

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CÂMPUS JOINVILLE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**EDSON HOLZ
EVANDRO CAMPIGOTO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
MICROCONTROLADA PARA MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS
CLIMÁTICAS**

JOINVILLE, DEZEMBRO DE 2018

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CÂMPUS JOINVILLE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**EDSON HOLZ
EVANDRO CAMPIGOTO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
MICROCONTROLADA PARA MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS
CLIMÁTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial.

Orientador: Prof. José Flávio Dums, Dr. Eng.

JOINVILLE, DEZEMBRO DE 2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Holz, Edson

Desenvolvimento de uma estação meteorológica microcontrolada para monitoramento de variáveis climáticas / Edson Holz, Evandro Campigoto; orientação de José Flávio Dums. Joinville, SC, 2019.

154 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Joinville. Superior de Tecnologia em Mecatrônica. Inclui Referências.

1. Estação Meteorológica. 2. Microcontrolador. 3. Sensores. 4. Anemômetro. 5. Cata-vento. I. Dums, José Flávio. II. Instituto Federal de Santa catarina. III. Título.

DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA MICROCONTROLADA PARA MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

**EDSON HOLZ
EVANDRO CAMPIGOTO**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Mecatrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Joinville, 18 de Dezembro, 2018.

Banca Examinadora:

Prof. José Flavio Dums, Doutor
Orientador

Prof. Ary Victorino da Silva Filho, Mestre
Avaliador

Prof. Emerson Luís de Oliveira, Mestre
Avaliador

Prof. Vinícius Guilherme Hoffmann
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradecemos antes de tudo a Deus, por nos ter mantido com saúde e disposição, para superarmos todos os obstáculos encontrados, a fim de atingirmos os objetivos traçados.

Agradecemos também ao corpo docente, direção, administração e demais funcionários desta instituição, que nos proporcionaram um curso de graduação pública de qualidade.

Ao nosso orientador José Flavio Dums, por sua dedicação, paciência e por nos ter norteado na elaboração deste trabalho.

Aos amigos e colegas de turma, por compartilhar conosco seus conhecimentos, convicções e conselhos.

Aos nossos familiares, por nos apoiar e motivar para a conclusão do curso e pela paciência demonstrada no período em que estivemos ausentes, dedicado aos estudos.

E aos nossos filhos deixamos um agradecimento especial, não só pela paciência, mas também, pela troca de conhecimentos, experiências e pelo suporte prestado em determinados assuntos abordados no trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta as fases de desenvolvimento de uma estação meteorológica microcontrolada para leitura, processamento, armazenamento e transmissão de grandezas climáticas. A estação é equipada com quatro sensores digitais, responsáveis pela leitura dos valores de temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento. Os sensores responsáveis pela aquisição dos valores da temperatura e umidade relativa do ar, bem como da pressão atmosférica, estão acondicionados em um abrigo. Este abrigo tem a finalidade de evitar que a chuva, o vento e os raios solares incidam diretamente sobre os sensores, interferindo nas medições, e ainda assim, mantendo-os num ambiente com ventilação adequada. Já para a determinação da velocidade e direção dos ventos, foram projetados dois dispositivos mecânicos, sendo um anemômetro e um cata-vento, respectivamente, tomando como referência as características técnicas e dimensionais dos sensores digitais empregados nesses dispositivos. Todo o *hardware* utilizado na leitura, no processamento, no armazenamento e na transmissão das variáveis climáticas, estão alojados em um quadro elétrico, montado junto a base da estação meteorológica. Após a aquisição, os dados meteorológicos são enviados a um microcontrolador, onde são processados e armazenados. Também, os dados instantâneos podem ser visualizados em um *display LCD*, tela de cristal líquido, presente na estação, sendo que estes são atualizados constantemente. Os dados também são armazenados em um cartão de memória, a cada intervalo de aquisição, sendo que esse tempo, pode ser ajustado no algoritmo do microcontrolador. Um módulo de relógio de tempo real, com calendário, fornece as informações de data e horas, sendo que este possui uma bateria própria, para os momentos de falta de energia. O ajuste manual do tempo cronológico é feito por botões montados em uma placa de acrílico, situado no interior do quadro elétrico da estação. Nesta mesma placa, também foram montados os botões de energização e de *reset* e mais o fusível de proteção do circuito de controle da estação. Os dados processados são ainda transmitidos por um módulo *WiFi*, ou seja, módulo de rede de dados sem fio, podendo ser acessados por meio de qualquer dispositivo eletrônico que tenha acesso a rede de dados do câmpus. Finalizada a montagem mecânica e elétrica e solucionados todos os problemas encontrados no equipamento, iniciou-se os testes finais para

verificação de todas as funcionalidades propostas no projeto da estação meteorológica. O equipamento foi energizado e o tempo cronológico foi ajustado manualmente pelos botões da placa e os valores inseridos foram visualizados no *display* LCD. Em seguida, os valores das variáveis climáticas, adquiridos pelos sensores digitais e processados no microcontrolador, apareceram no *display LCD*. Foi possível também acessar estes mesmos valores por computador, na página *web* criada para este fim. Já os valores armazenados no cartão de memória, foram comparados com os valores medidos pelo instrumento utilizado na aferição da estação. Os resultados obtidos pelo equipamento foram considerados satisfatórios, como poderá ser observado no capítulo 4 deste trabalho e o objetivo da estação meteorológica foi alcançado.

Palavras-chave: Estação Meteorológica. Microcontrolador. Sensores. Anemômetro. Cata-vento.

ABSTRACT

This work presents the development phases of a microcontrolled meteorological station for reading, processing, storage and transmission of climatic variables. The station is equipped with four digital sensors, responsible for reading the values of temperature, relative humidity of the air, atmospheric pressure, speed and direction of the wind. The sensors responsible for acquiring the values of temperature and relative humidity of the air, as well as the atmospheric pressure, are packed in a shelter. This shelter is intended to prevent rain, wind and sunlight from directly impacting the sensors, interfering with the measurements, and still keeping them in an environment with adequate ventilation. In order to determine the velocity and direction of the winds, two mechanical devices were designed, being an anemometer and a wind vane, respectively, taking as reference the technical and dimensional characteristics of the digital sensors used in these devices. All the hardware used in the reading, processing, storage and transmission of climatic variables are housed in an electric panel, mounted near the base of the weather station. After the acquisition, the meteorological data is sent to a microcontroller, where it is processed and stored. Also, the instant data can be viewed on an LCD display (liquid crystal display) present in the station, and these are updated constantly. The data are also stored on a memory card, at each acquisition interval, and this time can be adjusted in the algorithm of the microcontroller. A real-time clock module with calendar provides the date and time information, which has a battery of its own, for times of power failure. Manual chronological adjustment is done by buttons mounted on an acrylic plate, located inside the station's electrical panel. In this same plate, the power and reset buttons and the protection fuse of the station control circuit were also mounted. The processed data is further transmitted by a WiFi module, that is, a wireless data network module, and can be accessed through any electronic device that has access to the campus data network. After the mechanical and electrical assembly was finished and all the problems found in the equipment were solved, the final tests were started to verify all the functionalities proposed in the design of the meteorological station. The equipment has been powered up and the chronological time has been manually adjusted by the board buttons and the entered values have been displayed on the LCD display. Then, the values of the climatic variables, acquired by the digital sensors and processed in the microcontroller,

appeared on the LCD display. It was also possible to access these same values by computer, in the web page created for this purpose. The values stored in the memory card were compared with the values measured by the instrument used in the calibration of the station. The results obtained by the equipment were considered satisfactory, as it can be observed in chapter 4 of this work and the objective of the meteorological station was reached.

Keywords: Meteorological Station. Microcontroller. Sensors. Anemometer. Wind vane.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Elementos e Fatores Climáticos..... | 31 |
| Figura 2 - Exemplo de estação meteorológica automática..... | 32 |
| Figura 3 - Exemplo de estação meteorológica convencional..... | 33 |
| Figura 4 - Regulador de tensão MP2307..... | 36 |
| Figura 5 - <i>Buffer</i> CD4050BE..... | 37 |
| Figura 6 - Microcontrolador ATMEGA2560-16AU..... | 38 |
| Figura 7 - <i>Arduino</i> MEGA 2560 rev3..... | 40 |
| Figura 8 - <i>Arduino</i> IDE..... | 41 |
| Figura 9 - <i>Display</i> LCD <i>Nokia</i> 5110..... | 43 |
| Figura 10 - Pinagem do <i>Display</i> | 44 |
| Figura 11 - Módulo <i>WiFi</i> ESP8266 ESP-01..... | 46 |
| Figura 12 - Pinagem do Módulo <i>WiFi</i> ESP8266 ESP-01..... | 47 |
| Figura 13 - Módulo de cartão SD (<i>SD card</i>)..... | 48 |
| Figura 14 - Módulo <i>Real Time Clock</i> RTC DS1307 | 49 |
| Figura 15 - Módulo bússola eletrônica HMC5883L | 50 |
| Figura 16 - Sensor de velocidade encoder LM393..... | 52 |
| Figura 17 - Sensor de umidade e temperatura DHT22..... | 53 |
| Figura 18 - Sensor de pressão e temperatura BMP180..... | 54 |
| Figura 19 – Fonte de alimentação CA/CC WB-18H12FB..... | 55 |
| Figura 20 - Anemômetro <i>Arduino</i> / Sensor de Vento para Estação Meteorológica - SV10..... | 58 |
| Figura 21 – Indicador de Direção do Vento <i>Arduino</i> para Estação Meteorológica - DV10..... | 58 |
| Figura 22 - Anemômetro de conchas..... | 59 |
| Figura 23 - Cata-vento..... | 60 |
| Figura 24 - Tampa móvel e fixa para acesso ao sensor de direção do vento | 62 |
| Figura 25 - Tampa móvel e fixa para acesso ao sensor de velocidade do vento..... | 62 |
| Figura 26 - Rolamento com blindagem de aço 2Z | 63 |
| Figura 27 - Concha com cabo baquelite doméstica | 64 |
| Figura 28 - Placa de acrílico do circuito de controle..... | 65 |
| Figura 29 - <i>Shield</i> secundário..... | 65 |

| | |
|--|----|
| Figura 30 - <i>Shield</i> principal (imagem frente e verso)..... | 66 |
| Figura 31 - Pinagem do <i>shield</i> principal..... | 67 |
| Figura 32 - Quadro elétrico ref. 913426 (Legrand)..... | 68 |
| Figura 33 - Fluxograma do <i>software</i> da estação meteorológica..... | 72 |
| Figura 34 - Tela do <i>display</i> LCD com a informação “Aguarde.....”..... | 73 |
| Figura 35 - Tela do <i>display</i> LCD com as informações de hora e data..... | 74 |
| Figura 36 - Tela do <i>display</i> LCD com as informações de temperatura, umidade e pressão..... | 74 |
| Figura 37 - Tela do <i>display</i> LCD com as informações de velocidade e direção do vento..... | 75 |
| Figura 38 - Caixa de passagem CPT 15 (Tigre)..... | 76 |
| Figura 39 - Veneziana com filtro 150x150x13,5 VF8-4012 (Brasiltec)..... | 76 |
| Figura 40 - Montagem da veneziana na caixa de passagem..... | 77 |
| Figura 41 - Módulo ESP8266 configurado com Arduino..... | 78 |
| Figura 42 - Página <i>web</i> criada..... | 79 |
| Figura 43 - Cata-vento e anemômetro..... | 81 |
| Figura 44 - Tampas de proteção móveis e tampa fixa com fita de vedação..... | 82 |
| Figura 45 - Cobertura do abrigo dos sensores e do quadro elétrico estação..... | 82 |
| Figura 46 - <i>Jumpers</i> macho e fêmea coloridos..... | 83 |
| Figura 47 - Prensa cabos e os cabos dos sensores digitais e da fonte de alimentação..... | 84 |
| Figura 48 - Termo-Higroanemômetro Barômetro - AK834..... | 85 |
| Figura 49 - Especificações do aparelho AK834..... | 86 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Especificações técnicas do Arduino Mega..... | 39 |
| Tabela 2 - Informações técnicas Alumínio ASTM 6351-T6..... | 61 |
| Tabela 3 - Informações técnicas Alumínio ASTM 1050..... | 61 |
| Tabela 4 - Tabela índice de proteção IP..... | 69 |
| Tabela 5 - Tabela índice de proteção IK..... | 70 |
| Tabela 6 - Valores de variáveis climáticas coletadas na estação e no aparelho AK834..... | 86 |
| Tabela 7 - Custo total da estação meteorológica..... | 91 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno

ADC - Analogic Digital Converter (Conversor Analógico Digital)

AP - Access Point (Ponto de Acesso)

CAD 3D - Computer Aided Design 3 Dimensions (Desenho Auxiliado por Computador em 3 Dimensões)

CFC - Clorofluorcarbono

CIRAM - Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia

CMOS - Complementary Metal Oxide Semiconductor (Semicondutor Complementar de Óxido Metálico)

CRED - Centro de Pesquisas de Epidemiologia em Desastres

CS - Chip Select (Seleção de Chip)

DISPLAY LCD – Tela de Cristal Líquido

DTL - Diode Transistor Logic (Lógica Transistor-Diodo)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESR - Equivalent Series Resistance (Resistência Equivalente em Série)

FAT16 - File Allocation Table (Tabela de Alocação de Arquivos)

FAT32 - File Allocation Table (Tabela de Alocação de Arquivos)

GND – Ground (Sinal de Terra)

GPIO - General Purpose Input/Output (Porta Programável de Entrada e Saída de Dados)

GPRS – General Packet Radio Service (Serviços Gerais de Pacote por Rádio)

I2C - Inter-Integrated Circuit (Circuito Inter-Integrado)

IAC - Instituto Agronômico de Campinas

IAPAR - Instituto Agronômico do Paraná

IDE - Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)

IEC - International Electrotechnical Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional)

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

IK - Índice de Proteção Contra Impactos Mecânicos

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IOL - Corrente de Saída Correspondente ao Nível Lógico Baixo

IP - Índice de Proteção Contra Penetração de Corpos Sólidos e Líquidos

IP - Internet Protocol (Protocolo da Internet)

LED – Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)

MISO - Master IN Slave OUT (Dados do Escravo para Mestre)

MOSFET - Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (Transistor de Efeito de Campo Metal - Óxido - Semicondutor)

MOSI - Master OUT Slave IN (Dados do Mestre para Escravo)

NBR - Norma Brasileira

OMM – Organização Meteorológica Mundial

ON/OFF – Liga/Desliga

OPEN - Sem Segurança no WiFi

PCI - Placa de Circuito Impresso

PSK - Pre-Shared Key (Chave Pre-Compartilhada)

PVC – Policloreto de Vinila

PWM - Pulse Width Modulation (Modulação por Largura de Pulso)

RAM - Random Access Memory (Memória de Acesso Aleatório)

RBS – Rede Brasileira de Calibração

SCK - Serial Clock (Clock de Sincronização)

SD - Secure Digital (Memória não Volátil)

SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná

SINDA - Sistema Integrado de Dados Ambientais

SOIC - Small Outline Integrated Circuit (Circuito Integrado de Contorno Pequeno)

SPI - Serial Peripheral Interface (Interface Periférica Serial)

SRAM - Static Random Access Memory (Memória Estática de Acesso Aleatório)

SSID - Service Set Identifier (Identificador do Conjunto de Serviços)

STA - Station (Estação)

TPC – Protocolo de Controle de Transmissão

TTL - Transistor-Transistor Logic (Lógica Transistor-Transistor)

UART - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (Receptor/Transmissor Universal Assíncrono)

UDP – Protocolo Datagrama do Usuário

UNISDR - Escritório das Nações Unidas para Redução do Risco de Desastres

UNIVILLE - Universidade da Região de Joinville

UTC - Universal Time Coordinated (Coordenada de Tempo Universal)

VIH – Tensão de Entrada Correspondente ao Nível Lógico Alto

VOL - Tensão de Saída Correspondente ao Nível Lógico Baixo

Web - Rede

WEP - Wired Equivalent Privacy (Privacidade Equivalente com Fio)

WiFi – Rede de Dados sem Fio

WIRELESS – Rede sem Fio

WPA/WPA2 - WiFi Protected Access (Acesso Protegido WiFi)

LISTA DE SÍMBOLOS

°C - Temperatura em Graus Celsius

hPa - Pressão em Hectopascal

mbar - Pressão em Milibar

Km/h - Velocidade em Quilômetro por hora

A - Corrente em Ampere

VCC - Tensão em Volts de Corrente Contínua

μA - Corrente em Microampere

V - Tensão em Volts

kB - Tamanho de memória em Quilobyte

kHz - Frequência em Quilohertz

MHz - Frequência em Megahertz

mm - Dimensão em milímetro

g - Massa em grama

mA - Corrente em miliampere

nA - Corrente em Nanoampere

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 21 |
| 1.1 Justificativa..... | 24 |
| 1.2 Objetivo geral | 24 |
| 1.3 Objetivos específicos | 24 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 27 |
| 2.1 Meteorologia..... | 27 |
| 2.1.1 Tempo atmosférico..... | 27 |
| 2.1.2 Previsão do tempo | 28 |
| 2.2 Climatologia..... | 28 |
| 2.2.1 Clima | 28 |
| 2.2.2 Previsão do clima | 29 |
| 2.3 Clima x Tempo atmosférico..... | 29 |
| 2.4 Elementos climáticos..... | 29 |
| 2.4.1 Temperatura do ar..... | 29 |
| 2.4.2 Umidade relativa do ar | 30 |
| 2.4.3 Pressão atmosférica..... | 30 |
| 2.4.4 Vento | 30 |
| 2.5 Fatores climáticos | 30 |
| 2.6 Estações meteorológicas | 31 |
| 2.6.1 Estações meteorológicas automáticas | 32 |
| 2.6.2 Estações meteorológicas convencionais..... | 32 |
| 2.6.3 Requisitos para a instalação de uma estação meteorológica..... | 33 |
| 2.6.4 Rede de estações meteorológicas no Brasil | 34 |
| 2.7 Componentes e Dispositivos | 35 |
| 2.7.1 Regulador de tensão MP2307 | 35 |
| 2.7.2 <i>Buffer</i> CD4050BE | 36 |
| 2.7.3 Microcontrolador ATMEGA2560-16AU e Arduino MEGA 2560..... | 37 |
| 2.7.4 <i>Display</i> LCD Nokia 5110 | 42 |
| 2.7.5 Módulo <i>WiFi</i> ESP8266 ESP-01 | 44 |
| 2.7.6 Módulo de cartão SD (<i>SD card</i>) | 47 |
| 2.7.7 Módulo <i>Real Time Clock</i> RTC DS1307 | 48 |

| | |
|--|------------|
| 2.7.8 Módulo bússola eletrônica HMC5883L | 49 |
| 2.7.9 Sensor de velocidade encoder LM393..... | 51 |
| 2.7.10 Sensor de umidade e temperatura AM2302 DHT22 | 52 |
| 2.7.11 Sensor de pressão e temperatura BMP180..... | 53 |
| 2.7.12 Fonte de alimentação CA/CC modelo WB-18H12FB..... | 54 |
| 3 DESENVOLVIMENTO..... | 57 |
| 3.1 Pesquisas sobre informações técnicas de anemômetros de concha e cata-ventos..... | 57 |
| 3.2 Realização do projeto mecânico do anemômetro de conchas e do cata-vento..... | 59 |
| 3.3 Elaboração do circuito de controle..... | 64 |
| 3.4 Montagem do quadro elétrico | 67 |
| 3.5 Programação do software de controle da estação meteorológica | 71 |
| 3.6 Criação das telas do <i>display</i> LCD..... | 73 |
| 3.7 Confecção do abrigo para os sensores de temperatura, umidade e pressão | 75 |
| 3.8 Desenvolvimento da página web para acessar as variáveis climáticas via WiFi..... | 77 |
| 4 RESULTADOS OBTIDOS..... | 81 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 89 |
| 5.1 Propostas de Melhorias | 92 |
| REFERÊNCIAS..... | 93 |
| APÊNDICE A – DESENHO DO TIRANTE CONCHA..... | 99 |
| APÊNDICE B – DESENHO DO DISCO ENCODER..... | 100 |
| APÊNDICE C – DESENHO DO EIXO ROTOR..... | 101 |
| APÊNDICE D – DESENHO DA ARRUELA..... | 102 |
| APÊNDICE E – DESENHO DO DISTANCIADOR 35,4MM..... | 103 |
| APÊNDICE F – DESENHO DA FLANGE..... | 104 |
| APÊNDICE G - DESENHO DA ASA..... | 105 |
| APÊNDICE H – DESENHO DA FLANGE FIXAÇÃO TIRANTES..... | 106 |
| APÊNDICE I – DESENHO DA FLANDE FIXAÇÃO HASTE..... | 107 |
| APÊNDICE J – DESENHO DO DISTANCIADOR 19MM..... | 108 |
| APÊNDICE K – DESENHO DA HASTE ASA..... | 109 |
| APÊNDICE L – DESENHO DO SUPORTE SENSOR DE VELOCIDADE..... | 110 |

| | |
|---|-----|
| APÊNDICE M – DESENHO DO SUPORTE SENSOR DE DIREÇÃO VENTO..... | 111 |
| APÊNDICE N – DESENHO DA TAMPA..... | 112 |
| APÊNDICE O – DESENHO DA TAMPA PRINCIPAL | 113 |
| APÊNDICE P – DESENHO DO SUPORTE PRINCIPAL..... | 114 |
| APÊNDICE Q – DESENHO DA CONCHA..... | 115 |
| APÊNDICE R – DESENHO DO ANEL DE SUPORTE | 116 |
| APÊNDICE S – DESENHO DA TAMPA SUPORTE PRINCIPAL | 117 |
| APÊNDICE T – DESENHO DO SUPORTE CAIXA ABRIGO SENSORES | 118 |
| APÊNDICE U – DESENHO DO SUPORTE SENSORES UMIDADE, TEMPERATURA E PRESSÃO | 119 |
| APÊNDICE V – DESENHO DO SUPORTE PAINEL ELÉTRICO | 120 |
| APÊNDICE W – DESENHO DO SUPORTE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA..... | 121 |
| APÊNDICE X – DESENHO DO DISCO SUPORTE IMÃ | 122 |
| APÊNDICE Y – DESENHO DA BASE SUPORTE PRINCIPAL | 123 |
| APÊNDICE Z – LISTA DE COMPONENTES DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DESENHO A.001.000/0 | 124 |
| APÊNDICE AA – DESENHO DE MONTAGEM DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA A.001.000/0..... | 125 |
| APÊNDICE BB – DESENHO DE MONTAGEM DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA A.001.000/1 | 126 |
| APÊNDICE CC – DESENHO DE MONTAGEM DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA A.001.000/2..... | 127 |
| APÊNDICE DD – DESENHO DE MONTAGEM DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA A.001.000/3..... | 128 |
| APÊNDICE EE – SOFTWARE DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA..... | 129 |

1 INTRODUÇÃO

Apesar do efeito estufa ser considerado um fenômeno natural, as ações predatórias e desenfreadas do homem, vêm contribuindo para a aceleração deste processo. Às queimadas e desmatamentos de florestas, o aumento da atividade industrial e agrícola, aliadas à emissão de gases poluentes oriundas da queima em sua maioria, de combustíveis fósseis, vêm ameaçando o equilíbrio térmico do planeta, causando o aumento da temperatura e por consequência gerando o aquecimento global. (REDAÇÃO PENSAMENTO VERDE, 2013).

