (1 recarga = de 0 a 100).
- Temperatura em trabalho: 0 °C a 40 °C.
- Tempo de carregamento do Power Bank: 3-5 horas.

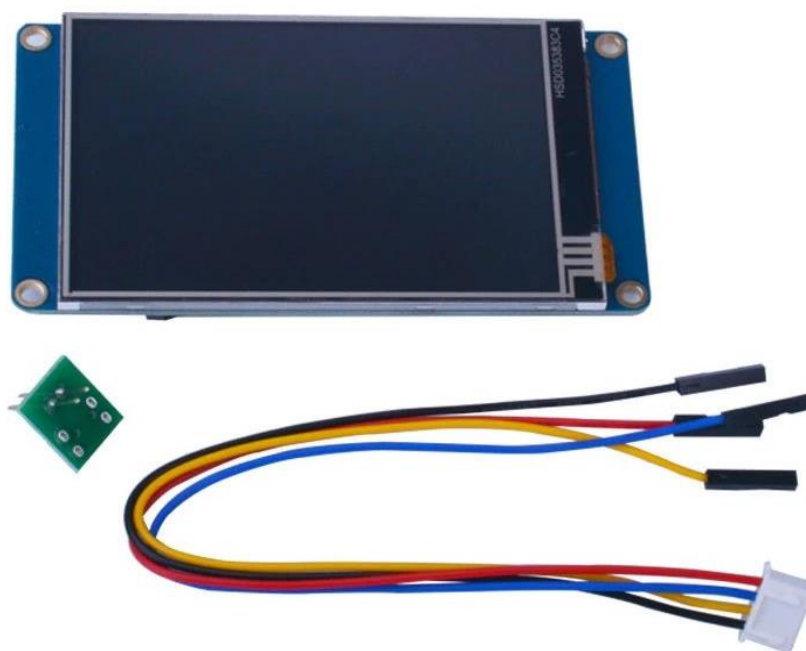
3.5 Display Nextion

O display Nextion é uma interface homem-máquina, que possui uma tela que se assemelha à de um celular sensível ao toque, aliado a um processador de alto

desempenho, fazendo com que ele se torne um dispositivo ideal para integrar no projeto eletroeletrônico.

No que se refere ao hardware, o display Nextion (Figura 10) possui uma placa da série TFT, onde faz a comunicação através de uma única porta, sendo que a ligação desta comunicação já vem preparada, evitando assim falhas na ligação da fiação do display.

Figura 1 - Display Nextion NX4832T035



Fonte: CURTOCIRCUITO, 2022

Para fazer a programação, o display conta com um software próprio chamado Nextion Editor, contendo botões, barra de progresso, painel de instrumentos, entre outros, permitindo ao usuário, criar e configurar toda a animação de acordo com o projeto a ser mostrado na tela do display.

O desenvolvimento da aplicação é bem simples, sendo possível que o usuário “arraste e solte” cada item desejado na interface. Este software não requer treinamento específico, sendo assim, recomendado tanto para profissionais da área, quanto para pessoas que nunca tiveram contato com a aplicação. É possível adaptar a HMI do Nextion a projetos que já existem, sendo necessário apenas disponibilizar a UART para que as novas mudanças sejam acrescentadas.

O módulo Nextion HMI TFT NX4832T035 HMI de 3,5" é um poderoso display podendo ser instalado em diversos projetos eletrônicos.

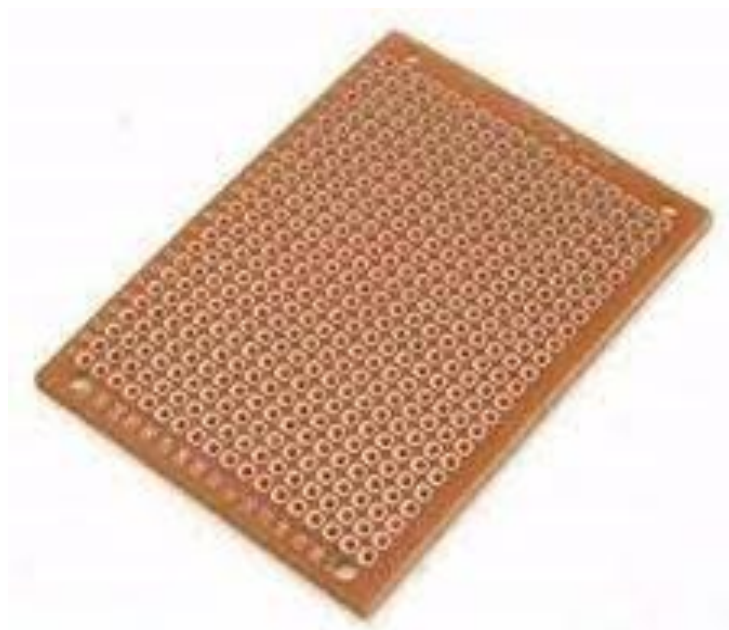
3.6 Material complementar

Foi utilizado uma placa PCI que é uma placa perfurada universal para circuitos impressos, que possui linhas e colunas ideal para prototipagem de pequenos circuitos eletrônicos, facilitando a soldagem dos componentes utilizados na montagem do hardware.

Nesta etapa, foi soldado um componente por vez com o auxílio de um ferro de solda e uma liga de estanho e chumbo, esta, por sua vez, tem a finalidade de unir os terminais dos componentes.

A placa PCI perfurada pode ser vista na Figura 11.

Figura 11 - Placa PCI perfurada



Fonte: EASYTRONICS, 2022

Juntamente com jumpers' que são cabos flexíveis com pinos em suas extremidades para facilitar a ligação, também foram utilizados plugs de engate rápido para facilitar na ligação do projeto, parafusos e porcas para a fixação do display na parte interna da case em acrílico.

Para a sustentação de todos os componentes, utilizamos uma chapa de madeira MDF. Para a fixação da haste da biruta, um material de alumínio que foi usinado e fixado na placa de madeira a fim de acoplar a haste.

Para alimentar todo o circuito, foi utilizado um Power bank recarregável com autonomia de 10.000 mAh, é um equipamento de fácil acesso comercial e de fácil instalação, podendo ser retirado posteriormente para efetuar a sua recarga total.