Apesar de não haver uma “certeza absoluta”, descobertas científicas recentes reforçam o elo entre aquecimento global e os desastres climáticos extremos, ocorridos ao redor do planeta. Esta afirmação foi dada pelo químico mexicano, Mario José Molina, vencedor do Prêmio Nobel em Química de 1995, pela descoberta junto com sua equipe, que as substâncias como o CFC (clorofluorcarbono), são responsáveis pela destruição da camada de ozônio. (MOLINA, *apud* GLOBO NATUREZA, 2012).

A diminuição da camada de ozônio tem provocado o aumento da quantidade de raios ultravioletas, que incidem sobre a superfície terrestre e que podem contribuir para a aceleração do aquecimento global. (SILVA, 2018).

Segundo os dados apresentados em fevereiro de 2016 pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR) e pelo Centro de Pesquisas de Epidemiologia em Desastres (CRED), nove de cada dez desastres naturais ocorridos no mundo, estão relacionados com a mudança climática. (MACEDO, 2016).

Ainda segundo esses dados, o Brasil está na lista dos 10 países com maior número de pessoas afetadas por catástrofes naturais entre os anos de 1995 a 2015, somando cerca de 51 milhões de brasileiros atingidos por desastres naturais nestas duas décadas. (ONUBR, 2015).

Em um intervalo de 20 anos, Santa Catarina se tornou o terceiro estado brasileiro que mais sofreu por danos materiais e prejuízos financeiros, causados por desastres naturais. As despesas provocadas por furacão, tempestades, inundações,

além de seca e estiagem entre 1995 e 2014 no estado, chegaram a soma de R\$ 17,6 bilhões. (MACIEL, 2017).

Segundo Paulo Ivo Koehntopp, professor titular das disciplinas de Climatologia e Tópicos Especiais, no Curso de Ciências Biológicas e Climatologia e Meteorologia, no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), três importantes fatores são responsáveis pela geração de umidade e por consequência formação de grande volume de chuvas na cidade de Joinville. O primeiro fator é a localização geográfica do município que está situado próximo do mar, entre a Baía da Babitonga e a Serra do Mar. A umidade trazida do mar pelo vento é pressionada contra a serra e sobe. Esta umidade chega na atmosfera, onde encontra o ar frio e vira chuva. O segundo importante fator é a presença de vegetação dentro e ao redor da cidade. Apesar de sofrer grande desmatamento, o município possui muita área verde ainda. Esta área verde, em um processo natural, solta na atmosfera muita umidade, que por sua vez encontra a frente fria e se transforma em chuva. O terceiro e último fator está relacionado ao solo úmido. Boa parte da cidade foi construída em cima de um mangue e também é cortada por muitos rios. O calor faz evaporar a água da terra encharcada, jogando umidade no ambiente que encontra o ar frio e se transforma em chuva. (KOEHNTOPP, *apud* PERGER, 2018).

Como sempre sofreu com intensas chuvas, Joinville vem registrando inundações, enchentes e alagamentos desde o século XIX. A influência das marés sobre os rios que cortam o município, contribui para o aumento destes registros, principalmente porque a cidade está situada a poucos metros acima do nível do mar. Outro motivo não menos importante para o registro de cheias é o assoreamento dos rios e das redes de drenagens pluviais, devido ao acúmulo de detritos oriundos da poluição e da erosão das margens dos rios. Os eventos climáticos extremos podem ser os responsáveis diretos por um desastre natural. Para piorar o cenário, a ocupação desordenada de áreas de risco, como encostas de topografia acidentada e geologia frágil e fundos de vale, são fatores predisponentes que armam uma “bomba relógio”. Uma das maiores inundações registradas na cidade, ocorreu em 1995, quando o rio Cubatão transbordou afetando a região norte da cidade, onde o bairro Jardim Sofia ficou submerso. Outra inundação ocorrida na cidade foi em 2008, causando prejuízos na zona sul, principalmente no bairro Jativoca. No início de 2017, os bairros Itaum,

Floresta e Centro sofreram com mais uma enchente, provocada por uma forte chuva, típica do verão tropical, somada à maré alta. (JORNAL MANGUE LIVRE, *apud* O MIRANTE, 2017).

Em virtude das constantes mudanças do clima e do tempo, o monitoramento das variáveis meteorológicas se tornou uma ferramenta importante para entender os efeitos destas alterações, possibilitando a adoção de medidas preditivas, adaptativas e ainda corretivas. O monitoramento do tempo por imagens de satélite é a forma mais conhecida e a mais ampla, porém para que se tenha um monitoramento mais apurado de uma determinada região, torna-se importante a medição local das variáveis climáticas, tais como temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento. Para este fim, são utilizadas estações meteorológicas. (SILVA e FRUETT, 2013).

Fundamentando-se nos contextos apresentados, e em decorrência dos problemas vivenciados pela comunidade joinvillense, quanto às inundações, enchentes e alagamentos cada vez mais frequentes, questiona-se como é possível contribuir com a comunidade local, na previsão de algum evento climático extremo?

Neste sentido, este trabalho propõe o estudo, o desenvolvimento e a implantação de uma estação meteorológica microcontrolada, dentro das instalações do câmpus Joinville do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC).

Por meio desta estação, poderão ser lidos, armazenados e transmitidos via rede de dados sem fio (*WiFi*), e em tempo real, as seguintes grandezas meteorológicas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento.

Como essas informações estão disponíveis na *internet*, elas poderão ser disponibilizadas à Defesa Civil Estadual e Municipal, e assim ajudar a alimentar seus bancos de dados climáticos.

Entende-se que através da análise e dos registros climáticos fornecidos, somados as informações recebidas por satélites meteorológicos, estes órgãos poderão prever e monitorar a formação de algum evento climático extremo e desta maneira, poderão emitir alertas aos moradores de áreas de risco, para que os mesmos possam adotar antecipadamente medidas preditivas, adaptativas ou corretivas.

Como a proposta deste projeto está embasada na previsão de algum evento climático extremo, não foi prevista na estação a construção de um pluviômetro, que serve para a medição em milímetros da quantidade de chuvas, granizo ou neve precipitados durante um determinado tempo e local.

1.1 Justificativa

A estação meteorológica que será implantada no IFSC - Câmpus Joinville, irá monitorar, registrar e transmitir via *WiFi*, em tempo real, os valores das variáveis climáticas desta região.

O fator motivador deste trabalho é poder contribuir com registros de grandezas climáticas locais, que poderão alimentar os bancos de dados climáticos da Defesa Civil Estadual e Municipal, bem como poderão servir de base para estudos meteorológicos por instituições de ensino da região de Joinville, em especial dos alunos dos cursos integrados do câmpus Joinville.

1.2 Objetivo geral

Pesquisar, estudar, desenvolver e implantar uma estação meteorológica, que monitore, registre e transmita via *WiFi*, os valores das grandezas climáticas locais, em tempo real, medidos pelos sensores digitais utilizados, para que os mesmos possam ser disponibilizados à comunidade, e de alguma forma possam contribuir para o estudo das condições climáticas desta microrregião.

1.3 Objetivos específicos

- a) realizar uma revisão bibliográfica acerca das estações meteorológicas automatizadas, sensores digitais, microcontroladores e outros dispositivos eletrônicos e mecânicos utilizados no desenvolvimento do projeto;
- b) selecionar os sensores digitais que serão responsáveis pela leitura dos valores da temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento;

- c) selecionar um microcontrolador para fazer o processamento dos dados meteorológicos coletados pelos sensores digitais da estação;
- d) desenvolver um *software* para a estação meteorológica, permitindo que ela faça a leitura, armazenamento e transmissão dos dados meteorológicos via *WiFi*, em tempo real;
- e) desenvolver uma proteção para a acomodação dos sensores, que serão responsáveis pela leitura da temperatura e umidade relativa do ar e da pressão atmosférica, com a finalidade de evitar que a chuva, o vento e os raios solares incidam diretamente sobre os sensores, mantendo-os num ambiente com ventilação adequada, garantindo assim as condições corretas de medição;
- f) projetar e construir os dispositivos mecânicos para medir a velocidade do vento (anemômetro) e para medir a direção do vento (cata-vento), com base nas características técnicas dos sensores digitais selecionados para estes fins;
- g) desenvolver uma interface entre um usuário local e a estação meteorológica, para que o mesmo possa visualizar as grandezas medidas e fazer ajustes, quando necessário;
- h) incluir um relógio de tempo real com calendário, para fornecer as informações de tempo junto das grandezas coletadas;
- i) fazer o armazenamento dos dados meteorológicos obtidos, através da utilização de um cartão de memória;
- j) utilizar um módulo *WiFi* para fazer a transmissão das variáveis climáticas, em tempo real, que poderão ser acessadas remotamente;
- k) aferir os valores medidos pela estação, através da comparação com os valores medidos por outros instrumentos destinados a este fim, e com precisão conhecida;
- l) realizar a análise e discussão dos resultados obtidos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, serão apresentadas as informações mais relevantes, obtidas das pesquisas realizadas sobre os assuntos que são pertinentes ao desenvolvimento e implantação de uma estação. Também serão apresentados os principais componentes e dispositivos eletrônicos utilizados no desenvolvimento, bem como, os tipos de sensores digitais escolhidos, o microcontrolador e a linguagem de programação.

2.1 Meteorologia

Meteorologia é a ciência que estuda os processos físicos, químicos e dinâmicos da atmosfera com a superfície terrestre subjacente e, portanto, costuma estar mais atrelada à Física. Dedicase principalmente ao estudo dos fenômenos imediatos, ou seja, tempo atmosférico, tanto para o presente quanto para o futuro. Sua atividade é fundamental para a sociedade, pois com essas informações é possível prever desastres naturais de origem atmosférica. A aplicação da meteorologia é extensa, pois as condições atmosféricas influenciam nas atividades humanas como por exemplo: tipo de moradia, vestuário, saúde, cultura, entretenimento, sensações pessoais, e nas atividades de diversos setores como da agricultura, aviação, navegação, recursos hídricos, estratégias militares e construção civil. (YNOUE et al., 2017).

2.1.1 Tempo atmosférico

Tempo atmosférico é definido como o estado da atmosfera em um determinado momento e local. É descrito principalmente pelas seguintes variáveis climáticas: temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade, nebulosidade, precipitação, visibilidade e vento, obtidas principalmente de estações meteorológicas. (YNOUE et al., 2017).

2.1.2 Previsão do tempo

A previsão do tempo é uma das atribuições da meteorologia, para prever o estado da atmosfera em um tempo futuro e em um determinado local. Para a previsão do tempo, são feitas coletas de variáveis climáticas por estações meteorológicas, sobre o estado atual da atmosfera terrestre, e com a compreensão científica dos processos atmosféricos, através do uso de equações físicas, métodos matemáticos e computacionais, é possível prever numericamente o tempo, ou seja, prognosticar se daqui a três ou seis dias irá chover ou não. (YNOUE et al., 2017).

2.2 Climatologia

Climatologia é a ciência que se ocupa do estudo dos climas e, portanto costuma estar mais atrelada à Geografia. Dedicase a observação do tempo atmosférico num determinado intervalo de tempo cronológico, por exemplo, alguns meses ou anos, e através de propriedades estatísticas (médias e variabilidade), é possível obter o “tempo médio” ou o clima de uma determinada região. (YNOUE et al., 2017).

2.2.1 Clima

Clima é definido como o estado médio da atmosfera, que é obtido pela média dos eventos de tempo atmosférico durante um longo período (meses, anos, séculos). As informações utilizadas para determinar o clima são obtidas principalmente de estações meteorológicas, que registram as variáveis atmosféricas, como temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade, nebulosidade, precipitação, visibilidade, velocidade e direção do vento. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define como clima a média das variáveis atmosféricas em períodos consecutivos de 30 anos, bem como estabelece tais períodos (1931-1960, 1961-1990, 1991-2020 etc.), que são denominadas normais climatológicas e possibilitam a comparação entre os dados coletados em diversas partes do planeta. (YNOUE et al., 2017).

2.2.2 Previsão do clima

Previsão do clima é uma das atribuições da climatologia, para prever o estado médio da atmosfera em um tempo cronológico futuro e em um determinado local. Para a previsão do clima, é feita a média das coletas de variáveis climáticas do tempo atmosférico durante um longo período de tempo (meses, anos, séculos), e com a compreensão científica dos processos atmosféricos através de equações físicas, métodos matemáticos e computacionais, é possível prever numericamente o clima, ou seja, prognosticar se uma dada estação do ano será mais quente ou mais fria do que a média climatológica. (YNOUE et al., 2017).

2.3 Clima x Tempo atmosférico

O clima e o tempo atmosférico são duas formas complementares de descrever o ambiente atmosférico, utilizando essencialmente as variáveis climáticas (pressão atmosférica, temperatura, umidade, precipitação, radiação, etc.), mas fazendo referência a diferentes escalas de tempo cronológico. (YNOUE et al., 2017).

2.4 Elementos climáticos

Elementos climáticos, também conhecidos como variáveis climáticas, são grandezas que podem ser medidas e caracterizam o estado da atmosfera em um dado local e instante. Podemos citar como elementos climáticos a temperatura, a umidade, a pressão atmosférica, o vento, a chuva, a radiação solar, etc. (YNOUE et al., 2017).

2.4.1 Temperatura do ar

A temperatura do ar é definida como a quantidade de calor da atmosfera de um determinado lugar. A unidade de medida é expressa em graus Celsius (°C). (YNOUE et al., 2017).

2.4.2 Umidade relativa do ar

Umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de vapor de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima de vapor de água que o ar consegue reter (ponto de saturação). Ela é expressa em porcentagem (%). (YNOUE et al., 2017).

2.4.3 Pressão atmosférica

A pressão atmosférica é definida como o peso exercido por uma coluna de ar sobre a superfície terrestre. A unidade de medida é expressa em hectopascal (hPa). Inicialmente, a unidade adotada para a pressão era o milibar (mb ou mbar), mas ela tem sido substituída, pela convenção internacional, ou seja, o pascal (Pa). Como $1 \text{ Pa} = 100 \text{ mb}$, convencionou-se utilizar o hectopascal (hPa), onde: $(1 \text{ hPa} = 1 \text{ mbar})$. (YNOUE et al., 2017).

2.4.4 Vento

O vento ou circulação atmosférica, é definido como o ar em movimento. O vento se caracteriza pelo tamanho (escalas espaciais) e pelo tempo de duração (escalas temporais), que interagem entre si. Devido a essas características, os meteorologistas podem classificar as circulações atmosféricas em microescala, mesoescala e macroescala. As grandezas do vento que iremos monitorar na estação meteorológica serão a velocidade medida em quilômetros por hora (km/h) e a direção medido pelos pontos cardeais (norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste, noroeste). (YNOUE et al., 2017).

2.5 Fatores climáticos

Fatores climáticos são agentes causais que condicionam os elementos climáticos. Os fatores climáticos determinam ou interferem nos elementos climáticos e, por sua vez, nos climas deles resultantes como mostra a Figura 1. Podemos citar como fatores climáticos a latitude, a altitude, a continentabilidade, maritimidade, as

massas de ar, a vegetação, o relevo, estações do ano e as correntes marítimas. Além dos fatores acima citados, que são de ordem natural, o homem acaba se tornando um dos agentes mais intensos de transformação do clima. (YNOUE et al., 2017).

Figura 1 - Elementos e Fatores Climáticos



Fonte: Os autores.

2.6 Estações meteorológicas

As estações meteorológicas são equipamentos com a finalidade de realizar a coleta, a medição e o registro dos fenômenos climáticos. Vale destacar que a finalidade de uma estação meteorológica não é fazer uma previsão do tempo, e sim possibilitar um monitoramento das variáveis climáticas. As informações geradas por elas são feitas pelos seguintes instrumentos: termômetro (temperatura do ar), barômetro (pressão atmosférica), higrômetro (umidade relativa do ar), anemômetro (velocidade do vento), cata-vento (direção do vento), heliômetro (duração da ação do sol), pirômetro (radiação solar) e pluviômetro (precipitação da chuva). De um modo geral, existem dois tipos de estações meteorológicas: automáticas e convencionais. (MUNDOCLIMA, 2017; SANTOS e BALBINO, 2016; OFICINA DE TEXTOS, 2018).

2.6.1 Estações meteorológicas automáticas

Nas estações meteorológicas automáticas como mostra a Figura 2, são utilizados sensores eletrônicos para a medição de inúmeras variáveis climáticas. Todos os dados são enviados para uma central, onde programas computacionais integram todas as informações e permitem uma análise das condições climáticas. As informações meteorológicas são coletadas de minuto a minuto e, a cada hora, estes dados são integrados e disponibilizados para serem transmitidos para uma central de meteorologia, via *wireless* (rede sem fio), GPRS (Serviços Gerais de Pacote por Rádio) ou satélite. (MUNDOCLIMA, 2017; SANTOS e BALBINO, 2016; OFICINA DE TEXTOS, 2018).

Figura 2 - Exemplo de estação meteorológica automática



Fonte: Oficina de textos (2018).

2.6.2 Estações meteorológicas convencionais

Nas estações meteorológicas convencionais como mostra a Figura 3, o monitoramento é feito presencialmente e periodicamente por técnicos que coletam os dados, por meio de instrumentos dispostos numa determinada área, sistematizando estas informações e criando um banco de dados. As medições são realizadas quatro vezes por dia, impreterivelmente às 00, 06, 12 e 18 UTC (Coordenada de Tempo Universal) - 3 horas, ou seja, menos 3 horas do horário de Brasília. (MUNDOCLIMA, 2017; SANTOS e BALBINO, 2016; OFICINA DE TEXTOS, 2018).

Figura 3 - Exemplo de estação meteorológica convencional



Fonte: Oficina de textos (2018).

2.6.3 Requisitos para a instalação de uma estação meteorológica

Para evitar interferências ou erros na coleta das variáveis climáticas, a instalação de uma estação meteorológica deve atender algumas exigências (MUNDOCLIMA, 2017; SANTOS e BALBINO, 2016; OFICINA DE TEXTOS, 2018):

- a) Local plano e com boa drenagem para evitar o acúmulo de água e longe de instalações elétricas;
- b) Horizontes amplos e sem barreiras para impedir que a radiação solar seja bloqueada e para impedir que o vento não mude suas características. A distância recomendada entre a estação e o obstáculo é de pelo menos 10 vezes a altura deste;
- c) Distantes de cursos d'água, lagos e banhados, para evitar distúrbios na medição da umidade relativa do ar;
- d) Solo gramado ou com vegetação rasteira para minimizar a influência dos diferentes tipos de textura de solo;
- e) Abrigo adequado para os sensores que medem as variáveis atmosféricas, para evitar que a luz do Sol incida diretamente sobre eles, mantendo-os num ambiente com ventilação adequada;
- f) O Anemômetro e o cata-vento deve ser instalado a 2 metros de altura em relação ao solo;
- g) O Piranômetro deve ser instalado entre 1,5 e 2 metros de altura em relação ao solo;

h) Os sensores de temperatura, umidade e pressão devem ficar em um abrigo adequado e devem ser instalados a aproximadamente 1,5 metros em relação ao solo;

i) O bocal do Pluviômetro deve ficar a 1,5 metros em relação ao solo.

2.6.4 Rede de estações meteorológicas no Brasil

Apesar do Brasil não apresentar uma rede suficientemente grande de estações meteorológicas, seu número vem aumentando para atender as necessidades em todo o país, principalmente devido à crescente importância dada aos impactos no meio ambiente. Os pontos de observação meteorológica concentram-se nas áreas mais desenvolvidas e pouquíssimo nas áreas remotas. A rede de estações meteorológicas mais importante do Brasil, é coordenada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que possui 500 estações automáticas e 258 estações convencionais, espalhadas pelo país.