4 PROJETO

4.1 Interação Homem-Máquina: Telas de Navegação e Informação

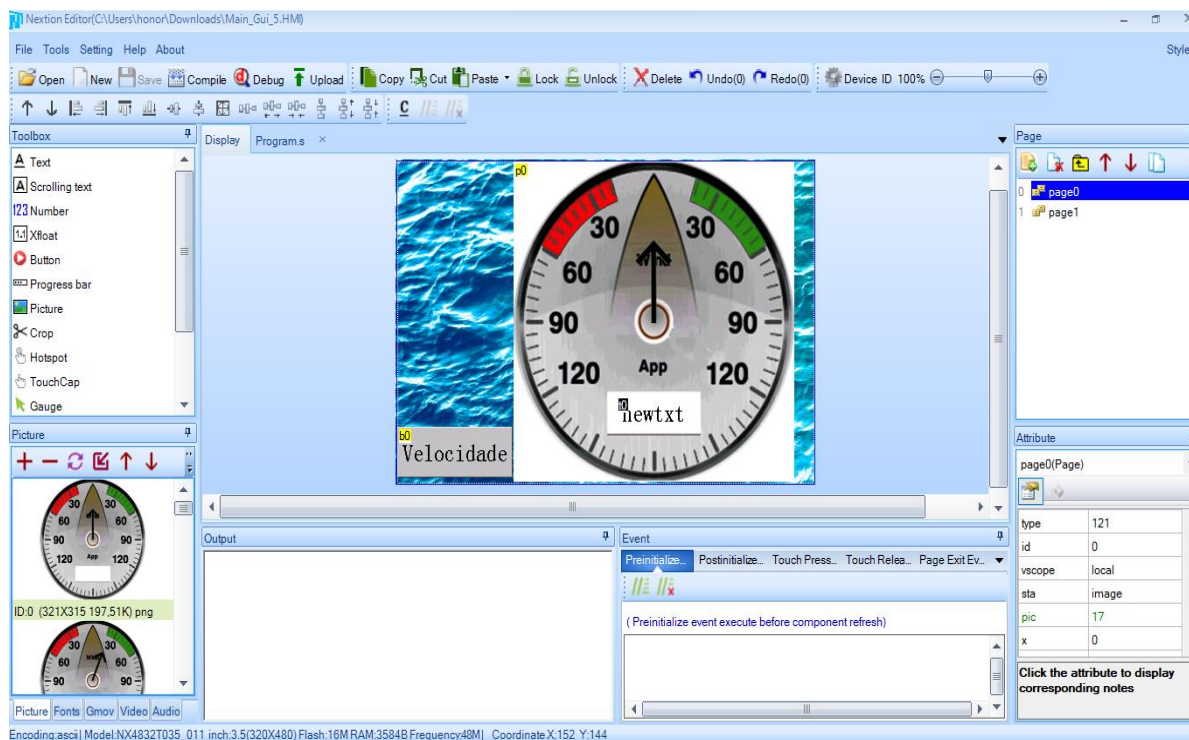
De acordo com o objetivo do projeto que busca auxiliar o usuário em sua navegação, foram feitas pesquisas em busca de imagens claras e objetivas a serem inseridas no display LCD de forma a simular um wind display e de fácil entendimento do usuário.

Foram inseridas duas telas dentro da programação do Nextion Editor, a primeira, nomeada tela de navegação, onde contém uma figura da proa do barco juntamente com uma seta indicando a direção do vento, e posteriormente qual parte da embarcação está sendo atingida pelo vento.

A segunda tela, nomeada tela de informações, contém uma pequena tabela com informações da velocidade do vento, medida em nós e o ângulo em que a biruta se encontra em graus. A forma de programar o display através do software é simples e de fácil manejo onde foram inseridas figuras uma sobreposta à outra a fim de rotacionar a seta e obter o resultado satisfatório.

A tela de navegação pode ser vista na Figura 12.

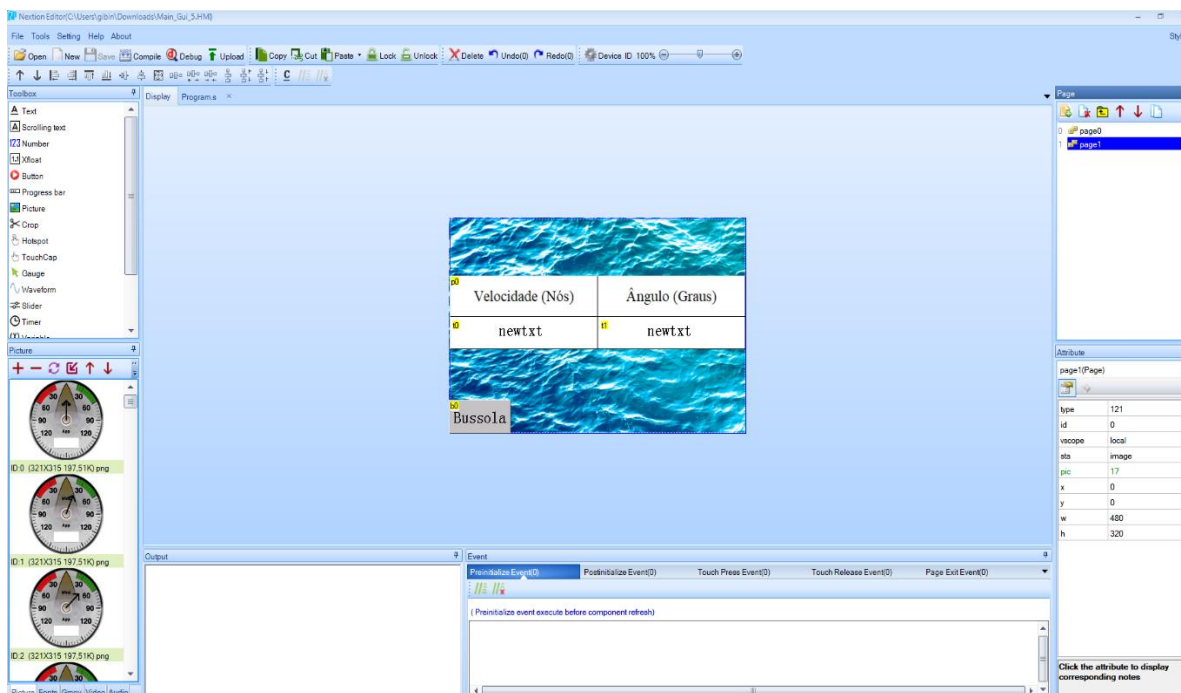
Figura 2 - Tela de Navegação



Fonte: NEXTION EDITOR, 2022

A tela de informações pode ser vista na Figura 13.

Figura 13 - Tela de Informações



Fonte: NEXTION EDITOR, 2022

4.2 Montagem do circuito

A montagem do circuito foi iniciada em protoboard com a finalidade de realizar testes. A princípio foi questionado a saber qual a tensão máxima gerada pelo motor DC quando em uma situação de alto RPM, segundo o fabricante a tensão máxima seria de 5.5 v, porém ao realizar testes de campo, foi verificado que este valor poderia chegar a 9 v, o que claramente afetaria o equipamento, pois a leitura da velocidade de vento é uma relação da tensão gerada, esta tensão é transformada em um sinal que é recebido na porta A2 do Arduino e assim convertida em velocidade do vento. Com esta informação em mãos, podemos primeiramente controlar a tensão de entrada no Arduino usando para isso dois resistores de 10 K na saída do motor DC.

Sem a oscilação de sinal, o anemômetro foi calibrado, onde a calibração foi feita em campo com o anemômetro, motor DC e já montado ligado na entrada A2 do Arduino foi colocada em um automóvel e criou-se uma tabela comparativa. A captação foi em quilômetros por hora e posteriormente convertida para nós.

Para captar este sinal aleatório via monitor serial, usamos um código simples.

Com o sensor de ângulo rotativo CJMCU-103, foi mais simples, pois ele trabalha como um potenciômetro de 10 K fornecendo a posição de grau em grau. Foi montada uma biruta, pois no caso como o equipamento, será usado em uma embarcação. A informação angular será em relação a ponta da embarcação conforme animação que aparece no display.

A figura de animação do display pode ser vista na Figura 14.

Figura 14 - Figura de Animação.

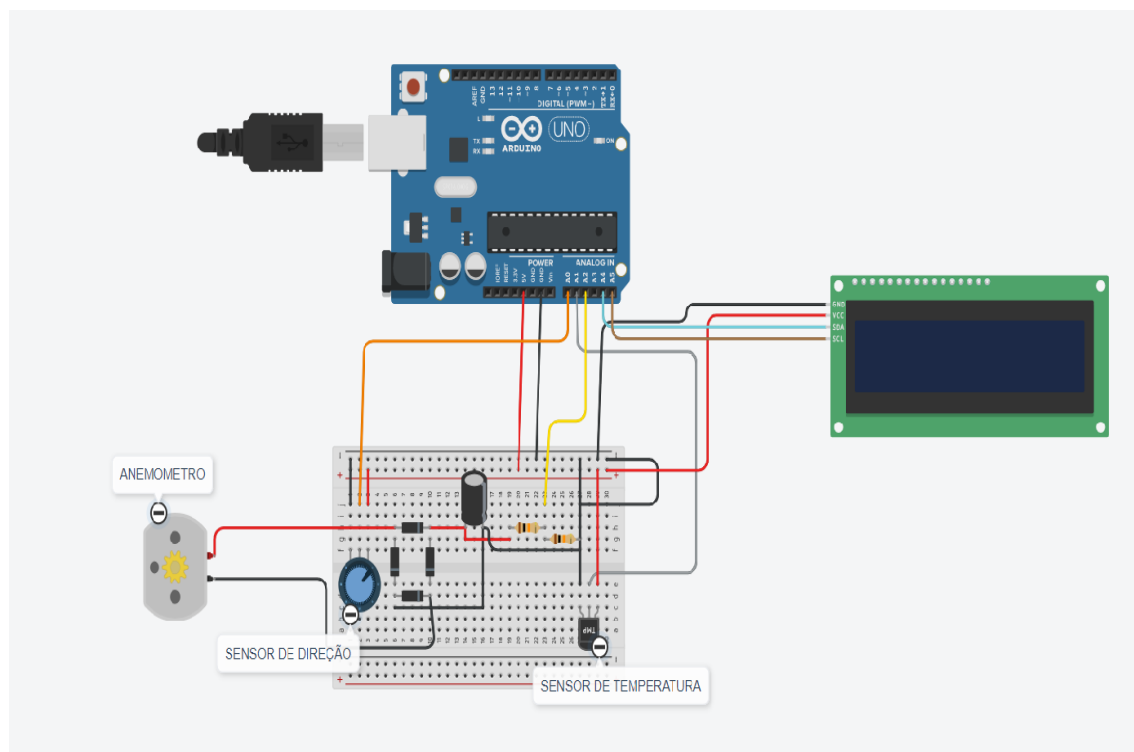


Fonte: Autores

Feito esta etapa, ao testar a leitura, foi notado no visor do display uma oscilação de dados e para esta análise, tivemos que utilizar o laboratório, pois ela só é possível com auxílio de um osciloscópio. Já com o auxílio do osciloscópio foi possível observar que havia muito ruído no sinal. Foi testado um capacitor 470 μF , e houve uma melhora do sinal, porém ainda não satisfatório para leitura. Foi decidido então, alocar uma ponte retificadora 2w10, esta ponte é formada por quatro diodos comuns em um mesmo invólucro, que possui a função de fazer a retificação de uma corrente em onda completa.

O circuito montado no programa Tinkercad pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 - Montagem do circuito no Tinkercad.



Fonte: Autores

5 METODOLOGIA

A estação meteorológica foi construída com a utilização de Arduino, sensores, assim como todo artefato de códigos desenvolvidos para a necessidade do funcionamento do dispositivo no que se refere a captação de informações relevantes ao dispositivo.

Foram utilizadas pesquisas em publicações, livros, dissertações e artigos nas áreas de Clima, Arduino e sensores. Realizamos também pesquisas sobre artefatos de Hardware, Software e construção da estação meteorológica.

No quesito desenvolvimento, feitas buscas sobre configuração e testes de uma estação meteorológica utilizando Arduino e seus sensores e componentes.

Com o intuito de colocar em prática o que foi proposto, o projeto foi confeccionado conforme as etapas a seguir:

- Pesquisas Bibliográficas: nesta etapa foi feito um levantamento de dados com a finalidade de entender o clima, alterações climáticas e seus impactos na vida humana, funcionalidades da placa microcontrolador Arduino, seus recursos e suas limitações, instalação de uma estação meteorológica em uma embarcação fluvial.
- Montagem da estação meteorológica: nesta etapa foram montados todos os sensores na mesma placa Arduino, alocado cada sensor em seu layout e feito o teste em cada um deles de maneira separada, alguns problemas apareceram como serão descritos, porém com testes e ajuda de equipamentos como osciloscópio, foram solucionados.
- Programação da plataforma: criação de algoritmos de forma a ser capazes de lerem todos os sensores e que cada um mostra os dados obtidos em um display de 3,5".
- Realização de testes.