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

Também existem redes coordenadas por instituições estaduais como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 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. O Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia (CIRAM), é o órgão estadual responsável pelo monitoramento do tempo e do clima em Santa Catarina, divulgando as condições de tempo e mar, com alertas para situações adversas de tempestades e vendavais, que colocam em risco a vida da população.

Algumas empresas também coordenam rede de estações meteorológicas como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e também empresas privadas. (SANTOS e BALBINO, 2016).

2.7 Componentes e Dispositivos

Esta seção traz uma breve definição dos principais componentes e dispositivos utilizados na estação meteorológica desenvolvida. Antes de iniciar as definições, será apresentada a diferença que a literatura traz entre os termos: componentes e dispositivos. Braga (2016) afirma que os componentes são elementos funcionais de uma estrutura ou circuito, por exemplo, resistores, capacitores e indutores, já os dispositivos são elementos estruturais ou circuitos formados por partes menores que trabalham em conjunto, por exemplo, módulo de tempo real, *display LCD*, módulo *WiFi*, microcontrolador.

Alguns componentes que foram utilizados no desenvolvimento da estação meteorológica, não serão especificados individualmente, por serem de amplo conhecimento literário, como por exemplo, diodos, transistores, diodos emissores de luz (LEDs), resistores, capacitores, indutores, fototransistores, interruptores, chaves e fusíveis.

2.7.1 Regulador de tensão MP2307

É um conversor *buck*,¹ síncrono e monolítico. O dispositivo apresentado na Figura 4, integra transistores de efeito de campo metal-óxido-semicondutor (*MOSFETS*) que fornecem 3 amperes (A) de corrente contínua de carga, sobre uma ampla tensão contínua de entrada de 4,75 a 23 VCC. O modo de controle de corrente fornece uma resposta transitória rápida e um limite de corrente de ciclo a ciclo.

Um *soft-start*² ajustável, impede a corrente de irrupção ao ligar e no modo de desligamento, a corrente de alimentação cai abaixo de 1 microampère (μA).

Este dispositivo, disponível em um encapsulamento SOIC (circuito integrado de contorno pequeno) de 8 pinos, fornece um sistema muito compacto, solução com mínima dependência de componentes externos.

Características (MPS TM LTD, 2006):

- a) Corrente contínua de Saída: 3 A;

¹ O conversor Buck é um conversor abaixador de tensão, caracterizado por ter entrada em tensão e saída em corrente.

² Soft-Starter é um dispositivo eletrônico composto de pontes de tiristores (SCRs), a fim de controlar a tensão de partida.

- b) Corrente contínua de saída de pico: 4 A;
- c) Faixa de tensão de entrada de operação: 4.75 a 23 VCC;
- d) Tensão de saída ajustável: 0,925 a 20 VCC;
- e) Eficiência até 95%;
- f) *Soft-Start* programável;
- g) Estável com Capacitores de Saída Cerâmica ESR (resistência equivalente em série);
- h) Frequência fixa: 340 quilohertz (kHz);
- i) Proteção contra curto circuito;
- j) Bloqueio de subtensão de entrada;
- k) Encapsulamento SOIC de 8 Pinos com reforço térmico.

Figura 4 - Regulador de tensão MP2307



Fonte: Mercado livre (2018).

2.7.2 Buffer CD4050BE

O circuito integrado CMOS (semicondutor complementar de óxido metálico) CD4050BE da Figura 5, é um *buffer* hexadecimal não inversor.

A tensão de entrada correspondente ao nível lógico alto (V_{IH}) pode exceder a tensão de corrente contínua de alimentação (VCC), quando estes dispositivos são usados para conversões de nível lógico.

Este dispositivo é destinado para uso como CMOS para conversores DTL (lógica transistor-diodo) ou TTL (lógica transistor-transistor) e pode conduzir

diretamente duas cargas DTL ou TTL. [$V_{CC} = 5\text{ V}$, tensão de saída correspondente ao nível lógico baixo - $V_{OL} \leq 0.4\text{ volt (V)}$, e corrente de saída correspondente ao nível lógico baixo - $I_{OL} \geq 3.3\text{ miliampère (mA)}$].

Características (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, 2018):

- a) Fornece alta corrente para a condução de 2 cargas TTL;
- b) Conversão de nível lógico alto e baixo;
- c) Corrente máxima de entrada de $1\ \mu\text{A}$ a 18 VCC .

Figura 5 - Buffer CD4050BE



Fonte: Mercado livre (2018).

2.7.3 Microcontrolador ATMEGA2560-16AU e Arduino MEGA 2560

Os microcontroladores são circuitos integrados extremamente complexos. Eles podem ser programados para exercer várias funções de controle. (BRAGA, 2016).

Bolton (2010) reconhece que um microcontrolador é formado por microprocessadores que gerenciam as operações efetuadas, memórias usadas no armazenamento de dados e portas de entradas e saídas de dados que trocam sinais entre o mundo digital e o externo, tudo isso integrado a um único dispositivo.

Na Figura 6 observa-se um microcontrolador.

Figura 6 - Microcontrolador ATMEGA2560-16AU



Fonte: Aliexpress (2018).

Os autores optaram pelo microcontrolador ATMEGA2560-16AU, para gerenciar o controle da estação meteorológica que está sendo desenvolvida. Este microcontrolador está integrado ao Arduino MEGA 2560, que é de um dispositivo muito conhecido, de programação acessível e de baixo custo de aquisição.

O Arduino é um dispositivo que se diferencia de um computador normal, pois não apresenta sistema operacional, nem interfaces para teclado, mouse ou monitor. Seu principal objetivo é controlar informações realizando interfaces entre sensores e atuadores, através dele pode-se conectar um sensor de presença, que ao ser acionado ativa um alarme por exemplo. (MONK, 2015).

Monk (2015) descreve brevemente que o Arduino é composto por um microcontrolador e alguns componentes de apoio. São oferecidos em diversas configurações no mercado, sendo perfeitamente possível replica-lo em um *protoboard*³, ou caso seja um produto final em uma placa de circuito impresso (PCI).

Das configurações de Arduino disponível no mercado, a que mais se adequa aos requisitos da estação meteorológica é o Arduino Mega. Monk (2013) explica que esta é a configuração de alto desempenho e apresenta maior quantidade de portas de entradas, como mostra a Tabela 1.

³ *Protoboard* é uma placa com furos e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais.

Tabela 1 - Especificações técnicas do Arduino Mega

| <i>Especificações Técnicas</i> | |
|--|-------------------|
| Microcontrolador | <i>ATmega2560</i> |
| Tensão operacional | 5 V |
| Tensão de entrada (recomendado) | 7 - 12 V |
| Tensão de entrada (limite) | 6 - 20 V |
| Digital I / O Pins | 54 |
| PWM Digital I / O Botons | 14 |
| Analog Input Pins | 16 |
| Corrente DC pot pino de E / S | 40 mA |
| Corrente de CC para o pino de 3,3 V | 50 mA |
| Memória flash | 256 kB |
| Memória flash para Bootloader | 8 kB |
| SRAM | 8 kB |
| EEPROM | 4 kB |
| Velocidade do relógio | 16 MHz |
| Comprimento | 101,5 mm |
| Largura | 53,3 mm |
| Peso | 37 g |

Fonte: Arduino (2018).

Na versão do Arduino MEGA 2560 é utilizado o microcontrolador ATMEGA2560-16AU. Não se trata da versão mais rápida dos chips modelos ATMEGA, porém contém muito mais pinos de entrada e saída e memória em comparação ao famoso Arduino UNO. Um detalhe importante é que este chip possui montagem superficial, como mostra a Figura 7, ou seja, está fixo de forma permanente no Arduino MEGA 2560, diferentemente do Uno e de outras placas familiares, no qual o microcontrolador é fixo através de soquetes. A desvantagem da montagem superficial é que em caso de algum dano acidental não é possível substituí-lo, limitando uso deste microcontrolador originário para testes e desenvolvimento de projetos. (MONK, 2015).

Figura 7 – Arduino MEGA 2560 rev3



Fonte: Arduino (2018).

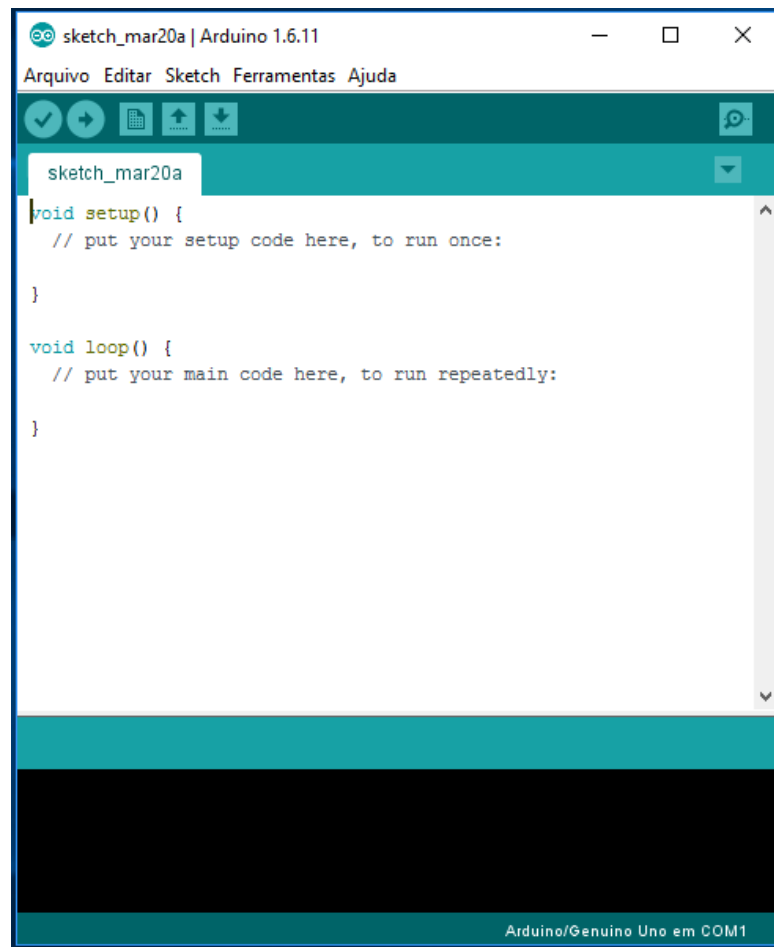
Em relação às conexões de um Arduino, Monk (2013) lembra que uma porta de entrada e saída do Arduino pode operar com até 40 mA e 5 V, isto é suficiente para acender diretamente um LED comum, porém não é o suficiente para acionar diretamente um motor elétrico. Desta maneira, existe a necessidade de se montar um circuito de comando para que use o sinal de saída para fazer o acionamento de um dispositivo que demande valores maiores de corrente.

Um pensamento errado a respeito do Arduino é a de que ele tem linguagem própria de programação, na realidade a linguagem de programação utilizada é a C, uma linguagem presente desde os primeiros dias da computação, o que o Arduino proporciona são conjuntos simples de comando, escritos em C, para ser usados durante sua programação. (MONK, 2015).

Backes (2013) refere-se à linguagem de programação C, como uma das mais bem sucedidas linguagens de alto nível criadas, a considera também como a linguagem de programação mais usada em todos os tempos, entende-se por linguagem de alto nível aquela que possui um nível de absorção alto, ou seja, que está mais próxima da linguagem humana do que as dos códigos de máquina.

Para realizar a programação de qualquer Arduino é utilizado o *software Arduino Integrated Development Environment (IDE)*, como mostra a Figura 8, que traduzindo significa Ambiente de Desenvolvimento Integrado de Arduino (IDE). O *software* é simples e fácil de usar, principalmente se o programador for iniciante. (MONK, 2015).

Figura 8 - Arduino IDE



Fonte: Os autores.

Monk (2013) explica que qualquer programa desenvolvido e armazenado no dispositivo permanecerá preservado, pois o Arduino trabalha com memória *flash*⁴, isto é, não volátil. Isto quer dizer que a memória não perderá o programa, mesmo que o dispositivo não esteja ligado a uma fonte de alimentação.

Devido ao fato das placas de Arduino possuírem uma pequena quantidade de memória de programa, se faz necessário à utilização apenas dos códigos de programação que realmente são necessários para a execução das tarefas que será designada, a maneira de organizar esses códigos relacionados a cada tarefa são através das bibliotecas.

⁴ Memória flash é um tipo de dispositivo de armazenamento não volátil que pode ser eletricamente apagado e reprogramado.

Quando se está trabalhando com Arduino, e linguagem C, a biblioteca (*library*) organiza uma coleção de códigos com funções úteis para uma determinada ação, que poderá ser incluída ou não na programação. (MONK, 2015).

2.7.4 Display LCD Nokia 5110

O *display* LCD Nokia 5110 observado na Figura 9, tem ótima relação custo x benefício, pois se trata de um *display* gráfico monocromático com resolução de 84x48 *pixels*⁵. Com ele, é possível ter em uma mesma tela gráficos e textos.

Este *display* vem com espaço para conectores tanto na parte superior quanto na parte inferior, permitindo as conexões na posição que for mais conveniente para o projeto.

Características:

- a) Tensão de Alimentação: 2,7 a 3,3 VCC;
- b) Corrente de consumo: 6 miliampères (mA);
- c) Resolução: 84x48 pixels monocromáticos;
- d) Funciona usando a interface SPI⁶;
- e) Consiste no chip de interface Philips PCD8544 para facilitar a interfaceamento;
- f) Pode ser facilmente interfaceado com o Arduino;
- g) Luz de fundo: Branco;
- h) Suporta gráficos de imagens de bitmap⁷;
- i) Dimensões: 43,5 x 43 x 5mm.

⁵ Pixel é o menor ponto que forma uma imagem digital, sendo que o conjunto de pixels formam a imagem inteira.

⁶ Interface SPI é um protocolo que permite a comunicação do microcontrolador com diversos outros componentes, formando uma rede.

⁷ Imagens bitmap, também chamadas de imagens raster, são imagens pixelizadas, ou seja, um conjunto de pontos (pixels) contidos num quadro, onde cada um deles possui um ou mais valores que descrevem a sua cor.

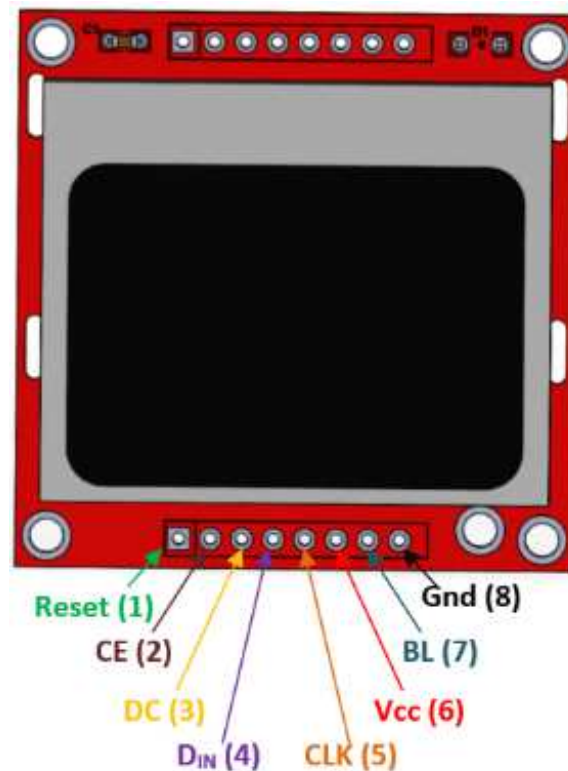
Figura 9 – Display LCD Nokia 5110



Fonte: Filipeflop (2018).

As conexões são feitas de acordo com a pinagem apresentada na Figura 10, onde (ADAFRUIT INDUSTRIES, 2015):

- a) **1** - RST (restabelecer);
- b) **2** - CE (seleção circuito integrado);
- c) **3** - DC (dados / seleção instrução);
- d) **4** - DIN (linha de dados serial);
- e) **5** - CLK (linha de relógio serial);
- f) **6** - VCC (tensão de corrente contínua: 3,3 V);
- g) **7** - LIGHT (controle de luz de fundo - conectar ao GND);
- h) **8** - GND (sinal de terra).

Figura10 – Pinagem do *Display*

Fonte: Components 101 (2017).

2.7.5 Módulo *WiFi* ESP8266 ESP-01

Com o módulo *WiFi* ESP8266 ESP-01 mostrado na Figura 11, pode-se conectar o Arduino nas redes *wireless* 802.11 b/g/n, podendo trabalhar no modo *access point*, ou seja, ponto de acesso (AP) ou no modo *station*, ou seja, estação (STA), enviando e recebendo dados.

Este módulo pode ser ainda configurado como *web server*⁸, enviando dados para um *browser*⁹.

A comunicação do módulo com o Arduino é feita por interface serial utilizando os pinos RX e TX e seu *firmware*¹⁰ pode ser atualizado, se necessário.

⁸ *Web server* é um software responsável por aceitar pedidos em HTTP de clientes, geralmente os navegadores, e servi-los com respostas em HTTP, incluindo opcionalmente dados.

⁹ *Browser* é um programa desenvolvido para permitir a navegação pela web, capaz de processar diversas linguagens, como HTML, ASP, PHP.

¹⁰ *Firmware* é uma classe específica de software de computador que fornece controle de baixo nível para o hardware específico do dispositivo.

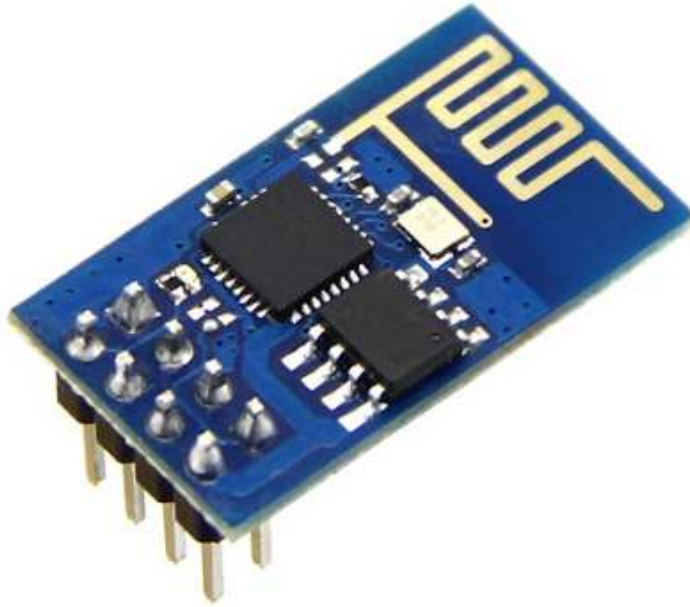
Foi utilizada uma fonte externa para alimentação do módulo, pois dependendo da situação, o módulo poderá exigir até 300 mA de corrente e o limite de fornecimento pelo Arduino é de 50 mA.

No programa foi utilizado a biblioteca *SoftwareSerial* para efetuar a comunicação com o módulo.

Características (THOMSEN, 2015):

- a) Tensão de operação: 3,3 VCC;
- b) Suporte à redes: 802.11 b/g/n;
- c) Alcance: 91 m aproximadamente;
- d) Comunicação: Serial (pinos TX/RX);
- e) Modos de operação: Cliente, *Access Point*, Cliente + *Access Point*;
- f) Suporta comunicação TCP (protocolo de controle de transmissão) e UDP (protocolo de datagrama do usuário);
- g) Conectores: GPIO (porta programável de entrada e saída de dados), I2C (circuito inter-integrado), SPI (interface periférica serial), UART (receptor/transmissor assíncrono universal), Entrada ADC (conversor analógico digital), Saída PWM (modulação por largura de pulso) e sensor de temperatura interno;
- h) Modo de segurança wireless: OPEN/WEP/WPA_PSK/WPA2_PSK/WPA_WPA2_PSK (WEP - privacidade equivalente com fio; WPA – acesso protegido *wifi*; WPA2 - acesso protegido *wifi II*);
- i) Dimensões: 25 x 14 x 1mm;
- j) Peso: 7g.

Figura 11 – Módulo *WiFi* ESP8266 ESP-01

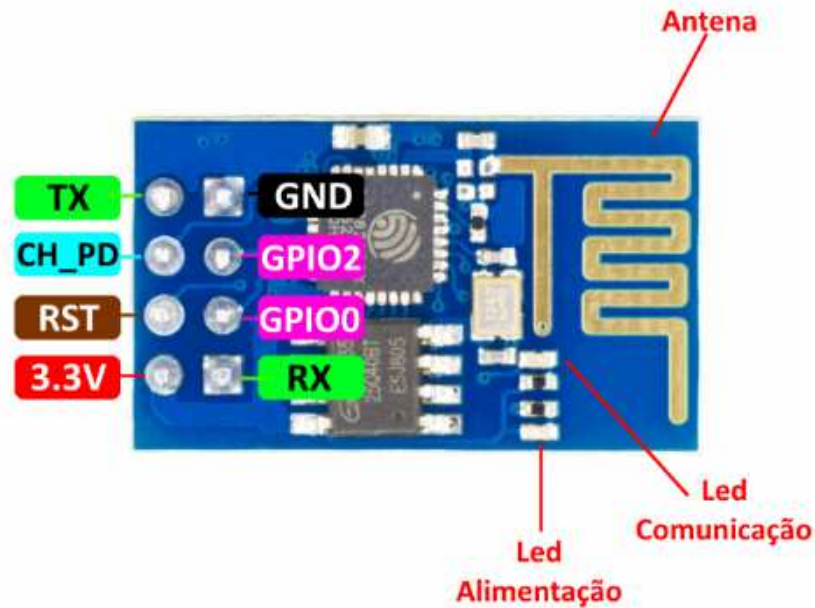


Fonte: Filipeflop (2018).