6 RESULTADOS OBTIDOS

6.1 Testes realizados

6.1.1 Teste do Power Bank

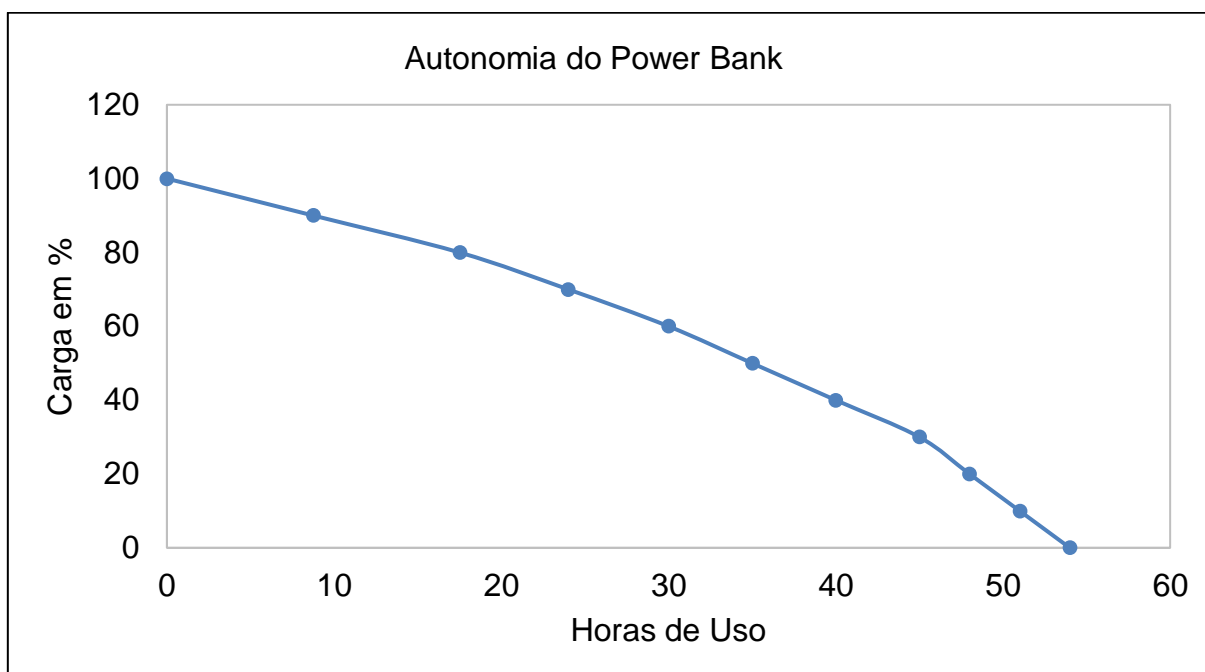
Foi executado um teste de durabilidade do Power Bank, onde foi colocado um ventilador atuando no anemômetro, e assim feita a análise de capacidade de duração da bateria. O gráfico abaixo mostra o resultado da análise, onde seguindo uma curva linear mostra uma durabilidade de 54 horas de uso, conforme Tabela 2. Esta observação foi feita até que o Power Bank atingisse 80% da sua capacidade de carga, e a tendência de queda acompanhada, mas sabe-se que esta atividade pode mudar conforme a bateria vai perdendo sua capacidade.

Tabela 1 - Durabilidade Power Bank

Horas de uso	% Power Bank
0	100
8,75	90
17,5	80
24	70
30	60
35	50
40	40
45	30
48	20
51	10
54	0

Fonte: Autores

Gráfico 1 - Durabilidade Power Bank



Fonte: Autores

6.1.2 Teste da estação meteorológica

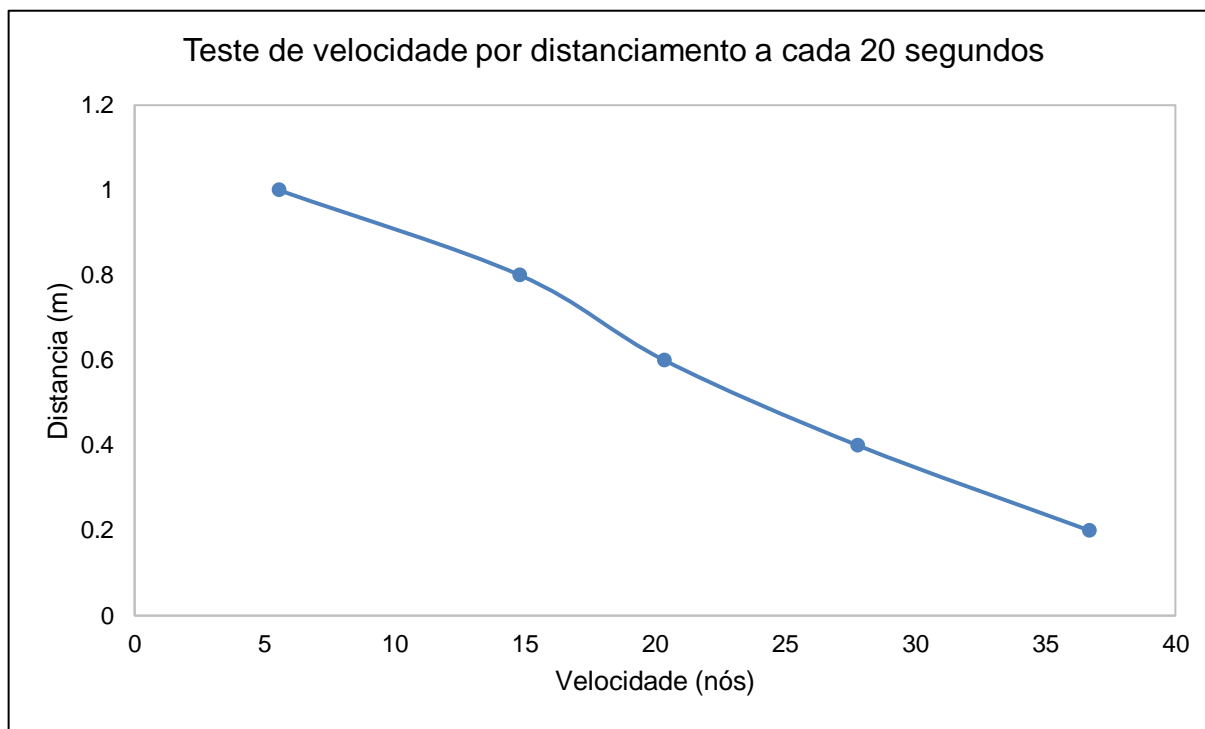
Nesta etapa, a estação meteorológica foi colocada em teste para verificar a coleta dos dados, verificar possíveis falhas assim como aferir as calibrações de cada sensor utilizado na estação meteorológica. Para o anemômetro foi utilizado um secador de cabelo em velocidade 1, onde a Tabela 1 mostra a relação de velocidade e distância no teste feito a cada 20 segundos.