As conexões são feitas de acordo com a pinagem apresentada na Figura 12:

- a) TX (comunicação serial);
- b) GND (sinal de terra);
- c) CH_PD (sinal de habilitação do chip);
- d) GPIO2 (porta programável de entrada/saída de dados 2);
- e) RST (restabelecer);
- f) GPIO0 (porta programável de entrada/saída de dados 0);
- g) 3,3 VCC (Tensão de alimentação 3,3V);
- h) RX (comunicação serial).

Figura 12 – Pinagem do Módulo *WiFi* ESP8266 ESP-01



Fonte: Filipeflop (2018).

2.7.6 Módulo de cartão SD (SD card)

O módulo de cartão SD, ou seja, cartão de memória não volátil (SD) da Figura 13, permite a leitura e a escrita em um cartão SD, com fácil ligação ao Arduino e outros microcontroladores.

Todos os pinos de ligação estão identificados no módulo, que suporta formatos de arquivo FAT16 e FAT32¹¹, e alimentação de 3.3V ou 5V.

A comunicação é feita pela interface SPI (pinos MOSI, SCK, MISO e CS), e o nível de sinal é de 3.3V, exigindo um adaptador de níveis de tensão para a ligação à microcontroladores que trabalhem com 5V, como o Arduino.

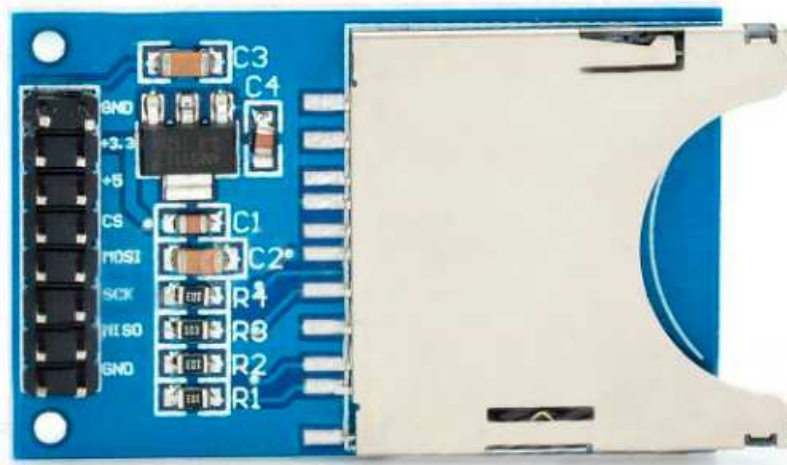
Características e pinagem do módulo de cartão SD (FILIPEFLOP, 2018):

- a) GND (sinal de terra);
- b) 3,3VCC ou 5VCC (tensão de alimentação: 3,3 VCC ou 5 VCC);
- c) CS (seleção de chip);
- d) MOSI (dados do mestre para escravo);

¹¹ FAT16 e FAT 32 são nomes de sistemas de arquivos utilizados por padrão em versões antigas do sistema operacional Windows.

- e) SCK (clock de sincronização);
- f) MISO (dados do escravo para mestre);
- g) Interface SPI;
- h) Dimensões: 5.1 x 3.1cm;
- i) Formatação: FAT16 ou FAT32.

Figura 13 - Módulo de cartão SD (SD card)



Fonte: Filipeflop (2018).

2.7.7 Módulo *Real Time Clock* RTC DS1307

O módulo *Real Time Clock* RTC DS1307 observado na Figura 14, é um relógio de tempo real com calendário completo e mais de 56 *bytes* de SRAM (memória estática de acesso aleatório), sendo capaz de fornecer informações como segundos, minutos, horas, dia da semana, dia do mês, mês e ano.

Em sua placa há um circuito que detecta falhas de energização, acionando automaticamente a bateria para evitar a perda de dados.

Endereço e informações são transferidas via protocolo I2C.

Correções como meses com menos de 31 dias e anos bissextos são feitas automaticamente.

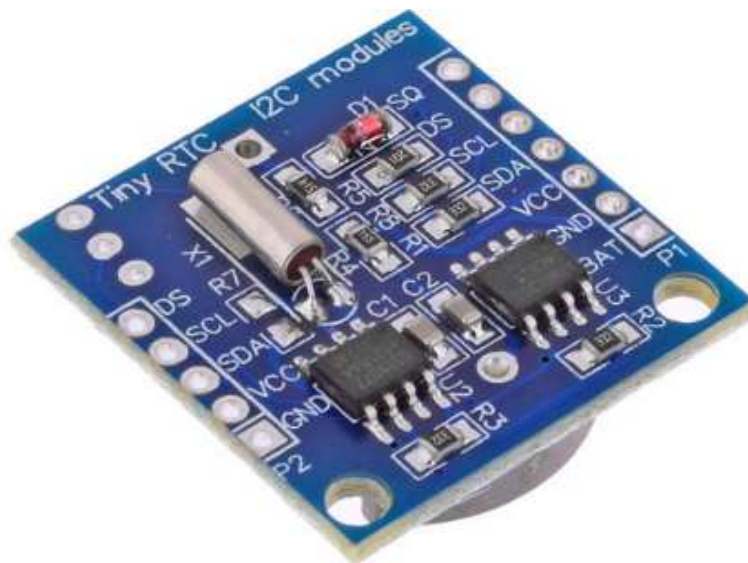
Este RTC opera tanto no formato 12horas como 24horas.

Características e pinagem do módulo *Real Time Clock* RTC DS1307 (MAXIM INTEGRATED PRODUCTS, 2015):

- a) *Chip*: DS1307;

- b) Computa segundos, minutos, horas, dias da semana, dias do mês, meses e anos (de 2000 a 2099);
- c) 56 *bytes* de SRAM que podem ser usadas como RAM (memória de acesso aleatório) estendida do microcontrolador;
- d) Interface I2C – 2 fios;
- e) Circuito de detecção de falha de energia;
- f) Consome menos de 500 nanoampères (nA) no modo bateria com oscilador em funcionamento;
- g) Faixa de temperatura: -40° C a +85° C;
- h) Dimensões: 27 x 28 x 8,4 mm;
- i) GND (sinal de terra);
- j) VCC (tensão de alimentação: 5 VCC);
- k) SDA (entrada/saída de dados seriais);
- l) SCL (entrada relógio serial).

Figura 14 – Módulo *Real Time Clock* RTC DS1307



Fonte: Filipeflop (2018).

2.7.8 Módulo bússola eletrônica HMC5883L

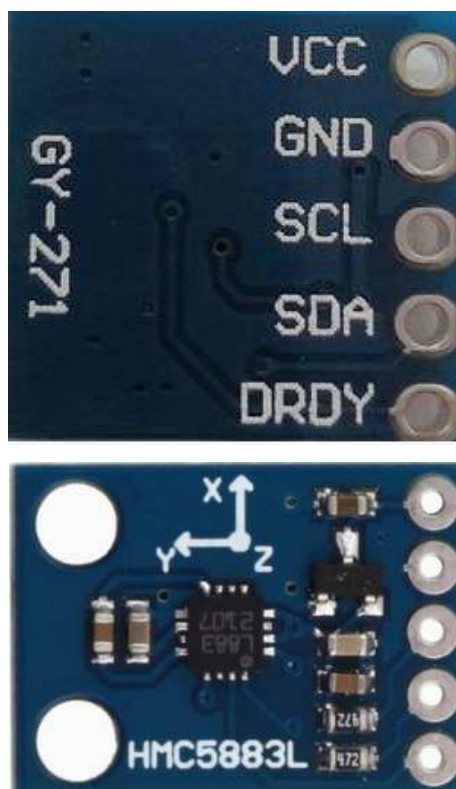
O Módulo bússola eletrônica HMC5883L, como mostra a Figura 15, é um módulo que contém um sensor magnético de 3 eixos, fornecendo na saída informações sobre os eixos cartesianos X, Y e Z.

O sensor HMC5883L é geralmente usado para detectar o norte magnético da Terra, e pode ser utilizado como uma bússola em projetos eletrônicos. Possui como grande vantagem o baixo consumo de corrente em modo de medição.

Características e pinagem do sensor HMC5883L (FILIPEFLOP, 2018):

- a) *Chip*: QMC5883L;
- b) Magnetômetro de 3 eixos;
- c) Precisão: 1 à 2 graus;
- d) Suporta calibração automática;
- e) Corrente em modo de medição: 0,1mA;
- f) Interface de comunicação I2C;
- g) Conversor analógico digital de 12bits integrado;
- h) Dimensões: 18 x 16 mm;
- i) VCC (tensão de alimentação: 3,3 à 5,5 VCC);
- j) GND (sinal de terra);
- k) SCL (entrada relógio serial);
- l) SDA (entrada/saída de dados seriais).

Figura 15 – Módulo Bússola Eletrônica HMC5883L



Fonte: Filipeflop (2018).

2.7.9 Sensor de velocidade encoder LM393

O sensor de velocidade encoder LM393 da Figura 16, é utilizado para realizar medições de rotação de motores, contagem de pulsos e como controlador de posicionamento.

Pode ser utilizado com os mais diversos controladores e placas, como *Arduino*, *Raspberry Pi*¹² e *PIC*¹³.

É indicado para utilização com um disco de encoder, onde as ranhuras do disco irão interromper o feixe de luz infravermelho e enviar um sinal ao microcontrolador.

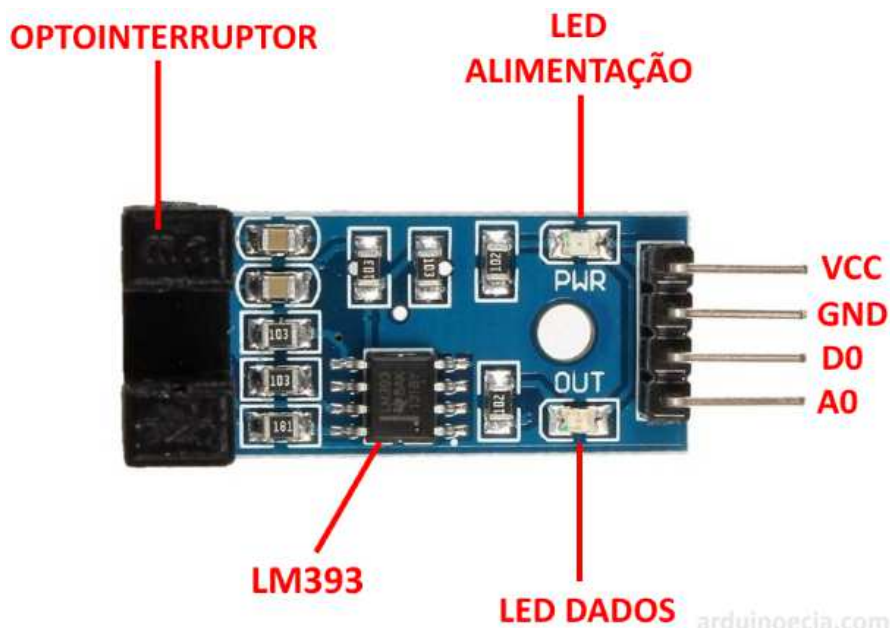
Características e pinagem do sensor de velocidade encoder LM393 (FILIPEFLOP, 2018):

- a) Abertura disco encoder: 5mm;
- b) Saída digital e analógica;
- c) Comparador LM393;
- d) Led indicador para tensão;
- e) Led indicador para saída digital;
- f) Dimensões: 32 x 14 x 7mm;
- g) VCC (tensão de alimentação: 3 à 5 VCC);
- h) D0 (saída digital);
- i) A0 (saída analógica);
- j) GND (sinal de terra);

¹² *Raspberry Pi* é um computador de baixo custo e que tem o tamanho de um cartão de crédito desenvolvido no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi.

¹³ *PIC* são microcontroladores de arquitetura Harvard modificada, fabricados pela Microchip Technology, que processam dados de 8 bits, de 16 bits e, mais recentemente, de 32 bits.

Figura 16 – Sensor de velocidade encoder LM393



Fonte: Filipeflop (2018).

2.7.10 Sensor de umidade e temperatura AM2302 DHT22

O sensor de umidade e temperatura DHT22 observado na Figura 17, é um sensor que permite fazer leituras de temperatura do ar entre -40 a +80 graus *Celsius* e umidade relativa do ar entre 0 a 100%.

É muito fácil de usar com *Arduino*, *Raspberry Pi* e outros microcontroladores, pois possui apenas 1 pino com saída digital.

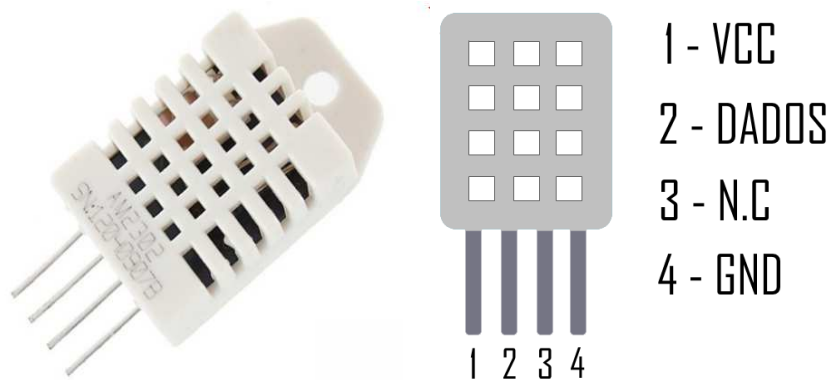
O sensor AM2302 é compatível com os modelos DHT22/AM2303 e é formado por um sensor de umidade capacitivo e um termistor para medir o ar ao redor, enviando ao pino de dados um sinal digital.

Características e pinagem do sensor de umidade e temperatura AM2302 DHT22 (FILIPEFLOP, 2018):

- a) Modelo: AM2302;
- b) Faixa de medição de umidade: 0 a 100% UR;
- c) Faixa de medição de temperatura: -40° a +80° C;
- d) Corrente: 2,5 mA max. durante uso, em *standby* de 100 μ A a 150 μ A;
- e) Precisão de medição da umidade: \pm 2,0% UR (umidade relativa);

- f) Precisão de medição de temperatura: $\pm 0,5^{\circ} \text{C}$;
- g) Resolução: 0,1;
- h) Tempo de resposta: 2s;
- i) Dimensões: 25 x 15 x 7 mm;
- j) VCC (tensão de alimentação: 3 à 5 VCC);
- k) DADOS (dados seriais);
- l) N.C. (vazio);
- m) GND (sinal de terra).

Figura 17 – Sensor de umidade e temperatura DHT22



Fonte: Filipeflop (2018).

2.7.11 Sensor de pressão e temperatura BMP180

O sensor de pressão e temperatura BMP180 da Figura 18, é o sucessor do BM085, sendo totalmente compatível em termos de *firmware* e interface, inclusive utilizando a mesma biblioteca Arduino.

É um sensor compacto e com baixo consumo de corrente (cerca de $0,5 \mu\text{A}$), sendo uma boa opção para projetos alimentados por baterias.

O módulo se comunica com o microcontrolador usando a interface I2C e possui sensor de temperatura embutido, saindo de fábrica calibrado.

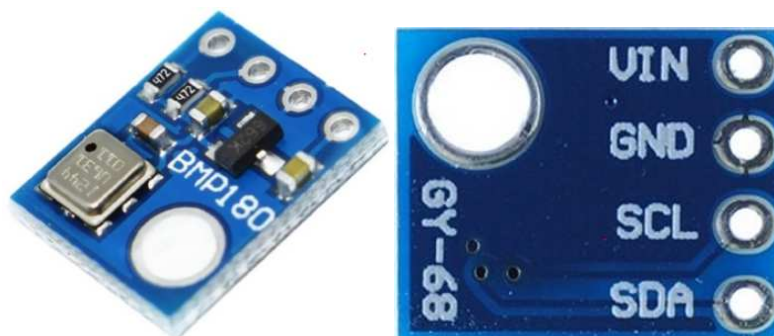
Este sensor é usado em projetos compactos que utilizam *Arduino*, *Raspberry Pi*, *Beaglebone*¹⁴ e outras placas.

¹⁴ Beaglebone é um computador de placa única desenvolvido pela Texas Instruments e classificada como hardware livre sob a licença da Creative Commons SharedAlike.

Características e pinagem do sensor de pressão e temperatura BMP180 (FILIPEFLOP, 2018):

- a) Circuito integrado BMP180;
- b) Consumo de corrente: 0,5 μ A;
- c) Faixa de leitura de pressão: 300 a 1100 hectopascal (hPa)
- d) Faixa de altitude: +9000 a -500 metros (m);
- e) Interface I2C;
- f) Sensor de temperatura embutido: -40 a +85° C;
- g) Calibração de fábrica;
- h) Dimensões: 13 x 10mm;
- i) VIN (tensão de alimentação: 1,8 a 3,6 VCC);
- j) GND (sinal de terra);
- k) SCL (entrada relógio barramento serial);
- l) SDA (barramento de dado serial).

Figura 18 – Sensor de pressão e temperatura BMP180



Fonte: Filipeflop (2018).

2.7.12 Fonte de alimentação CA/CC modelo WB-18H12FB

A fonte de alimentação modelo WB-18H12FB da Figura 19, pode ser utilizada em câmeras de segurança, Arduino, modems e diversas outras aplicações.

É uma fonte estabilizada e possui proteção contra curto-circuito e sobrecarga.

Características:

- a) Tensão de Alimentação de entrada: 100~240 VCA;
- b) Frequência: 50/60 hertz (Hz);

- c) Corrente entrada máxima: 0,8 ampères (A);
- d) Tensão de Saída: 12 VCC;
- e) Corrente de saída: 1,5 A;
- f) Plug: P4 reto 5,4 x 2,1 mm - comprimento 8,3 mm;
- g) Comprimento cabo de força: 1,30 m.

Figura 19 – Fonte de alimentação CA/CC WB-18H12FB



Fonte: Mercado livre (2019).

Os dispositivos que fazem parte da estação meteorológica foram apresentados. Maiores detalhes dos mesmos serão abordados quando da descrição de sua utilização, no próximo capítulo.

3 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta as principais etapas do desenvolvimento da estação meteorológica microcontrolada, sendo estas: pesquisas sobre informações técnicas de anemômetros de concha e cata-ventos, realização do projeto mecânico do anemômetro de conchas e do cata-vento, elaboração do circuito de controle, montagem do quadro elétrico, programação do software de controle da estação meteorológica, criação das telas do *display LCD*, confecção do abrigo para os sensores de temperatura, umidade e pressão e desenvolvimento da página *web* para acessar as variáveis climáticas via *WiFi*.

A estação meteorológica desenvolvida, está fundamentada em pesquisas realizadas sobre literaturas que abordam este assunto e que foram comentadas no capítulo 2 deste trabalho de conclusão de curso.

3.1 Pesquisas sobre informações técnicas de anemômetros de concha e cata-ventos

Para dar início ao projeto mecânico dos instrumentos destinados à medição da velocidade do vento (anemômetro de conchas) e da direção do vento (cata-vento), foram realizadas pesquisas sobre literaturas referentes a estes assuntos.

Das buscas por informações técnicas realizadas, foi decidido utilizar na elaboração do projeto mecânico, algumas características dos instrumentos encontrados nos *sites* da USINAINFO.

Do anemômetro Arduino da Figura 20 e do indicador de direção do vento Arduino da Figura 21, encontrados nestes *sites*, foram levadas em consideração as seguintes características técnicas na elaboração do projeto mecânico: tipo de material empregado nas peças, mancais de rolamento utilizados e as características físicas e dimensionais dos instrumentos.

Figura 20 – Anemômetro Arduino / Sensor de Vento para Estação Meteorológica - SV10



Fonte: Usinainfo (2018).

Figura 21 – Indicador de Direção do Vento Arduino para Estação Meteorológica - DV10



Fonte: Usinainfo (2018).

Os modelos eletrônicos utilizados na aquisição das variáveis climáticas pelos instrumentos apresentados no *site* da USINAINFO, não foram empregados no projeto desta estação.

Foram utilizados outros dispositivos eletrônicos comerciais, apresentados no capítulo 2 deste trabalho.

Portanto, o circuito eletrônico utilizado no anemômetro de conchas da USINAINFO, foi substituído pelo sensor digital de velocidade encoder LM393 e o

arranjo de resistores utilizado no cata-vento da USINAINFO, foi substituído pelo módulo bússola eletrônica HMC5883L.

3.2 Realização do projeto mecânico do anemômetro de conchas e do cata-vento

Para a realização do projeto mecânico do anemômetro de conchas da Figura 22 e do cata-vento da Figura 23, foram utilizados os recursos do *software Solidworks*, que é um programa de desenho assistido por computador em três dimensões (CAD 3D), compatível com o sistema operacional *Windows*.

Figura 22 – Anemômetro de conchas



Fonte: Os autores.

Figura 23 – Cata-vento



Fonte: Os autores.

Todos os desenhos criados no *Solidworks* e que foram usados para a confecção das peças destes instrumentos, encontram-se nos apêndices de A a N e nos apêndices P, Q e S.

Como o anemômetro de conchas e o cata-vento são aparelhos que trabalham ao ar livre e estão sujeitos as condições climáticas, foram empregados materiais resistentes a corrosão na fabricação das peças. Desta maneira, todas as peças expostas ao ar livre, foram confeccionadas em alumínio, aço inox ou aço carbono galvanizado.

O mesmo cuidado foi empregado na seleção dos elementos de fixação, como parafusos, porcas e arruelas.

Para a maioria das peças fabricadas, adotou-se a utilização da liga de alumínio ASTM 6351-T6. Esta liga de alumínio, como mostra a Tabela 2, além de possuir alta resistência mecânica e alta resistência a corrosão é de boa usinabilidade, o que garante uma maior praticidade no processo de fabricação das peças, visto que, são fabricadas em tornos.

Tabela 2 – Informações técnicas alumínio ASTM 6351-T6

| Alumínio ASTM 6351-T6 | |
|--|-----------|
| Composição Química (porcentagem) | |
| Alumínio | RESTANTE |
| Silício | 0,70/1,30 |
| Ferro | 0,50 |
| Cobre | 0,10 |
| Manganês | 0,40/0,80 |
| Magnésio | 0,40/0,80 |
| Zinco | 0,20 |
| Titânio | 0,20 |
| Outros (cada) | 0,05 |
| Características | |
| Alta resistência mecânica. Alta resistência à corrosão. Boa conformabilidade. Boa usinabilidade. | |
| Aplicações Típicas | |
| Engenharia estrutural, construção de navios, veículos e equipamentos, peças usinadas em tornos automáticos, forjamento a frio. | |

Fonte: Alumaticopper coml. de metais Ltda (2018).

Apenas o suporte principal, conforme o desenho do apêndice P, foi confeccionado com a liga de alumínio ASTM 1050, pois como mostra a Tabela 3, esta liga além da alta resistência a corrosão é um material muito dúctil, o que facilita no processo de fabricação desta peça, visto que ela possui dobras.

Tabela 3 - Informações técnicas Alumínio ASTM 1050

| Alumínio ASTM 1050 | |
|--|-------|
| Composição Química (porcentagem) | |
| Alumínio | 99,50 |
| Silício | 0,25 |
| Ferro | 0,40 |
| Cobre | 0,05 |
| Manganês | 0,05 |
| Magnésio | 0,05 |
| Zinco | 0,05 |
| Titânio | 0,03 |
| Outros (cada) | 0,03 |
| Características | |
| Alumínio comercialmente puro, de ligas muito dúcteis no estado recozido, sendo indicadas para estampagem. Alta resistência a corrosão, baixa resistência mecânica. Ligas 1050/1100A mais indicadas para anodização decorativa. | |
| Aplicações Típicas | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Indústria química, farmacêutica e alimentícia. • Utensílios domésticos, refrigeração e aletas. • Painéis decorativos, etiquetas, chapas litográficas. Luminárias. Uso Geral. | |

Fonte: Alumaticopper coml. de metais Ltda (2018).

Neste mesmo suporte, foram previstas duas tampas móveis, fixadas por dobradiças, e uma tampa fixa, fixada por parafusos, como mostram as Figuras 24 e

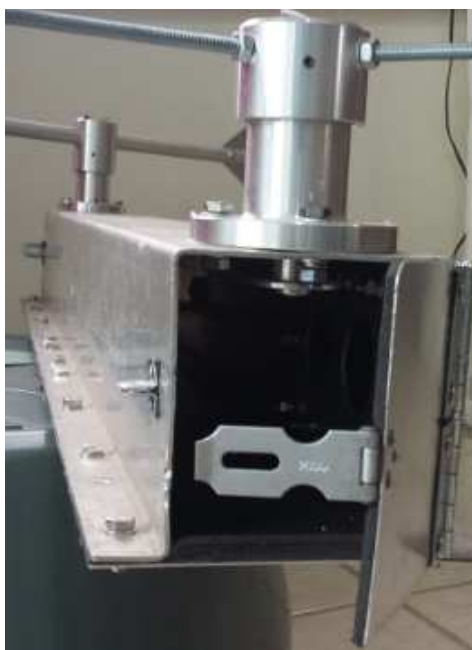
25. Estas tampas tem a finalidade de facilitar o acesso aos dois sensores digitais, responsáveis pela medição da velocidade e direção do vento.

Figura 24 – Tampa móvel e fixa para acesso ao sensor de direção do vento



Fonte: Os autores.

Figura 25 – Tampa móvel e fixa para acesso ao sensor de velocidade do vento



Fonte: Os autores.

Para os mancais, tanto do anemômetro de conchas como do cata-vento, foram selecionados rolamentos com blindagens de aço e com lubrificação permanente.

As blindagens de aço servem para proteção contra a entrada de contaminação e o tipo escolhido foi o “2Z” ou “ZZ”, dependendo do fabricante do rolamento. São proteções montadas em ambos os lados do rolamento, que terão contato somente com o anel externo do mesmo. Estas blindagens, conforme mostra a Figura 26, não tem contato com o anel interno do rolamento, evitando assim perdas por atrito durante o giro, minimizando as interferências no processo de medição das variáveis climáticas.

Figura 26 – Rolamento com blindagem de aço 2Z



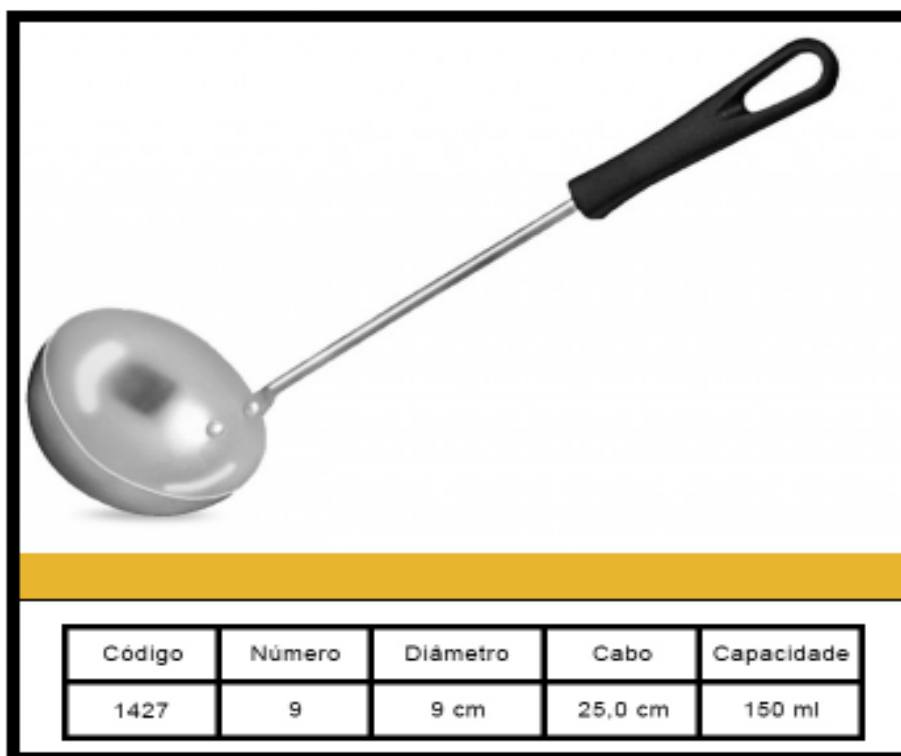
Fonte: Zen rolamentos (2018)

Esta proteção, apesar de reduzir o atrito, não é apropriada para mancais abertos. Desta maneira, foram desenhadas e confeccionadas duas flanges, conforme os desenhos dos apêndices H e I, com formato que impede a entrada de possíveis contaminantes.

Com a seleção de lubrificação permanente para os rolamentos, a manutenção dos dispositivos será facilitada, pois não haverá necessidade de repor o lubrificante, porque são fornecidos com quantidade suficiente para toda a vida útil do mesmo.

Para facilitar a construção do anemômetro, a concha utilizada neste instrumento, foi extraída da concha com cabo de baquelite doméstica, conforme referência mostrada na Figura 27.

Figura 27 – Concha com cabo baquelite doméstica



Fonte: Alumínio ABC (2018).

Os suportes dos sensores digitais e dos dispositivos eletrônicos, como mostram os desenhos dos apêndices L, M e U, foram confeccionados de chapa de PVC (policloreto de vinila), com o intuito de proporcionar proteção e isolamento elétrico aos sensores e dispositivos eletrônicos.

3.3 Elaboração do circuito de controle

O circuito de controle da estação meteorológica é formado por uma placa, também chamada de *shield* principal, conectada à um Arduino Mega 2560 e por botões de ajustes, porta fusível e *display* LCD, fixados em uma placa de acrílico, como mostra a Figura 28.

No *shield* secundário da Figura 29, foram montados os resistores de *pull-up*¹⁵ para os botões de ajustes.

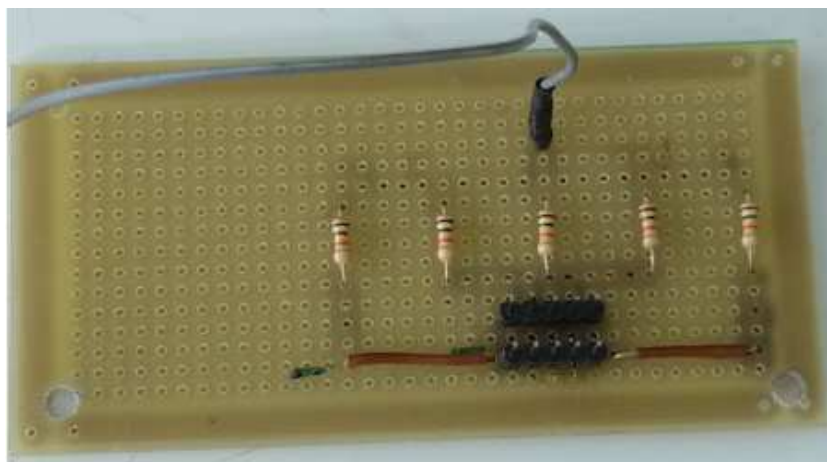
¹⁵ Resistores pull-up são resistores usados em circuitos lógicos eletrônicos para garantir que entradas de sistemas lógicos se ajustem em níveis lógicos esperados no caso de dispositivos externos serem desconectados. Eles também podem ser usados na interface entre dois diferentes tipos de dispositivos lógicos, possivelmente operando em tensões diferentes.

Figura 28 – Placa de acrílico do circuito de controle



Fonte: Os autores.

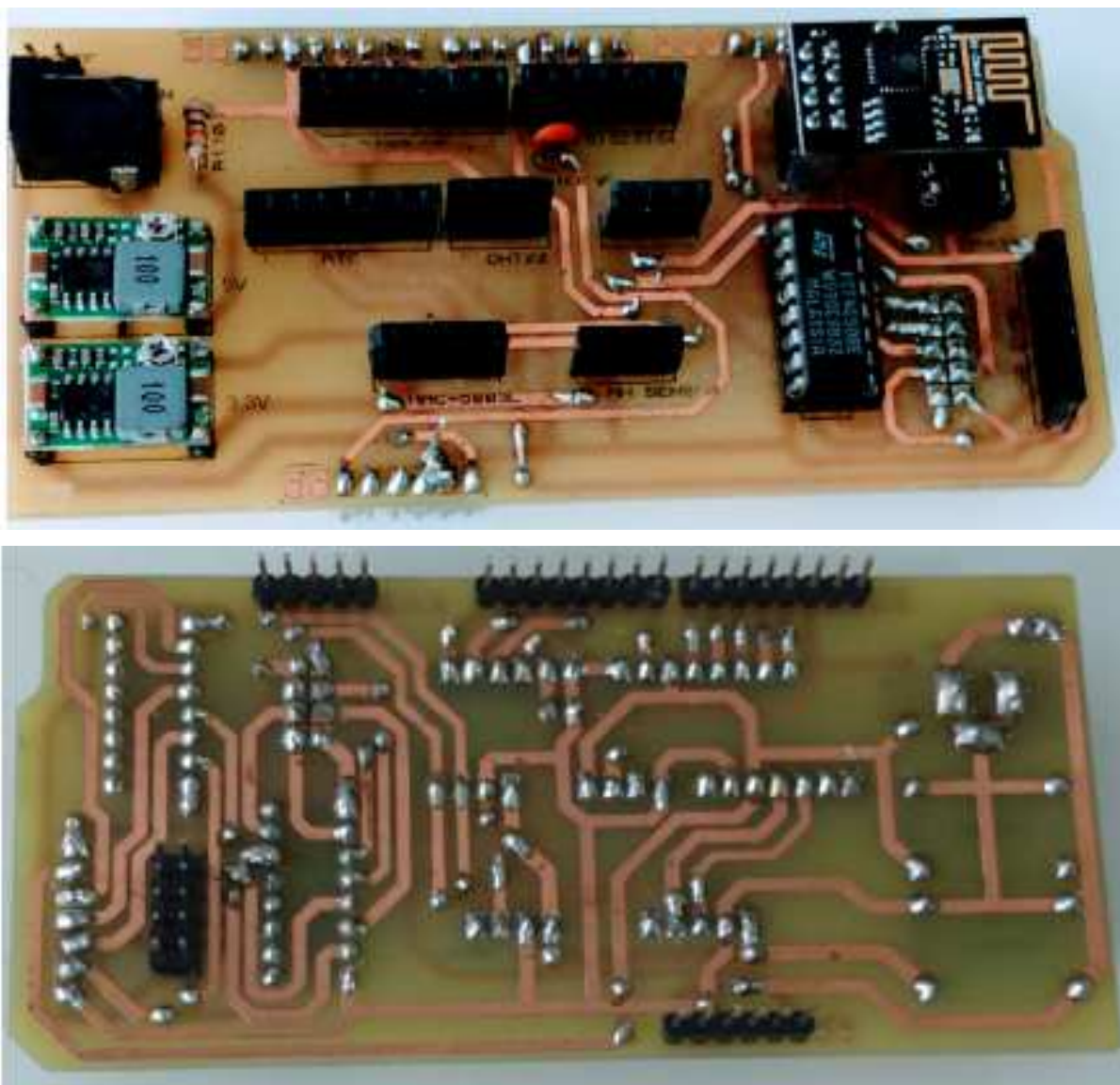
Figura 29 – *Shield* secundário



Fonte: Os autores.

O *shield* principal, observado na Figura 30, é uma placa de circuito impresso desenvolvida para esta estação, cujo objetivo é possibilitar a conexão dos diversos sensores da estação meteorológica com a plataforma de programação do Arduino, garantindo o isolamento elétrico entre esses, bem como a energização com as tensões adequadas.

Figura 30 – *Shield* principal (imagem frente e verso)

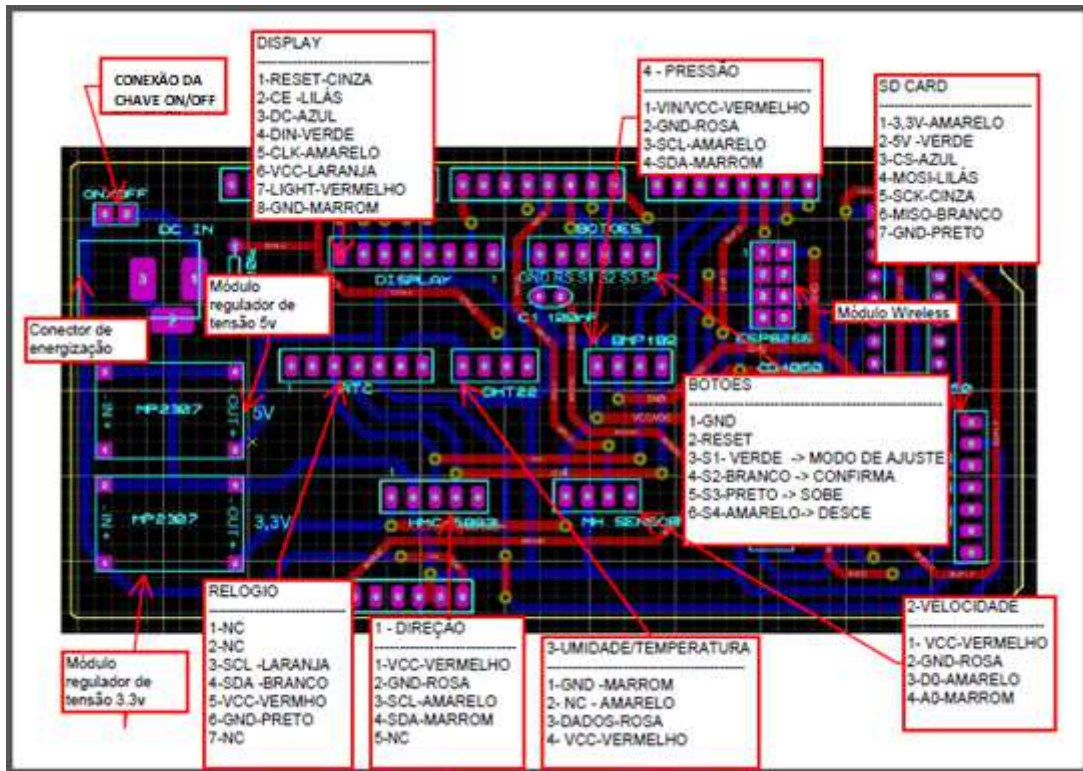


Fonte: Os autores.

A Figura 31, apresenta o esquema de pinagem do *shield* principal, destacando os pontos onde serão conectados o *display*, os sensores digitais, o cartão de memória, o relógio de tempo real, conector de energização, a conexão da chave

ON/OFF, módulo regulador de tensão de 5 VCC, módulo regulador de tensão de 3,3VCC e os botões de ajustes.

Figura 31 – Pinagem do *shield* principal



Fonte: Os autores.

3.4 Montagem do quadro elétrico

Para acomodar todo o circuito de controle da estação meteorológica, observado na Figura 28, foi necessário selecionar um quadro elétrico que possa ser instalado em ambientes agressivos, úmidos ou externos.

O quadro elétrico escolhido, apresentado na Figura 32, possui índice de proteção IP67 conforme a Tabela 4 e índice de proteção IK09 conforme a Tabela 5.

O índice de proteção IP, identifica o grau de proteção que determinado objeto tem contra a penetração de corpos sólidos e contato acidental com água. É um padrão internacional, definido pela norma IEC 60529 e pela ABNT NBR IEC 60529:2017, que é aplicada para a classificação dos graus de proteção providos aos invólucros dos equipamentos elétricos com tensão nominal não superior a 72,5 kV.

O índice de proteção IK define o grau de proteção assegurados pelos invólucros de equipamentos elétricos contra os impactos mecânicos externos. É um padrão internacional, definido pela norma IEC 62262 (2002) e pela ABNT NBR IEC 62262:2015, que é aplicável à classificação dos graus de proteção assegurados pelos invólucros contra os impactos mecânicos externos para os equipamentos elétricos com tensão nominal não superior a 72,5 kV.

Figura 32 – Quadro elétrico ref. 913426 (Legrand)



Fonte: Legrand (2018).

O fabricante do quadro elétrico é a Legrand e a sua referência é 913426, com tampa transparente e com as seguintes dimensões: Altura= 318 mm x largura= 318 mm x profundidade= 210 mm.



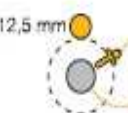

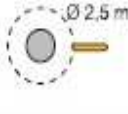
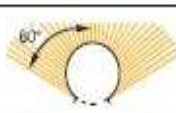
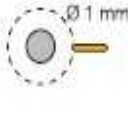
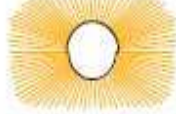




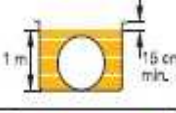
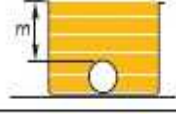
É fornecida com o quadro uma placa de montagem, feita de chapa de aço e com pintura na cor laranja (RAL 2004).

No quadro também vem montados fechos de engate rápido.

O produto é certificado pelo *Bureau Veritas*¹⁶ e conforme a norma ABNT NBR IEC 62208:2013, que aplica-se aos invólucros vazios, antes da incorporação dos dispositivos de manobra e comando pelo usuário, no estado como estão sendo fornecidos pelo fabricante.

¹⁶ *Bureau Veritas* é uma organização internacional de certificação em normas como a ISO 9001, ISO 14001, a OHSAS 18001, a SA8000, entre outras que têm por objetivo indicar padrões de qualidade na produção, comercialização e respeito ao meio-ambiente por parte das empresas do mundo todo.

Tabela 4 – Tabela índice de proteção IP

| 1º algarismo proteção contra penetração de corpos sólidos | | | 2º algarismo proteção contra penetração de líquidos | | |
|--|---|--|--|--|---|
| IP | Testes | | IP | Testes | |
| 0 | | Sem proteção | 0 | | Sem proteção |
| 1 |  | Corpos sólidos superiores a 50 mm (ex.: contatos involuntários da mão) | 1 |  | Quedas de gotas de água (condensação) |
| 2 |  | Corpos sólidos superiores a 12,5 mm (ex.: dedos da mão) | 2 |  | Quedas de água de até 15° de inclinação |
| 3 |  | Corpos sólidos superiores a 2,5 mm (ex.: chave de fenda, fios) | 3 |  | Chuva de até 60° de inclinação |
| 4 |  | Corpos sólidos superiores a 1 mm (ex.: ferramentas finas, pequenos fios) | 4 |  | Projeção de água de qualquer direção |
| 5 |  | Poeira e areia (sem depósito prejudicial) | 5 |  | Jato de água de qualquer direção (ex.: mangueira de bombeiro) |
| 6 |  | Totalmente protegido contra poeira | 6 |  | Projeção de água semelhante a vaga do mar |
| | | | 7 |  | Imersão |
| | | | 8 |  | Imersão prolongada sob pressão |

Fonte: Legrand (2017).

Tabela 5 – Tabela índice de proteção IK

| Índice de proteção contra Impactos mecânicos - IK | | |
|---|---|--------------------|
| Número | Método de teste | Energia de Impacto |
| 00 | | Sem proteção |
| 01 |  | 0,150 Joules |
| 02 |  | 0,200 Joules |
| 03 |  | 0,350 Joules |
| 04 |  | 0,500 Joules |
| 05 |  | 0,700 Joules |
| 06 |  | 1,00 Joules |
| 07 |  | 2,00 Joules |
| 08 |  | 5,00 Joules |
| 09 |  | 10,00 Joules |
| 10 |  | 20,00 Joules |

Fonte: PAR (2019).