Tabela 2 - Relação de velocidade e distância a cada 20 segundos

Distância (m)	Velocidade (nós)
0,3	18,52
0,6	12,96
0,9	5,7
1,0	3,5

Fonte: Autores

Gráfico 2 - Teste de velocidade por distanciamento a cada 20 segundos



Fonte: Autores

6.2 Construção da estação meteorológica

Este projeto foi desenvolvido levando em consideração pesquisas feitas relacionadas às necessidades de um usuário de embarcação em ter fácil acesso dos dados relacionados as condições de navegação.

Foram feitos diversos estudos a fim de estabelecer as necessidades do usuário, local onde a estação meteorológica fosse instalada, custo final do projeto, testes a fim de obter resultados da estação meteorológica.

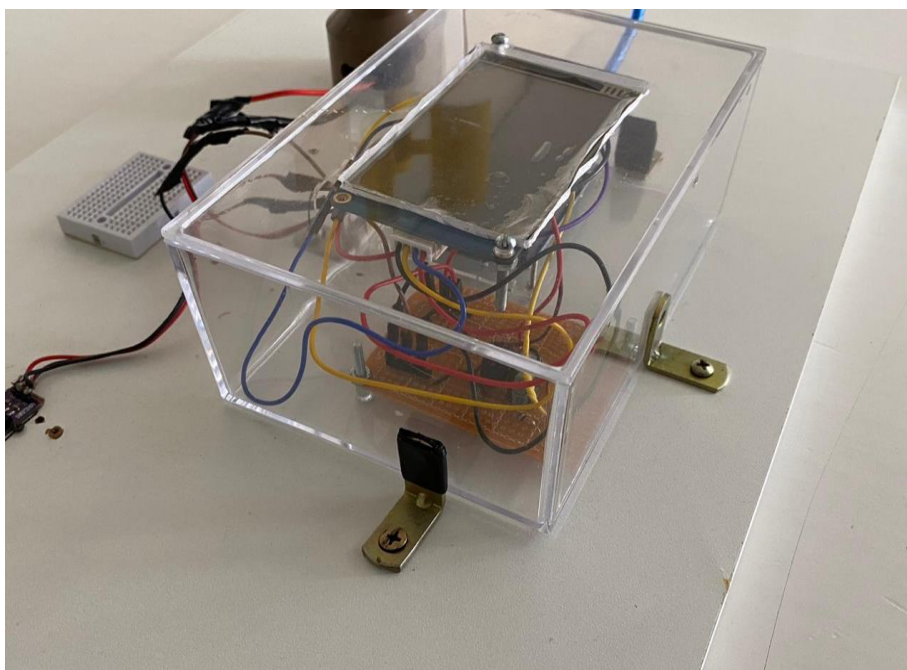
6.2.1 Case de proteção

Para proteger a estação meteorológica das ações climáticas e alojar todos os componentes e circuito eletrônico, confeccionamos sob medida uma estrutura impermeável de acrílico, nomeada de case de proteção.

Todo o circuito foi fixado dentro desta estrutura a fim de protegê-lo, e posteriormente fixada na base de madeira em MDF. A estrutura tem 17cm de comprimento, 11,5cm de largura e 7cm de altura.

A case de proteção pode ser vista na Figura 16.

Figura 16 - Case de Proteção



Fonte: Autores

6.2.2 Montagem do hardware

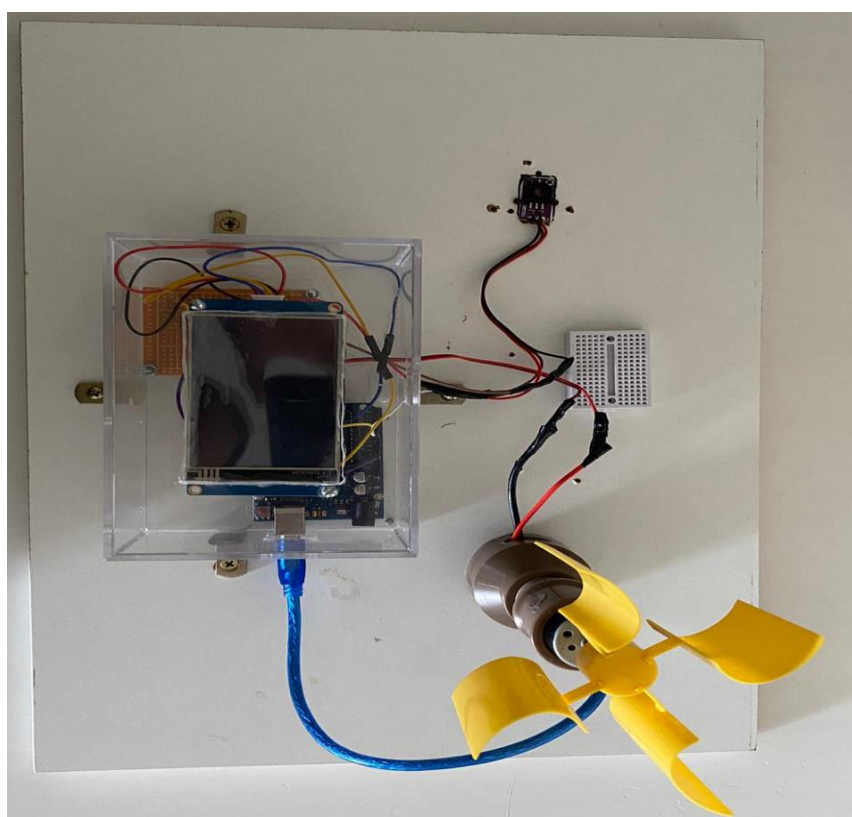
Para iniciar a confecção da estação meteorológica com Arduino, foram seguidos alguns passos onde serão descritos a seguir.