3.5 Programação do software de controle da estação meteorológica

Para realizar a programação do *software* de controle da estação meteorológica, foi utilizado o *software Arduino Integrated Development Environment* (IDE), que traduzido significa Ambiente de Desenvolvimento Integrado de *Arduino*. Este ambiente de desenvolvimento utiliza da linguagem de programação C¹⁷.

O *software* desenvolvido e armazenado no microcontrolador permanecerá preservado, mesmo se a alimentação for desligada, pois o *Arduino* trabalha com a memória de programação do tipo *flash*, isto é, não volátil.

O microcontrolador, *Arduino Mega 2560*, processa as informações recebidas nas portas de entrada e, de acordo com o as condições escritas no programa, envia sinais para as portas de saída que irão atuar no sistema.

Devido ao fato, da placa do microcontrolador *Arduino Mega 2560*, possuir um tamanho relativamente pequeno de memória de programa [memória *flash* de 256 kilobytes (kB)], se faz necessário à utilização de códigos de programação enxutos, ou seja, programação de alto nível com funções otimizadas.

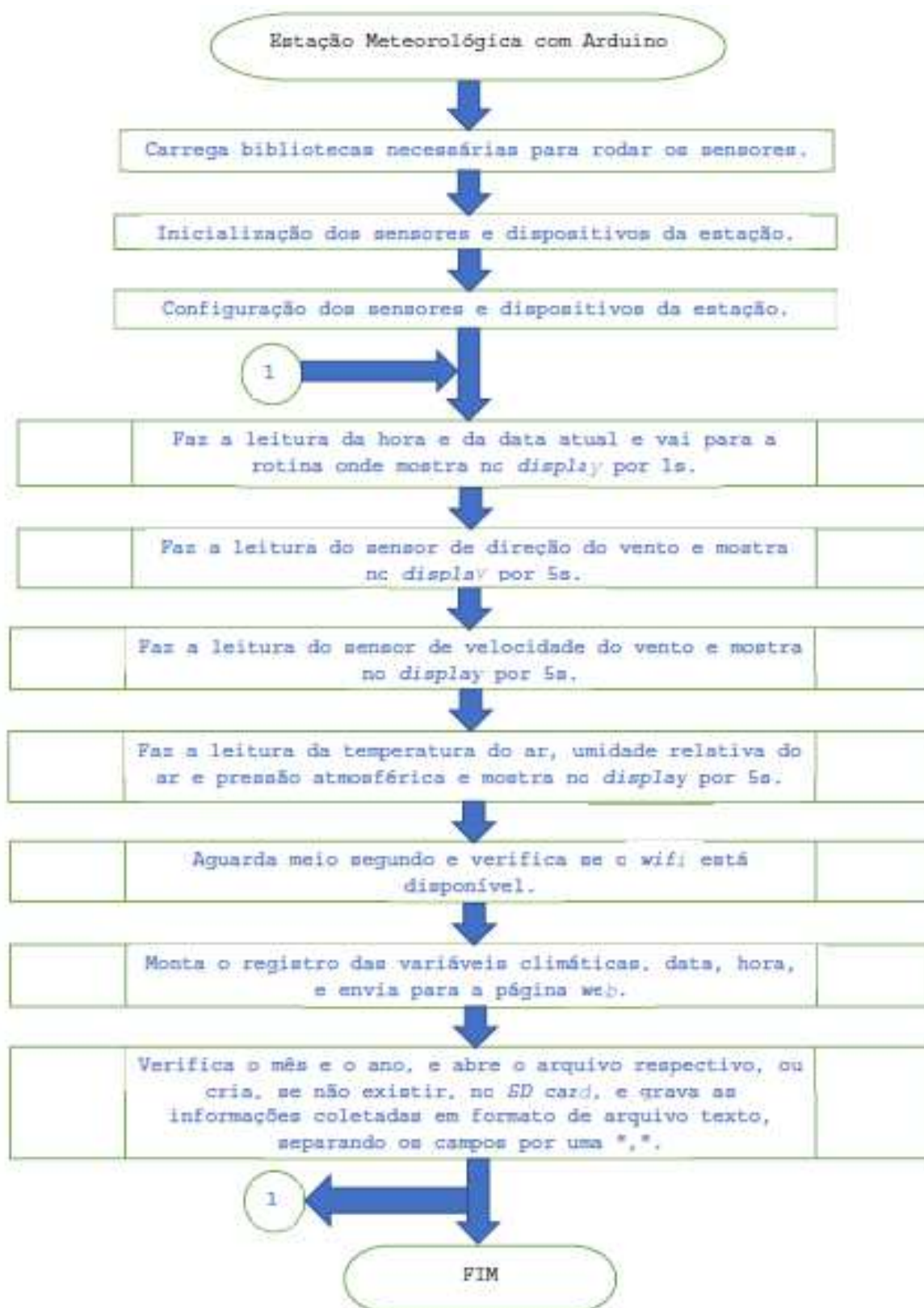
A maneira encontrada pelo *Arduino* para organizar esses códigos, relacionados a cada tarefa, é através da utilização das bibliotecas.

Para cada tipo de sensor utilizado, uma nova biblioteca teve também que ser incluída na programação, e o gerenciamento de conflitos entre as bibliotecas foi, sem dúvida, a parte mais complicada da programação.

Por ser muito extenso, todo o código do software da estação meteorológica, está disponível no apêndice EE, contudo na Figura 33, é apresentado o fluxograma dos processos realizados na estação meteorológica durante a leitura, armazenamento e transmissão das variáveis climáticas.

¹⁷ A linguagem de programação "C" foi criada entre 1969 e 1973 no AT&T Bell Labs, inicialmente desenvolvido para a implementação do sistema Unix, que originalmente foi escrito em PDP-7 Assembly, por Dennis Ritchie e Kenneth Thompson.

Figura 33 – Fluxograma do software da estação meteorológica



Fonte: Os autores.

3.6 Criação das telas do *display* LCD

Quando a estação meteorológica é energizada através da chave *on/off*, situada na placa de acrílico, e que por sua vez, está montada no interior do quadro elétrico, na tela do *display* LCD aparece por alguns segundos a informação “Aguarde.....” conforme mostra a Figura 34.

Durante a apresentação dessa mensagem, o programa está carregando as bibliotecas necessárias para a comunicação com os sensores digitais, inicializando e configurando os mesmos e os outros dispositivos da estação, preparando todos para começar a leitura e mostrar o resultado, enviar para a página *web* e gravar no cartão de memória.

Figura 34 – Tela do *display* LCD com a informação “Aguarde.....”



Fonte: Os autores.

A Figura 35, mostra a tela do *display* LCD com as informações de hora e data. Estas informações são geradas pelo módulo de tempo real e processadas pelo microcontrolador Arduino.

Figura 35 – Tela do *display* LCD com as informações de hora e data



Fonte: Os autores.

A Figura 36, mostra a tela do *display* LCD com as informações de temperatura, umidade e pressão, que foram coletadas pelos sensores digitais e processadas pelo microcontrolador Arduino.

Figura 36 – Tela do *display* LCD com as informações de temperatura, umidade e pressão



Fonte: Os autores.

A Figura 37, mostra a tela do *display* LCD com as informações de velocidade e direção do vento, que foram coletadas pelos sensores digitais e processadas pelo microcontrolador Arduino.

Figura 37 – Tela do *display* LCD com as informações de velocidade e direção do vento



Fonte: Os autores.

3.7 Confeção do abrigo para os sensores de temperatura, umidade e pressão

Os sensores responsáveis pela leitura dos valores da temperatura, da umidade relativa do ar e da pressão atmosférica, foram acondicionados em um abrigo. Este abrigo é empregado com a finalidade de evitar que a chuva, o vento e os raios solares incidam diretamente sobre os sensores, mantendo-os num ambiente com ventilação adequada.

Desta maneira, este abrigo fará com que os fenômenos naturais mencionados, não interfiram nos valores coletados das variáveis climáticas pelos sensores, evitando assim, distorções ou erros durante o processo de medição.

Este abrigo irá proporcionar também aos sensores digitais uma vida útil prolongada.

O abrigo confeccionado é feito a partir de uma caixa de passagem elétrica de sobrepor na parede, como mostra a Figura 38, com a referência CPT 15, do

fabricante Tigre, e é fabricada de PVC antichama. Esta caixa possui as seguintes dimensões: Altura= 186 mm x largura= 173,3 mm x profundidade= 88,5 mm.

Figura 38 – Caixa de passagem CPT 15 (Tigre)



Fonte: Loja elétrica Ltda (2018).

Nesta caixa de passagem, foram feitas duas aberturas, uma na tampa e a outra nos fundos da caixa. Nestas aberturas, foram montadas e fixadas venezianas com filtro, referência VF8-4012, código 003532, do fabricante Brasiltec, conforme mostra a Figura 39.

Figura 39 – Veneziana com filtro 150x150x13,5 VF8-4012 (Brasiltec)



Fonte: Brasiltec (2018).

Esta veneziana possui as seguintes características:

- a) Medida: 150x150x13,5 mm;
- b) recorte no painel: 120x120 mm;
- c) material: ABS (acrilonitrila butadieno estireno) auto extingüível;
- d) índice de proteção: IP54 (ver tabela 4 da página 69);
- e) vedação: Borracha de poliuretano.

O objetivo da montagem desta veneziana é proporcionar aos sensores um ambiente com ventilação adequada, possibilitando uma medição correta das variáveis climáticas.

Na lateral inferior da caixa, também foi montado dois prensa cabos por onde entram os cabos isolados que foram conectados aos sensores digitais.

A Figura 40 mostra como ficou a montagem das venezianas e dos prensa cabos, na caixa de passagem.

Figura 40 – Montagem da veneziana na caixa de passagem



Fonte: Os autores.

3.8 Desenvolvimento da página web para acessar as variáveis climáticas via WiFi.

Como a proposta do projeto da estação meteorológica previa a transmissão dos dados meteorológicos via *WiFi*, foi necessário o desenvolvimento de uma página *web* (rede), para poder acessar o módulo *WiFi* ESP8266 ESP-01.

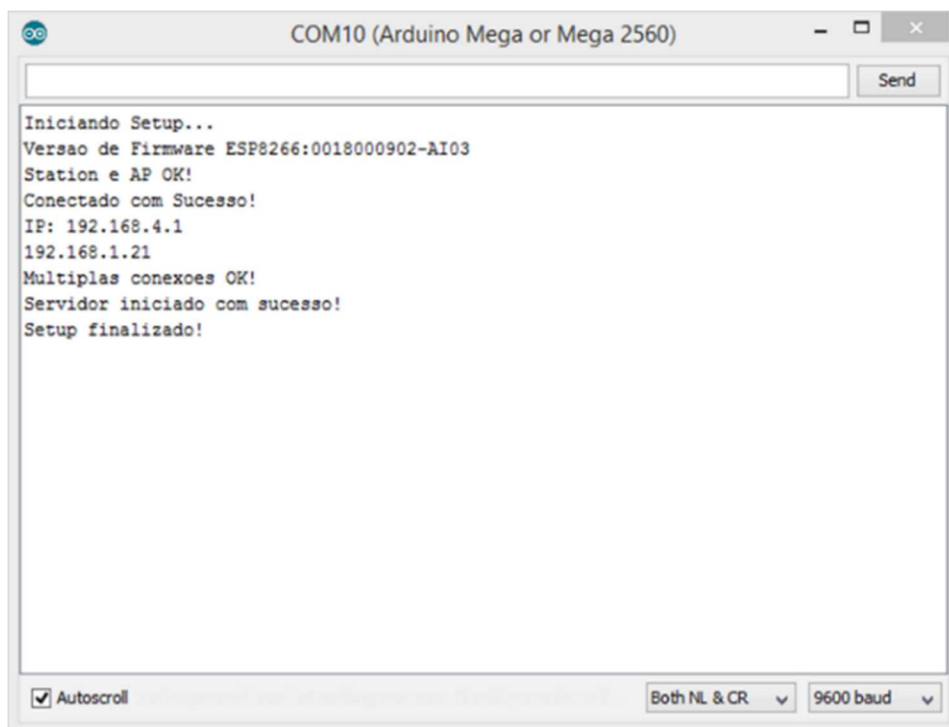
Este módulo foi configurado para dois modos diferentes de operação, sendo:

- a) Modo AP (Access Point – Ponto de Acesso) onde fornece o sinal de *WiFi*, criando uma rede de comunicação;
- b) Modo STA (Station – Estação) (Cliente) onde o dispositivo acessa uma rede *WiFi*, já existente.

Como pode ser visto na Figura 41, existem dois endereços IP (endereços de protocolo da *internet*) fornecidos pelo módulo, neste exemplo:

- a) Endereço IP 192.168.4.1 - no modo AP, com todas as suas atribuições, como SSID (identificador do conjunto de serviço), senha, etc.
- b) Endereço IP 192.168.1.21 - no modo STA, conectado em rede privada *WiFi*, como cliente.

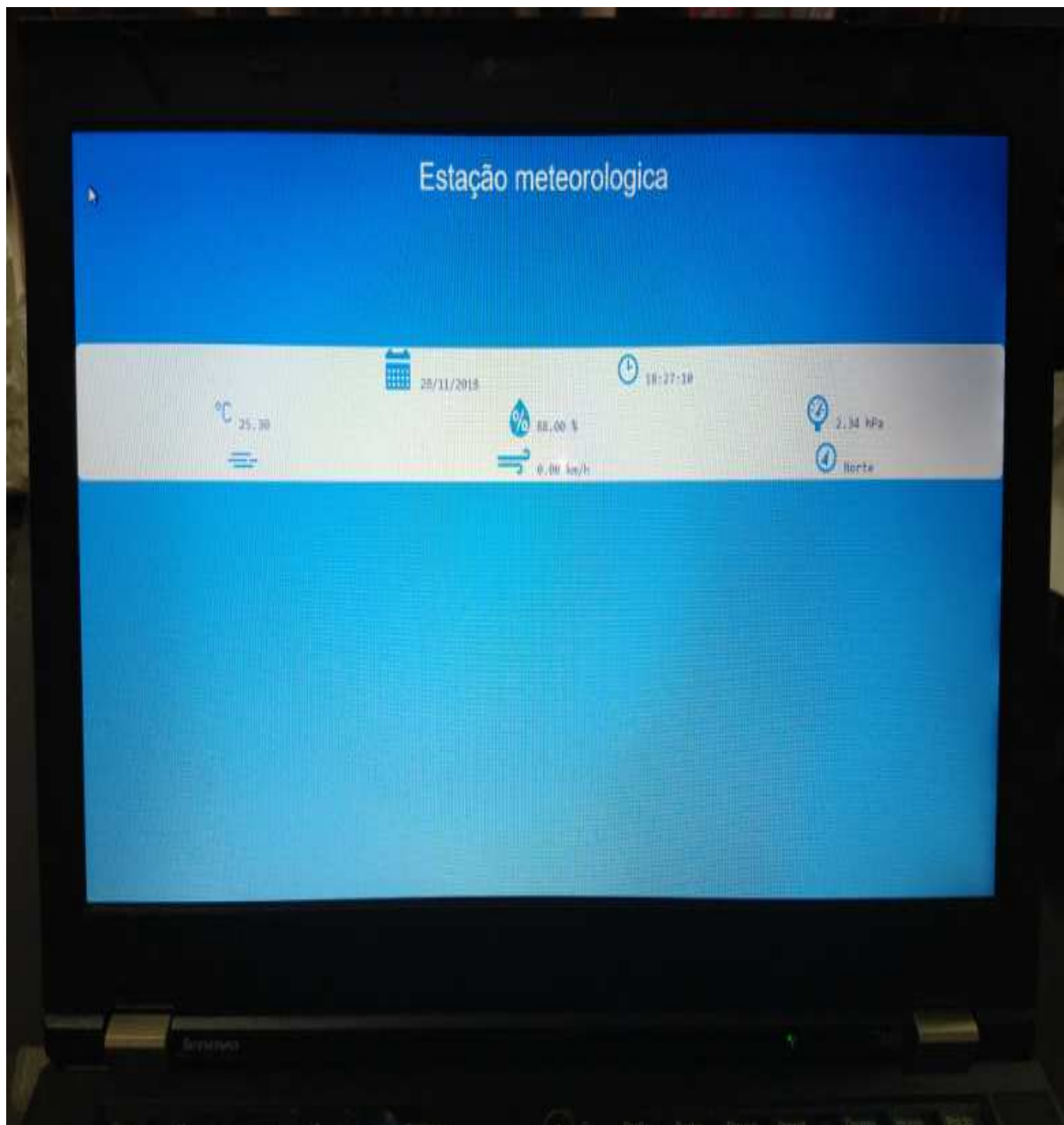
Figura 41 – Módulo ESP8266 configurado com Arduino



Fonte: Filipeflop (2018).

Na estação meteorológica, a rede criada no modo AP, ficou nomeada como ESTACAO e senha de acesso 123456xx.

Para apresentar os dados gerados pelos sensores e transmitidos pelo módulo *WiFi*, foi desenvolvido uma página *web*, conforme Figura 42, pré-configurada para acessar a estação no modo AP, através do endereço 192.168.4.1.

Figura 42 – Página *web* criada

Fonte: Os autores.

4 RESULTADOS OBTIDOS

De posse de todas as peças mecânicas fabricadas, dos circuitos eletrônicos concluídos, dos componentes mecânicos e dispositivos eletrônicos comerciais comprados e da programação do *software* finalizada, foi dado início a montagem da estação meteorológica.

A montagem dos dois dispositivos mecânicos, ou seja, do anemômetro e do cata-vento, como mostra a Figura 43, foi o primeiro passo a ser realizado.

Figura 43 – Cata-vento e Anemômetro



Fonte: Os autores.

As tolerâncias de ajuste, adotadas na fabricação das peças mecânicas, facilitaram a montagem de todos os componentes mecânicos dos dispositivos.

As interferências de montagem, entre os anéis interno e externo dos rolamentos e seus respectivos alojamentos, eixo e caixa de rolamento, foram selecionadas com base em tabelas de ajustes de rolamentos radiais. Durante o processo de montagem, também foi feito um acompanhamento desta interferência, para garantir um bom funcionamento dos dispositivos e preservar desta maneira, a vida útil dos rolamentos.

Nas tampas de proteção móveis e na tampa fixa, montadas no suporte principal, desenho APÊNDICE P da página 114, foram coladas fitas de vedação autoadesiva, como mostra a Figura 44.

Figura 44 – Tampas de proteção móveis e tampa fixa com fita de vedação

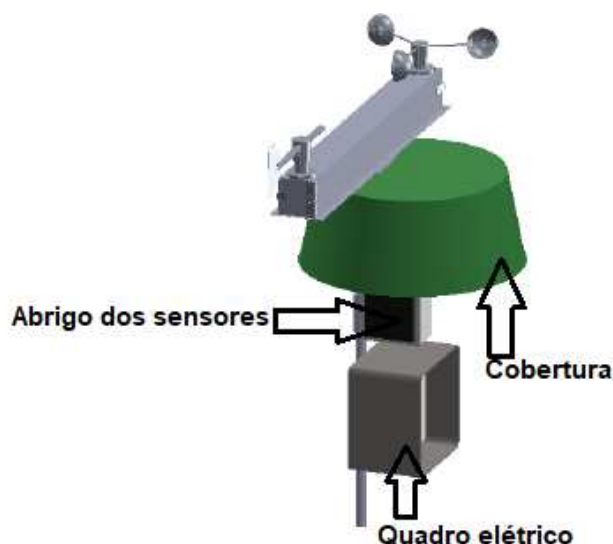


Fonte: Os autores.

Esta fita, tem a finalidade de proteger os sensores, responsáveis pela leitura da velocidade e da direção do vento, da ação da chuva e do sol.

Na parte inferior deste mesmo suporte, foi instalada uma cobertura (bacia), conforme mostra a Figura 45.

Figura 45 – Cobertura do abrigo dos sensores e do quadro elétrico estação



Fonte: Os autores.

Esta cobertura, tem o intuito de evitar a incidência direta do sol e da chuva, sobre o abrigo dos sensores, responsáveis pela leitura da temperatura, umidade e pressão atmosférica e, sobre o quadro elétrico da estação meteorológica.

Entre o suporte principal e a cobertura, foi fixada a base do suporte principal, desenho APÊNDICE Y da página 123. Nesta base, foi previsto um furo, onde é montado e parafusado o suporte da estação meteorológica, desenho APÊNDICE W da página 121. No local escolhido para a instalação da estação, este suporte deverá ser fixo por intermédio de chumbadores, sobre um piso de concreto.

O segundo passo da montagem da estação, foi dedicado ao quadro elétrico, também comentado no capítulo 3.4 deste trabalho.

Na placa de montagem interna, fornecida com o quadro elétrico, Figura 32 da página 68, foram distribuídos e fixados o microcontrolador Arduino, Figura 7 da página 40, o *shield* secundário, Figura 29 da página 65 e os demais dispositivos eletrônicos, pertencentes ao circuito de controle da estação, utilizando suportes feitos de material isolante.

O *shield* principal, Figura 30 da página 66, foi conectado sobre o microcontrolador Arduino, através dos pinos de conexão utilizados para esse fim.