- Placa PCI: Foi realizada a conexão das fontes de energia na placa. As saídas de energia do Arduino, tanto de 5 v quanto GND foram ligadas em trilhas distintas da placa PCI.
- Sensor de rotação angular: Para a instalação deste sensor, foi fixado na bancada do experimento e criado uma torre para a biruta de direção. O sensor possui 3 terminais: VCC, OUT, e GND, o VCC é conectado à uma fonte de 5 v, o OUT é conectado na porta digital A1 do Arduino e o terceiro pino é conectado à porta GND do Arduino.

- Miniturbina eólica: Para a ligação da miniturbina utilizada para captação da velocidade do vento, foi necessário conectá-la a placa PCI, sendo ligados nas conexões, o VCC da turbina à um terminal da ponte retificadora e o GND ligado ao outro terminal da ponte retificadora, interligando um capacitor de 470 μ F juntamente com o divisor de tensão composto por dois resistores de 10 K, e por fim o ponto de junção dos dois resistores ligado à porta analógica A2 do Arduino.
- Display LCD: O display foi conectado na placa PCI, este display possui 4 terminais: VCC, GND, SDA, SCL, o VCC é conectado à fonte de 5v, o GND é conectado na porta GND, o SDA é conectado na porta A4 do Arduino e o SCL é conectado na porta A5 do Arduino.

Após todos os componentes serem soldados na placa PCI juntamente com os cabos jumpers, o circuito foi fixado junto com o display LCD no interior da case de acrílico. Esta foi a pré-montagem da estação meteorológica (figura 17)

Figura 17 - Pré-montagem da estação meteorológica



Fonte: Autores

6.3 Desenvolvimento do software

A IDE Arduino é um software gratuito de código aberto, permitindo que o usuário possa desenvolver e gravar os códigos de programas direto no microcontrolador da placa. Através deste software, se torna possível executar o upload dos programas para a placa Arduino utilizando o sistema operacional Windows assim como também o Linux, podendo mostrar sua funcionalidade.

Além de ser compatível com quase todos os sistemas operacionais, o Arduino IDE faz-se com que o usuário possa utilizar o software para a programação de todos os modelos de placas Arduino. Ao enviar o programa para a placa, se porventura o projeto apresentar algum erro de configuração ou o código apresentar alguma falha, ele mostrará na tela uma mensagem em outra tonalidade de cor indicando onde está o problema, ficando de fácil visualização do usuário para a possível correção do erro.

Para o upload dos códigos, o usuário pode utilizar o método via Arduino IDE, que se trata do software propriamente dito instalado ao computador juntamente com seus drivers, como também utilizar o método via navegador que através de uma plataforma online criada e desenvolvida pela própria empresa, permite ao usuário a possibilidade de transmitir os códigos dos programas.

Para poder usufruir do Arduino IDE, o usuário pode realizar o download do software na página oficial da empresa e posteriormente realizar a instalação da plataforma seguindo seu sistema operacional. Para efetuar o download o usuário deve utilizar uma conexão com a internet, porém após a correta instalação do programa a sua utilização pode ser executada totalmente de forma off-line.

O código do programa está dividido em duas funções, são elas setup e função loop. A função setup, é executada apenas na vez em que o Arduino for iniciado, pois ela serve para iniciar as configurações pré-estabelecidas de acordo com a programação que o usuário definiu.

A função loop, é executada continuamente enquanto o Arduino estiver ligado, dentro do loop estão também outras sub-rotinas responsáveis por gerenciar os sensores e fazer as amostragens no visor do display.

O desenvolvimento do código do programa pode ser visto no Apêndice A.

7 ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o desenvolvimento do projeto foi discutido sobre como seriam feitas as leituras e como existem itens comerciais como anemômetro e biruta desenvolvidos para o sistema Arduino. Ficou resolvido que estes seriam usados, porém, devido a pandemia, como os itens que são importados não chegariam, uma nova reunião foi realizada para definir que usaríamos uma miniturbina eólica e um sensor de direção angular para realizar as leituras.

7.1 Preparação dos dados

Após o processo de desenvolvimento da estação meteorológica e programação do código, foi iniciada a coleta dos dados através dos componentes empregados na construção do projeto. A primeira dificuldade foi desenvolver códigos para realizar as leituras, pois a miniturbina envia um pulso elétrico com uma tensão de saída DC 0.01 v – 5.5 v e transformar isso em RPM para este RPM ser convertido em milhas náuticas. Já no sensor angular, a dificuldade foi menor, pois o sensor CJMCU-103, já é um sensor específico para a aplicação e seu código se baseia na ideia de um potenciômetro. Os dados coletados foram mostrados em um display Nextion de 3,5 polegadas para facilitar a visualização do usuário, que também possui códigos específicos com biblioteca própria, mas facilmente disponibilizado pelos fornecedores.

Inicialmente foi realizado um teste, o que permitiu verificar o funcionamento da estação meteorológica com Arduino.

Comparando a diferença de preços entre o projeto da estação meteorológica desenvolvida e outros modelos de estações meteorológicas já existentes, foi possível identificar que o modelo da estação criada com Arduino possui um preço bem acessível para qualquer pessoa, apesar de ainda não possuir outros sensores que uma estação meteorológica automática possui.

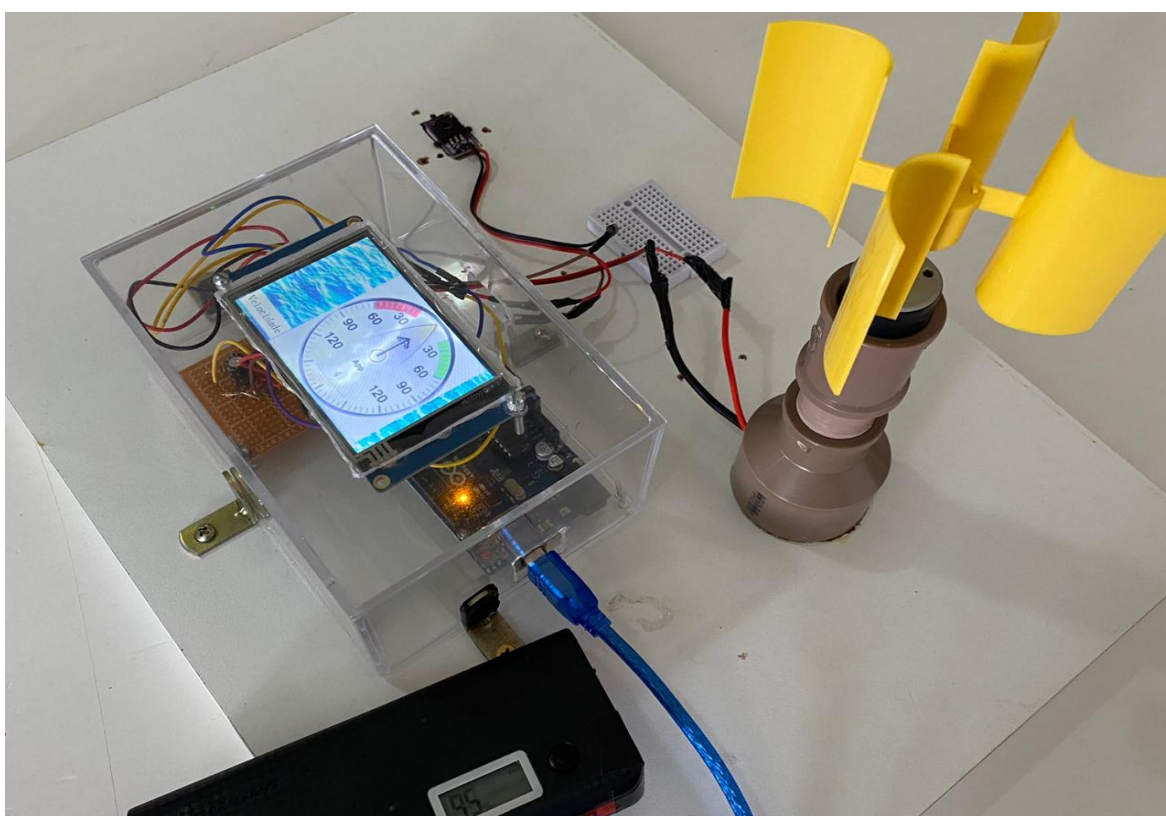
7.2 Análise de dados

A estação meteorológica com Arduino coleta os dados através do microprocessador Arduino, e estes dados são enviados diretamente ao usuário printados no display LCD que recebe estes dados com um delay de cinco segundos para atualização.

A análise de possibilidade de erro nestes dados não foi realizada pois não houve um teste de campo com comparativos padronizados, como bússola ou uma biruta mecânica, ou até por meio de outros instrumentos de embarcações já desenvolvidos, mas nos testes de mesa realizados, o rendimento foi satisfatório.

A estação meteorológica montada pode ser vista na Figura 18.

Figura 18 - Estação meteorológica montada



Fonte: Autores

8 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi construir uma estação meteorológica com Arduino para ser utilizada em embarcação e facilitar a navegação, tendo em vista que a embarcação em questão foi o veleiro, e este tipo de embarcação por vez não utiliza motor, seja elétrico ou combustão para se movimentar, apenas pelo vento, então informações sobre a direção e velocidade do vento são essenciais para o sucesso da regata.

Após a definição de todos os sensores que seriam usados, foram feitos testes em todos os sensores individualmente a fim de verificar seus sinais e integração com o Arduino.

Na primeira montagem puderam ser constatados interferências e ruídos. Conforme explicado, foi realizada uma análise no laboratório e com auxílio do osciloscópio podemos chegar até o problema que era ruído no sinal do motor DC, este foi solucionado com a ponte retificadora 2w10 e um capacitor 470 mf, que assim obtivemos um sinal limpo de que este sim, pôde ser lido e convertido em velocidade do vento com o uso do código aplicado.

Notou-se que a tensão de saída da miniturbina eólica ultrapassou a tensão suportada pelo Arduino Uno R3, foi feito então um arranjo de circuito composto de uma ponte retificadora de diodos 2w10, um capacitor eletrolítico de 470 μ F e um divisor de tensão composto por dois resistores de 10 K cada um.

Após a instalação do Power bank para a alimentação do sistema, foi possível concluir a montagem da estação meteorológica, em uma bancada onde os sensores foram devidamente fixados. O case de coleta e análise de dados contendo o microprocessador, a placa de circuito eletrônico, display LCD e cabos de conexão podem ser removidos e retirados do conjunto.

Nos testes finais, foi observado que a previsão de consumo do Power Bank em relação aos itens que necessitam de tensão para o funcionamento, não era o que foi calculado, pois, a corrente necessária seria de aproximadamente 100 mA, e, considerando que a bateria fornece 10000 mAh, em um cálculo simples teríamos 100 horas de uso, mas a bateria não tem uma queda constante e a curva oscila conforme sua capacidade vai diminuindo, sendo assim, em um teste de campo e

com esta observação chegou-se a um número de 54 horas de uso com segurança para um Power Bank totalmente carregado.

Na apresentação dos dados no display, o *delay* de 3 segundos atende muito bem a necessidade de informação, e funcionou perfeitamente, porém, ao parar o vento, o equipamento tem um *delay* maior para zerar. Isso acontece pois na programação do Arduino tem uma função de estabilização, se não tivesse essa estabilização poderia zerar mais rapidamente, porém, a instabilidade no sistema seria eminente.

No tocante ao objetivo inicial, consideramos que foi alcançado e atende aos requisitos de leitura e envio dos dados ao usuário, informando diretamente a leitura de direção do vento em graus e velocidade do vento em milhas náuticas, NM.

Este projeto tem possibilidades de expansão, pois, a sua estrutura é para uma estação meteorológica que pode ser transportada para outros lugares, como sítios, fazendas, condomínios, escolas, podendo adicionar sensores de temperatura, umidade, fazer acionar válvulas e bombas para irrigação, sensores de chuva com capacidade de automatizar portas e janelas para isolamento de ambiente, ser usado em estufas e incubadoras para controle de ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINO, Amanda. Agrosmart Transitioning foodsystems. Estação meteorológica: como funciona e sua importância na agricultura [Internet]. Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/blog/estacao-meteorologica-funciona-importancia-agricultura/>>. Acesso em: 18 out. 2022.

CAMPELLO, Fernando Dantas. NautiCurso. Introdução a regatas à vela [Internet]. Disponível em: <<https://www.nauticurso.com.br/regata-vela-introducao.html>>. Acesso em: 25 out. 2022.

COSTA, Luíz Paulo da Silva. AIR CONNECTED. A Meteorologia Aeronáutica e a Segurança das Operações Aéreas em Aeroportos, 2021 [Internet]. Disponível em: <<https://portal.airconnected.com.br/2021/09/20/a-meteorologia-aeronautica-e-a-seguranca-das-operacoes-aereas-em-aeroporto/>>. Acesso em: 20 out. 2022.