Dentro deste mesmo quadro elétrico, também foi fixado sobre a placa de montagem interna, uma placa de acrílico, desenho APÊNDICE O da página 113. Nesta placa de acrílico, Figura 28 da página 65, foram dispostos todos os botões, o *display LCD* e o fusível de proteção do circuito de controle, mencionado no capítulo 3.3 deste trabalho.

Por fim, foi feita a interligação entre os dispositivos eletrônicos, utilizando *jumpers* macho e fêmea coloridos, como apresentado na figura 46.

Figura 46 – *Jumpers* macho e fêmea coloridos



Fonte: Os autores.

Na lateral inferior do quadro elétrico, foram feitos furos para a montagem de prensa cabos, de onde saem os cabos isolados que foram conectados aos sensores digitais e por onde entra o cabo da fonte de alimentação da estação, como se pode verificar na Figura 47.

Figura 47 – Prensa cabos e os cabos dos sensores digitais e da fonte de alimentação



Fonte: Os autores.

O terceiro e último passo, foi dispensado para a montagem do abrigo dos sensores de temperatura, umidade e pressão atmosférica, que já foi comentado no capítulo 3.7 deste trabalho.

Foram previstos também dois suportes reguláveis, um para o quadro elétrico, desenho APÊNDICE V da página 120, e o outro para o abrigo dos sensores, desenho APÊNDICE T da página 118, com a finalidade de posicioná-los e fixá-los no suporte da estação meteorológica, desenho APÊNDICE W da página 121.

Finalizada a montagem da estação, foi dado início aos primeiros testes e a coleta de dados.

Foram observados alguns problemas de programação e principalmente de mau contato nas interligações elétricas, feitas através dos *jumpers* coloridos. Devido ao mau contato, não se conseguia fazer a leitura e nem o registro das variáveis climáticas.

Resolvidos os problemas de mau contato, de *software* e outros problemas de menor importância, a estação foi disponibilizada para os testes finais.

Durante três dias consecutivos, foram coletados valores de variáveis climáticas, lidos através do *display LCD* da estação meteorológica, sendo três leituras diárias e nos seguintes horários, às 8:00hs, às 12:00hs e às 18:00hs.

Contemporaneamente, foram coletados valores de variáveis climáticas através do aparelho Termo-Higroanemômetro-Barômetro AK834 do fabricante AKSO, como mostra a Figura 48.

Figura 48 – Termo-Higroanemômetro Barômetro - AK834



Fonte: Akso produtos eletrônicos

As leituras das variáveis climáticas, realizadas na estação meteorológica, bem como, no aparelho AK834, foram coletadas do mesmo local.

Todas as leituras destas variáveis climáticas, foram inseridas em uma tabela, separadas por data, horário de coleta, tipo de instrumento de leitura e tipo de variável climática, conforme demonstrado na Tabela 6.

Além disso, foi incluído nesta mesma tabela, os valores calculados da faixa de desvio de exatidão¹⁸, presente no manual do aparelho AK834, conforme apresentado na Figura 49.

¹⁸ A exatidão de uma medida (ou da média de um conjunto de medidas) é a distância estimada entre a medida e um valor “verdadeiro”, “nominal”, “tomado como referência”, ou “aceito”. Geralmente é expressa como um desvio ou desvio percentual de um valor conhecido. O valor verdadeiro de uma grandeza física experimental às vezes pode ser considerado o objetivo final do processo de medição.

Tabela 6 – Valores de variáveis climáticas coletadas na estação e no aparelho AK834

| VALORES DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS COLETADAS NA ESTAÇÃO E NO APARELHO AK834 | | | | | |
|--|-------|------------------------|---|-------------------|--|
| Data | Hora | Temperatura do Ar (°C) | | Umidade do Ar (%) | |
| | | Estação | Aparelho - (Exatidão: $\pm 1^\circ\text{C}$) | Estação | Aparelho - (Exatidão: $\pm 3\%$ em 25°C) |
| 27/11/2018 | 08:00 | 21,8 | 21,3 - (20,3 a 22,03) | 79,2 | 78,3 - (75,95 a 80,84) |
| 27/11/2018 | 12:00 | 27,8 | 28,8 - (25,8 a 27,8) | 78,1 | 75 - (72,75 a 77,25) |
| 27/11/2018 | 18:00 | 25,1 | 24,5 - (23,5 a 25,5) | 83,0 | 82,8 - (80,12 a 85,07) |
| 28/11/2018 | 08:00 | 21,9 | 21,4 - (20,4 a 22,4) | 78,1 | 77,8 - (75,27 a 79,92) |
| 28/11/2018 | 12:00 | 23,0 | 22,6 - (21,6 a 23,6) | 78,0 | 75,4 - (73,13 a 77,66) |
| 28/11/2018 | 18:00 | 25,0 | 24,2 - (23,2 a 25,2) | 89,5 | 88,5 - (85,84 a 91,15) |
| 29/11/2018 | 08:00 | 23,5 | 22,7 - (21,7 a 23,7) | 83,5 | 82,2 - (79,73 a 84,66) |
| 29/11/2018 | 12:00 | 26,9 | 26,3 - (25,3 a 27,3) | 85,2 | 84,1 - (81,57 a 86,62) |
| 29/11/2018 | 18:00 | 27,9 | 27,1 - (26,1 a 28,1) | 81,8 | 80,9 - (78,47 a 83,32) |

| Data | Hora | Pressão Atmosférica (hPa) | | Velocidade Vento (Km/h) | |
|------------|-------|---------------------------|--|-------------------------|-------------------------------------|
| | | Estação | Aparelho - (Exatidão: $\pm 1,5\text{hPa} < 1000\text{hPa}$) | Estação | Aparelho - (Exatidão: $\pm 5\%$ FS) |
| 27/11/2018 | 08:00 | 1011,45 | 1011 - (1009,5 a 1012,5) | 4,0 | 3,9 - (3,7 a 4,1) |
| 27/11/2018 | 12:00 | 1011,88 | 1011 - (1009,5 a 1012,5) | 9,5 | 9,1 - (8,6 a 9,8) |
| 27/11/2018 | 18:00 | 1008,39 | 1007 - (1005,5 a 1008,5) | 16,0 | 15,5 - (14,7 a 16,3) |
| 28/11/2018 | 08:00 | 1008,65 | 1008 - (1006,5 a 1009,5) | 5,3 | 5,1 - (4,8 a 5,4) |
| 28/11/2018 | 12:00 | 1010,19 | 1009 - (1007,5 a 1010,5) | 11,0 | 10,7 - (10,2 a 11,2) |
| 28/11/2018 | 18:00 | 1011,34 | 1010 - (1008,5 a 1011,5) | 16,5 | 15,9 - (15,1 a 16,7) |
| 29/11/2018 | 08:00 | 1007,68 | 1006,5 - (1005 a 1008) | 7,6 | 7,4 - (7,0 a 7,8) |
| 29/11/2018 | 12:00 | 1006,98 | 1006 - (1004,5 a 1007,5) | 13,5 | 12,9 - (12,3 a 13,5) |
| 29/11/2018 | 18:00 | 1008,28 | 1007 - (1005,5 a 1008,5) | 12,2 | 11,8 - (11,2 a 12,4) |

| Direção do Vento | | |
|------------------|----------|----------|
| Ângulo (°) | Aparelho | Estação |
| 277,1 | - | OESTE |
| 74,7 | - | NORDESTE |
| 73,3 | - | NORDESTE |
| 45,0 | - | NORDESTE |
| 70,9 | - | NORDESTE |
| 64,1 | - | NORDESTE |
| 50,2 | - | NORDESTE |
| 48,8 | - | NORDESTE |
| 45,0 | - | NORDESTE |

Fonte: Os autores.

Figura 49 – Especificações do aparelho AK834

| 1 - ESPECIFICAÇÕES | | |
|---------------------|-----------|-----------------------|
| Faixa de medição | Resolução | Exatidão |
| - Velocidade do ar | | |
| 0,4 a 20,0 m/s | 0,1 m/s | ± 5% FS |
| 1,4 a 72 km/h | 0,1 km/h | |
| 80 a 3937 fpm | 0,1 fpm | |
| 0,9 a 44 mph | 0,1 mph | |
| 0,8 a 39 kn | 0,1 kn | |
| - Temperatura do ar | | |
| -15 a 50 °C | 0,1 °C | ± 1,0 °C |
| - Umidade relativa | | |
| 10 a 90% | 0,1% | ± 3% (em 25 °C) |
| - Pressão absoluta | | |
| 300 a 1100 hPa | 0,1 hPa | ± 1,5 hPa (<1000 hPa) |

Fonte: Akso produtos eletrônicos

Para validar os valores das variáveis climáticas, coletados na estação meteorológica, foi adotado um critério. Este critério, estabelece que o valor da variável climática, lida na estação meteorológica, deverá permanecer na faixa de desvio de exatidão, calculada com base na informação lida no *display* do aparelho AK834. A faixa de desvio de cada variável climática, está informada no manual do aparelho, Figura 49 da página 86 e esta faixa foi inserida na Tabela 6 da página 86, no campo “Aparelho – Exatidão:....”

Como se pode verificar na Tabela 6 da página 86, todos os valores das variáveis climáticas, coletados na estação, permaneceram na faixa de desvio, reportada no manual do aparelho e, portanto, é possível concluir que os valores coletados estão de acordo com a realidade.

Segue abaixo, as faixas angulares que foram definidas no *software* da estação meteorológica, para determinar os quatros pontos cardeais e os quatros pontos colaterais, que irão indicar a direção do vento:

- a) PONTO CARDEAL NORTE - 0 a 44,9°;
- b) PONTO COLATERAL NORDESTE - 45° a 89,9°;
- c) PONTO CARDEAL LESTE - 90° a 134,9°;
- d) PONTO COLATERAL SUDESTE - 135° a 179,9°;
- e) PONTO CARDEAL SUL - 180° a 224,9°;
- f) PONTO COLATERAL SUDOESTE - 225° a 269,9°;
- g) PONTO CARDEAL OESTE - 270° a 314,9°;
- h) PONTO COLATERAL NOROESTE - 315° a 359,9°.

5 CONCLUSÃO

Tendo como foco a comunidade local, principalmente de áreas urbanas carentes de políticas públicas apropriadas, com chance de sofrerem com desastres naturais, principalmente aqueles provocados por eventos climáticos extremos, verificou-se a possibilidade de contribuir com a coleta de informações temporais, visando a informação prévia sobre a ocorrência de tais eventos.

Buscando minimizar as consequências dos problemas gerados por tais eventos, este projeto teve por objetivo o desenvolvimento e a implementação de uma estação meteorológica, que irá monitorar, registrar e transmitir via *WiFi* e em tempo real os valores das variáveis climáticas desta região.

Estes registros poderão alimentar os bancos de dados climáticos da Defesa Civil Estadual e Municipal que somado as informações recebidas por satélites meteorológicos, poderão prever a formação de algum evento climático extremo e, desta maneira, poderão emitir alertas aos moradores de áreas de risco, para que adotem medidas seguras, com o propósito de não sofrerem as consequências de tais eventos.

Além disso, estes registros servirão para a previsão do tempo e também para a previsão do clima e de suas variações, nesta localidade.

As variáveis climáticas tais como, temperatura, pressão, umidade, velocidade e direção do vento, foram coletadas, registradas e transmitidas via *WiFi*.

As informações coletadas, durante os testes realizados com a estação, foram comparados com os valores da faixa de desvio de exatidão, calculados com base nos dados coletados pelo instrumento AK834. Este instrumento, está disponível no mercado e foi utilizado para validação dos valores coletados na estação.

Para este instrumento, poderá ser adquirido o certificado de calibração via RBC (Rede Brasileira de Calibração), que são laboratórios de calibração acreditados pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), garantindo a qualidade das medições realizadas.

Feita a comparação, verificou-se que as informações coletadas na estação, permaneceram nas faixas de desvio de exatidão das variáveis climáticas do instrumento AK834, atendendo desta maneira, o critério de validação adotado.

Isso comprova a viabilidade tecnológica do projeto e desta forma, que o objetivo do desenvolvimento da estação foi alcançada.

A construção da estação proposta neste trabalho, só foi possível devido a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Mecatrônica Industrial.

Foram aplicados, principalmente, conceitos adquiridos em disciplinas como eletrônica digital e analógica, desenho técnico, processos de fabricação, circuitos elétricos, programação, além dos que foram estudados na revisão de literatura citada no capítulo 2.

Por se tratar de um protótipo, tentou-se ao máximo moderar os custos. A Tabela 7, exhibe os valores gastos nos itens adquiridos e o custo total da estação meteorológica.

Tabela 7 – Custo total da estação meteorológica

| CUSTO TOTAL EM REAIS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA | | | |
|--|------------|--------------------|---------------------|
| DESCRIÇÃO DO ITEM | QUANTIDADE | VALOR UNITÁRIO | VALOR PARCIAL |
| DISPOSITIVOS MECÂNICOS ESTAÇÃO | | | |
| CUSTO PEÇAS FABRICADAS (MATERIAL + MÃO-DE-OBRA CALDEIRARIA E USINAGEM) | 1 | R\$ 992,85 | R\$ 992,85 |
| BACIA 80L BA80 | 1 | R\$ 25,00 | R\$ 25,00 |
| ELEMENTOS DE FIXAÇÃO (PARAFUSOS, PORCAS E ARRUELAS) | 1 | R\$ 54,91 | R\$ 54,91 |
| ROLAMENTO RÍGIDO DE ESFERA 6000 - ZZ (NSK) | 4 | R\$ 10,00 | R\$ 40,00 |
| ANEL TRAVA PARA FURO DIÂMETRO DE 26mm DIN 472 | 8 | R\$ 0,20 | R\$ 1,60 |
| FITA DE VEDAÇÃO 45MM | 1,5m | R\$ 3,00 | R\$ 4,50 |
| DOBRADIÇA DE FERRO ZINCADO 51X38MM (GUBLER) | 4 | R\$ 1,55 | R\$ 6,20 |
| FERROLHO PARA CADEADO 50X19MM ZINCADO (ROCHA) | 2 | R\$ 5,90 | R\$ 11,80 |
| ÍMÃ DIÂMETRO EXTERNO 15MM X DIÂMETRO INTERNO 5MM X ESPESSURA 3MM | 1 | R\$ 0,30 | R\$ 0,30 |
| TAMPA DE PLÁSTICO REDONDA COR PRETA 19MM PARA TUBO ALUMÍNIO | 1 | R\$ 0,50 | R\$ 0,50 |
| MÓDULO BÚSSOLA ELETRÔNICA HMC5883L | 1 | R\$ 25,00 | R\$ 25,00 |
| SENSOR DE VELOCIDADE ENCODER LM393 | 1 | R\$ 13,00 | R\$ 13,00 |
| QUADRO ELÉTRICO | | | |
| QUADRO ELÉTRICO REFERÊNCIA 913426 (LEGRAND) | 1 | R\$ 232,00 | R\$ 232,00 |
| PRENSA CABO 3/8" BSP S-851C CZ IP67 | 1 | R\$ 1,57 | R\$ 1,57 |
| PRENSA CABO EM NYLON ROSCA PG7 | 10 | R\$ 1,20 | R\$ 12,00 |
| PLACA DE ACRÍLICO | 1 | R\$ 109,00 | R\$ 109,00 |
| CHAVE PUSH BUTTON PBS-110 VERMELHA SEM TRAVA NA 1,5A | 1 | R\$ 2,80 | R\$ 2,80 |
| CHAVE PUSH BUTTON PBS-110 PRETA SEM TRAVA NA 1,5A | 3 | R\$ 2,80 | R\$ 8,40 |
| CHAVE PUSH BUTTON PBS-110 AZUL SEM TRAVA NA 1,5A | 1 | R\$ 2,80 | R\$ 2,80 |
| CHAVE GANGORRA KCD1-106N VERDE (L/D COM NEON) | 1 | R\$ 4,50 | R\$ 4,50 |
| PORTA FUSÍVEL PEQUENO 5X20 | 1 | R\$ 1,06 | R\$ 1,06 |
| FUSÍVEL DE VIDRO 5X20 DE 0,5A | 1 | R\$ 0,50 | R\$ 0,50 |
| JUMPER M/F HECO 0123 | 4 | R\$ 5,00 | R\$ 20,00 |
| BARRA DE PINOS BPSC-40 1X40 180º (METALTEX) | 2 | R\$ 2,42 | R\$ 4,84 |
| MODU MLS-04 1X04 VIAS- 2,54 MM- 180º (METALTEX) | 10 | R\$ 0,22 | R\$ 2,20 |
| MODU MLS-06 1X06 VIAS- 2,54 MM- 180º (METALTEX) | 6 | R\$ 0,22 | R\$ 1,32 |
| TERMINAL FÊMEA MLTF PARA CONECTOR MINI LATCH 2,54MM (METALTEX) | 90 | R\$ 0,08 | R\$ 7,20 |
| CABO 6 VEIAS 26 AWG SEM BLINDAGEM | 10m | R\$ 1,40 | R\$ 14,00 |
| CABO 4 VEIAS 26 AWG SEM BLINDAGEM | 2,5m | R\$ 1,75 | R\$ 4,38 |
| POLIOLFINA 1,5MM | 1m | R\$ 1,60 | R\$ 1,60 |
| POLIOLFINA 9MM | 1m | R\$ 3,40 | R\$ 3,40 |
| POLIOLFINA 12MM | 1m | R\$ 5,00 | R\$ 5,00 |
| REGULADOR DE TENSÃO MP2307 | 2 | R\$ 13,00 | R\$ 26,00 |
| BUFFER CD4050BE | 1 | R\$ 7,00 | R\$ 7,00 |
| MICROCONTROLADOR ATMEGA2560-16AU E ARDUINO MEGA 2560 | 1 | R\$ 85,00 | R\$ 85,00 |
| DISPLAY LCD NOKIA 5110 | 1 | R\$ 20,00 | R\$ 20,00 |
| MÓDULO WIFI ESP8266 ESP-01 | 1 | R\$ 18,00 | R\$ 18,00 |
| MÓDULO DE CARTÃO SD (SD CARD) | 1 | R\$ 15,00 | R\$ 15,00 |
| MÓDULO REAL TIME CLOCK RTC DS1307 | 1 | R\$ 13,00 | R\$ 13,00 |
| FONTE DE ALIMENTAÇÃO CA/CC MODELO WB-18H12FB | 1 | R\$ 55,00 | R\$ 55,00 |
| PLACA DE FENOLITE DUPLA FACE 20X15CM | 1 | R\$ 34,80 | R\$ 34,80 |
| RESISTORES | 6 | R\$ 0,10 | R\$ 0,60 |
| ABRIGO SENSORES | | | |
| CAIXA DE PASSAGEM CPT 15 (Tigre) | 1 | R\$ 26,28 | R\$ 26,28 |
| VENEZIANA COM FILTRO 150x150x13,5 VF8-4012 (BRASILTEC) | 2 | R\$ 36,86 | R\$ 73,72 |
| SENSOR UMIDADE E TEMPERATURA AM2302 DHT22 | 1 | R\$ 23,00 | R\$ 23,00 |
| SENSOR PRESSÃO E TEMPERATURA BMP180 | 1 | R\$ 20,00 | R\$ 20,00 |
| | | CUSTO TOTAL | R\$ 2.031,63 |

Fonte: Os autores.

5.1 Propostas de Melhorias

Apesar dos objetivos estabelecidos pelos autores terem sido alcançados, no decorrer do desenvolvimento deste trabalho, notou-se a necessidade de algumas melhorias, que poderão ser implementadas futuramente. Esta oportunidade de melhoria poderá servir como um desafio para que futuros acadêmicos possam desenvolver novos estudos acerca do tema aqui abordado. Dentre as melhorias, destacam-se:

- a) Incluir na estação a leitura das seguintes variáveis climáticas: precipitação pluviométrica, duração da ação do sol e insolação;
- b) Incluir um sistema de energização por painéis solares e bateria, dando autonomia para a estação, mesmo na ocorrência de falta de energia elétrica;
- c) Instalar a estação em algum lugar do câmpus e disponibilizar as informações da estação no site do IFSC Câmpus Joinville;
- d) Conectar a estação à internet visando o registro das grandezas meteorológicas na nuvem e a aplicação da internet das coisas (IoT);
- e) Efetivar uma parceria com os órgãos de Defesa Civil Estadual e Municipal para o compartilhamento dos registros coletados;
- f) Verificar com os órgãos de Defesa Civil qual seria a melhor tecnologia para enviar os dados meteorológicos registrados.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR IEC 60529:2017**. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=369851>. Acesso em: 11 dez. 2018.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR IEC 62208:2013**. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=305529>. Acesso em: 11 dez. 2018.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR IEC 62262:2015**. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=327909>. Acesso em: 11 dez. 2018.

AKSO PRODUTOS ETRÔNICOS. **Termo-higroanemômetro barômetro - AK834**. https://www.akso.com.br/produto/anemometros/termo_higroanemometro_barometro_ak834-483. Acesso em: 28 nov. 2018.

ALIEXPRESS. **1 PCS ATMEGA2560-16AU ATMEGA2560 TQFP100 ATMEL**. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/w/wholesale-atmel-atmega2560.html>. Acesso em: 10 nov. 2018.

ALUMICOPPER COML. DE METAIS LTDA. **Informações técnicas alumínio 1050**. http://www.coppermetal.com.br/pdf/aluminio/info-tec-alumi_aluminio_1050.pdf. Acesso em: 23 nov. 2018.

ALUMICOPPER COML. DE METAIS LTDA. **Informações técnicas alumínio 6351**. http://www.alumicopper.com.br/pdf/aluminio/info-tec-alumi_aluminio_6351.pdf. Acesso em: 23 nov. 2018.

ALUMÍNIO ABC. **Concha com cabo baquelite doméstica**. <http://www.aluminioabc.com.br/inventory/concha-com-cabo-baquelite-domestica/>. Acesso em: 23 nov. 2018.