Curto Circuito. Display Nextion [Internet]. Disponível em: <<https://www.curtocircuito.com.br/display-nextion-3-5-com-touch-screen-nx4832t035.html>>. Acesso em: 14 out. 2022.

Curto Circuito. Sensor de ângulo rotativo CJMCU-103 [Internet]. Disponível em: <<https://curtocircuito.com.br/sensor-de-angulo-rotativo-cjmcu-103.html>>. Acesso em: 25 out. 2022.

Desportolândia. Aprenda a velejar em 10 passos [Internet]. Disponível em: <<https://desportolandia.com/artigos/aprenda-velejar-10-passos>>. Acesso em: 10 set. 2022.

FEDORCHUK, Martin. ESCOLA NAVAL. Otimização de trajetória de um veleiro, 2020 [Internet]. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/34177/1/514-Disserta%c3%a7%c3%a3o_Martin_Fedorchuk.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

FILIPPE FLOP. O que é Arduino [Internet]. Disponível em: <www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 25 out. 2022.

FILIPPE FLOP. Sensor de Umidade e Temperatura [Internet]. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/>>. Acesso em: 29 out. 2022.

FS Yachts. Como ler a previsão do tempo e planejar a navegação em 3 passos [Internet]. Disponível em: <<https://www.fsyachts.com.br/blog/como-ler-a-previsao-do-tempo-em-3-passos/>>. Acesso em: 19 out. 2022.

LAMAS, Luiza. PROMOBIT. O que é power bank e por que com ela seu celular não vai mais te deixar na mão, 2019 [Internet]. Disponível em: <<https://www.promobit.com.br/blog/o-que-e-power-bank-e-por-que-com-ela-seu-celular-nao-vai-mais-te-deixar-na-mao/>>. Acesso em: 25 out. 2022.

LEMOS, Andressa. AgSolve. Uso de Estações Meteorológicas em Processos Industriais, 2018 [Internet]. Disponível em: <<https://www.agsolve.com.br/dicas-e-solucoes/10396/uso-de-estacoes-meteorologicas-em-processos-industriais>>. Acesso em: 19 out. 2022.

MATTEDE, Henrique. Mundo da Elétrica. Motor DC – Características e funcionamento [Internet]. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/motor-dc-caracteristicas-funcionamento/>>. Acesso em: 26 out. 2022

NEGRAES, Roberto. MINUTO NÁUTICO POR MÁRCIO DOTTORI. TIRANDO PROVEITO DOS VENTOS [Internet]. Disponível em: <<https://www.minutonautico.com.br/como-competir/meteorologia-e-ventos>>. Acesso em: 10 set. 2022.

Portal São Francisco. Barco a Vela [Internet]. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/curiosidades/barco-a->

APÊNDICE A

```

/*
En mi caso la mediciones fueron:
90° = 346
45° = 172
0° = 0
Por regla de 3:
346 = 90
lectura = X
Obtenemos la fórmula:
X = 90 * lectura
*****
346
// tela lcd
*/
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// DEFINIÇÕES
#define endereco 0x27 // Endereços comuns: 0x27, 0x3F
#define colunas 16
#define linhas 2
// INSTANCIANDO OBJETOS
LiquidCrystal_I2C lcd(endereco, colunas, linhas);
//anemometro
// --- Constantes ---
const float pi = 3.14159265; //Número de pi
int period = 2000; //Tempo de medida(miliseconds)
int delaytime = 2000; //Intervalo entre as amostras (miliseconds)
int radius = 147; //Raio do anemometro(mm)
// --- Variáveis Globais ---
unsigned int Sample = 0; //Armazena o número de amostras
unsigned int counter = 0; //Contador para o sensor
unsigned int RPM = 0; //Rotações por minuto
float speedwind = 0; //Velocidade do vento (km/h)
float windspeed = 0; //Velocidade do vento (milhas)
// --- Configurações Inicias ---
long int ta;
void setup() {
lcd.init(); // INICIA A COMUNICAÇÃO COM O DISPLAY
lcd.backlight(); // LIGA A ILUMINAÇÃO DO DISPLAY
lcd.clear(); // LIMPA O DISPLAY
pinMode(3, INPUT); //configura o digital 2 como entrada
digitalWrite(3, HIGH); //internall pull-up active
}

```

```

float angulo = 0.0;
void loop(){
//if (millis () > ta + 5000)
//ta = millis();
int lectura = analogRead(A1);
lectura = lectura - 149;
angulo = (90.0 * lectura) / 346;
lcd.setCursor(0, 0); // POSICIONA O CURSOR NA PRIMEIRA COLUNA DA LINHA 1
lcd.print("Angulo");
lcd.print(" = ");
lcd.print(angulo);
lcd.print("°");
Sample++;
Serial.print(Sample);
Serial.print(": Start measurement...");
windvelocity();
Serial.println(" finished.");
Serial.print("Counter: ");
Serial.print(counter);
Serial.print("; RPM: ");
RPMcalc();
Serial.print(RPM);
Serial.print("; Wind speed: ");
//*****
//print km/h
SpeedWind();
Serial.print(speedwind);
Serial.print(" [km/h] ");
Serial.println();
//*****
//print milhas a unica que aparece no visor lcd
WindSpeed();
lcd.setCursor(0, 1); // POSICIONA O CURSOR NA PRIMEIRA COLUNA DA LINHA 2
// lcd.print(windspeed);
lcd.print("VelVent");
lcd.print(" = ");
lcd.print(windspeed);
lcd.print("NM");
// delay(delaytime); //taxa de atualização
}
//end setup
//Função para medir velocidade do vento
void windvelocity()
{
speedwind = 0;
windspeed = 0;

```



```
counter = 0;
attachInterrupt(0, addcount, RISING);
unsigned long millis();
long startTime = millis();
while(millis() < startTime + period) {}
}
//Função para calcular o RPM
void RPMcalc()
{
RPM=((counter)*60)/(period/1000); // Calculate revolutions per minute (RPM)
}
//Velocidade do vento em km/h
void SpeedWind()
{
speedwind = (((4 * pi * radius * RPM)/60) / 1000)*3.6; //Calcula velocidade do
vento em km/h
} //end SpeedWind
//Velocidade do vento em milhas
void WindSpeed()
{
windspeed = (((4 * pi * radius * RPM)/60) / 1000)*3.6) / 1.61; //Calcula a
velocidade do vento em milhas
} //end WindSpeed
//Incrementa contador
void addcount()
{
counter++;
}
```