ARDUINO. **Arduino MEGA 2560 REV3**. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>. Acesso em: 11 nov. 2018.

BACKES, A. **Linguagem C: completa e descomplicada**. 1º Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BOLTON, W. **Mecatrônica uma abordagem multidisciplinar**. 4º Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

BRAGA, N. C. **Curso de eletrônica: eletrônica automotiva**. 1° Ed. São Paulo: NCB, 2016. v. 6.

BRASILTEC. **Veneziana com filtro**. <https://brasiltec.ind.br/veneziana-com-filtro-pn-1072001#>. Acesso em: 24 nov. 2018.

COMPONENTS 101. **LCD nokia5110**. Disponível em: <https://components101.com/nokia-5110-lcd>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FILIFELOP. **Display LCD nokia 5110**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-nokia-5110/>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FILIFELOP. **Módulo bússola eletrônica HMC5883L**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bussola-eletronica-hmc5883l/>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FILIFELOP. **Módulo cartão SD card**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-cartao-sd-card/>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FILIFELOP. **Módulo WiFi ESP8266 ESP-01**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-esp-01/>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FILIFELOP. **Real time clock RTC DS1307**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/real-time-clock-rtc-ds1307/>. Acesso em: 21 nov. 2018.

FILIFELOP. **Sensor de pressão e temperatura BMP180**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-pressao-e-temperatura-bmp180/>. Acesso em: 22 nov. 2018.

FILIFELOP. **Sensor de umidade e temperatura AM2302 DHT22**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-am2302-dht22/>. Acesso em: 22 nov. 2018.

FILIFELOP. **Sensor de velocidade encoder LM393**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-velocidade-encoder/>. Acesso em: 22 nov. 2018.

FILIFELOP. **Tutorial Módulo Wireless ESP8266 com Arduino.**

<https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-arduino-tutorial/>. Acesso em: 24 nov. 2018.

JORNAL MANGUE LIVRE, *apud* O MIRANTE. **Enchentes em Joinville - possibilidades para prevenir e enfrentar o problema.** Disponível em:

<https://omirantejoinville.com.br/2017/04/20/enchentes-em-joinville/>. Acesso em: 16 ago. 2018.

KOEHNTOPP, Paulo Ivo, *apud* PERGER, Alexandre. **A coincidência que faz de Joinville uma cidade úmida e chuvosa.** Disponível em:

<https://omirantejoinville.com.br/2018/06/24/coincidencia-joinville-cidade-umida-chuvosa/>. Acesso em: 18 ago. 2018.

LEGRAND. **Grau de proteção IP - como saber se um produto é robusto?.**

<http://www.legrand.com.br/blog/noticias/referencias/grau-de-protecao-ip>. Acesso em: 23 nov. 2018.

LEGRAND. **Quadros de comando CC plast.** <http://www.legrand.com.br/para-profissionais/processos-industriais/cemar-box-e-cemar-cc-plast>.

Acesso em: 23 nov. 2018.

LOJA ELÉTRICA LTDA. **Caixa passagem CPT 15 sobrepor Tigre.**

<http://www.lojaeletrica.com.br/caixa-passagem-cpt-15-sobrepor-tigre,product,2140503680052,dept,0.aspx>. Acesso em: 24 nov. 2018.

MACEDO, Roberto Ferreira de. **Mudança climática influencia 9 de cada 10 desastres naturais.** Disponível em:

<https://ferreiramacedo.jusbrasil.com.br/noticias/306213046/mudanca-climatica-influencia-9-de-cada-10-desastres-naturais>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MACIEL, Roelton. **Santa Catarina é o terceiro Estado do país que mais sofreu com desastres naturais em 20 anos.** Disponível em:

<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2017/02/santa-catarina-e-o-terceiro-estado-do-pais-que-mais-sofreu-com-desastres-naturais-em-20-anos-9713248.html>. Acesso em: 16 ago. 2018.

MERCADO LIVRE. **Fonte Alimentação Chaveada 12v 1,5a Bi-volt Automática (apd).** Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-910783393-fonte-alimentaco-chaveada-12v-15a-bi-volt-automatica-apd-_JM.

Acesso em: 22 jan. 2019.

MERCADO LIVRE. **Módulo regulador de tensão *step down* dc dc Mp2307 Mp2307dn**. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1002509706-modulo-regulador-de-tenso-step-down-dc-dc-mp2307-mp2307dn-_JM?quantity=1. Acesso em: 10 nov. 2018.

MERCADO LIVRE. **16 peças - Cd4050 - buffer não-inversor**. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1089979137-16-pecas-cd4050-buffer-no-inversor-_JM. Acesso em: 10 nov. 2018.

MOLINA, Mario José, *apud* GLOBO NATUREZA. **Desastres naturais estão ligados a aquecimento global, diz prêmio Nobel**. Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/08/desastres-naturais-estao-ligados-aquecimento-global-diz-premio-nobel.html>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MONK, S. **Programação com Arduino: começando com Sketches**. 1° Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MONK, S. **Programação com Arduino II: passos avançados com sketches**. 1° Ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MPS TM LTD, **MP2307 – 3 A, 23 V, 340 KHz *synchronous rectified step-down converter***. Disponível em: <https://www.prosoft.ru/cms/f/347204.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.

MUNDOCLIMA, **Novas Tecnologias - Como funciona e quais as vantagens da estação meteorológica?** Disponível em: <http://blog.mundoclima.com.br/como-funciona-e-quais-as-vantagens-da-estacao-meteorologica/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONUBR). **ONU: Brasil está entre os 10 países com maior número de afetados por desastres nos últimos 20 anos**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-brasil-esta-entre-os-10-paises-com-maior-numero-de-afetados-por-desastres-nos-ultimos-20-anos/>. Acesso em: 16 ago. 2018.

OFICINA DE TEXTOS. **Estação meteorológica: convencional ou automática**. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/estacao-meteorologica-convencional-ou-automatica/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

PAR. **Índice de Proteção do Invólucro contra Impactos mecânicos**. <http://ricardoeletronica.wixsite.com/parprojetos/tabela-ip>. Acesso em: 21 jan. 2019.

REDAÇÃO PENSAMENTO VERDE. **Quais as causas e consequências do efeito estufa?** Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/quais-as-causas-e-consequencias-do-efeito-estufa/>. Acesso em: 15 ago. 2018.

SANTOS, Diego; BALBINO, Amanda. **Estação meteorológica: como funciona e sua importância na agricultura.** Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/irrigacao/estacao-meteorologica-funciona-importancia-agricultura/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

SILVA, Marcel Salvioni da; FRUETT, Fabiano. **Monitoramento ambiental através de rede de sensores sem fio de baixo custo.** In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Foz do Iguaçu/PR, Brasil INPE, 2013. P 1908.

SILVA, Thamires Olimpia. **Destruição da camada de ozônio.** Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/destruicao-camada-ozonio.htm>. Acesso em: 15 ago. 2018.

TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. **CD4049UB and CD4050B CMOS hex inverting buffer and converter.** Disponível em: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4050b.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2018.

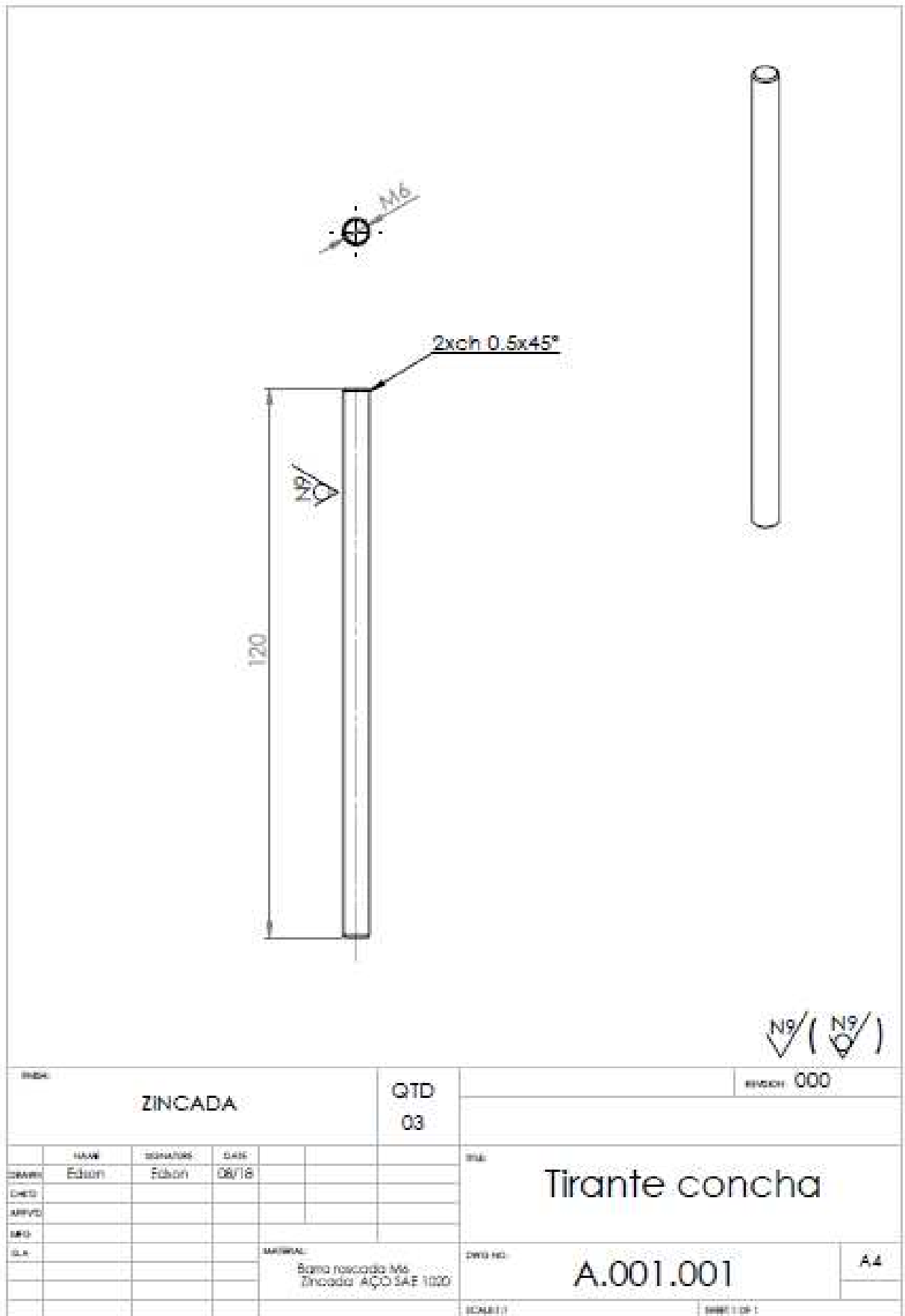
USINAINFO. **Anemômetro arduino / sensor de vento para estação meteorológica - SV10.** Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/estacao-meteorologica-arduino/anemometro-arduino-sensor-de-vento-para-estacao-meteorologica-sv10-3686.html?search_query=anemometro&results=2. Acesso em: 21 nov. 2018.

USINAINFO. **Indicador de direção do vento arduino para estação meteorológica - DV10.** Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/estacao-meteorologica-arduino/indicador-de-direcao-do-vento-arduino-para-estacao-meteorologica-dv10-4638.html>. Acesso em: 21 nov. 2018.

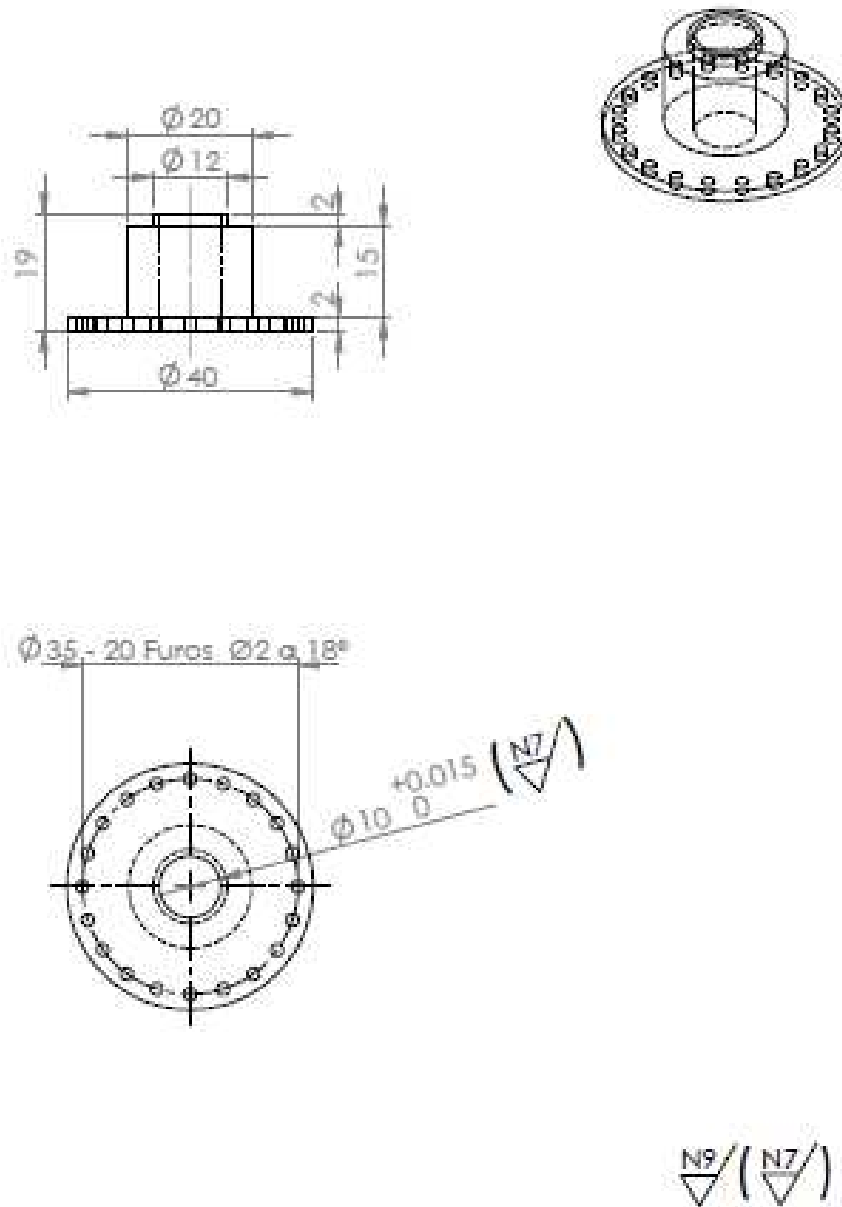
YNOUE, Rita Yuri et al. **Meteorologia: noções básicas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

ZEN ROLAMENTOS. **Vedação e blindagem.** <http://www.zenrolamentos.com.br/informacoes-tecnicas/vedacaoblindagem/>. Acesso em: 23 nov. 2018.

APÊNDICE A – DESENHO DO TIRANTE CONCHA

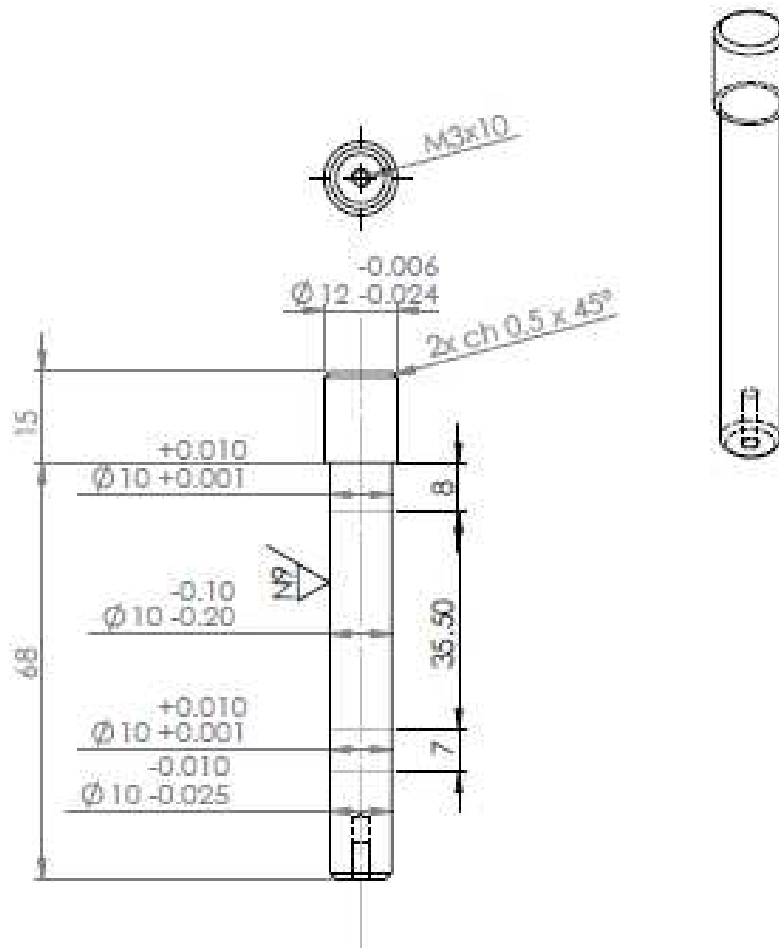


APÊNDICE B – DESENHO DO DISCO ENCODER



| | | | | | | |
|------------|-------|----------|-------|-----------------------|---------|-----------|
| ACABAMENTO | | | | QTD | REVISÃO | 000 |
| | | | | 01 | | |
| PROJ | EDSON | APROVADA | EDSON | DATA | 08/18 | |
| | | | | MATERIAL | DESENHO | A.001.002 |
| | | | | Alumínio ASTM 6351-T6 | | A4 |
| | | | | ESCALA | | |

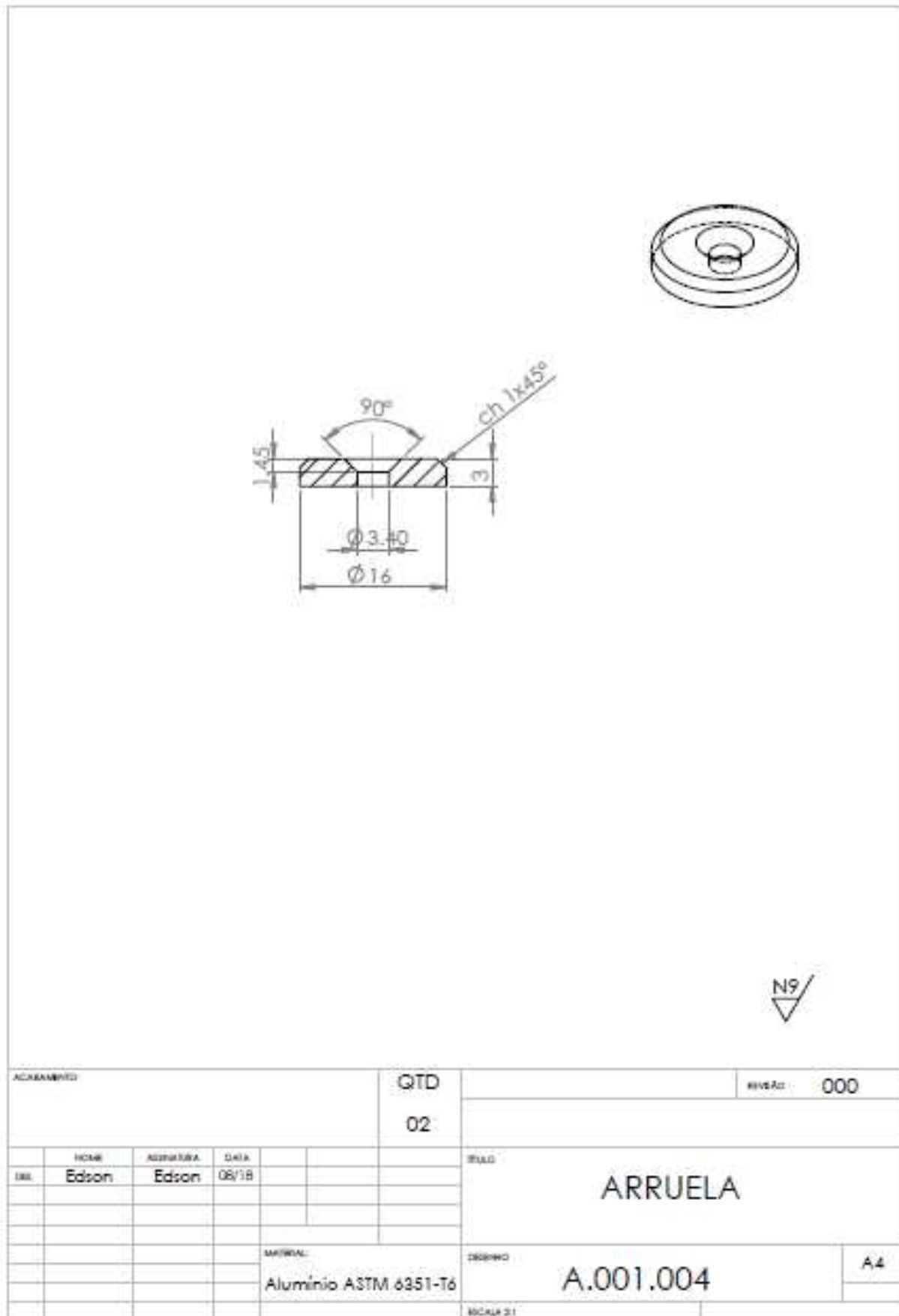
APÊNDICE C – DESENHO DO EIXO ROTOR



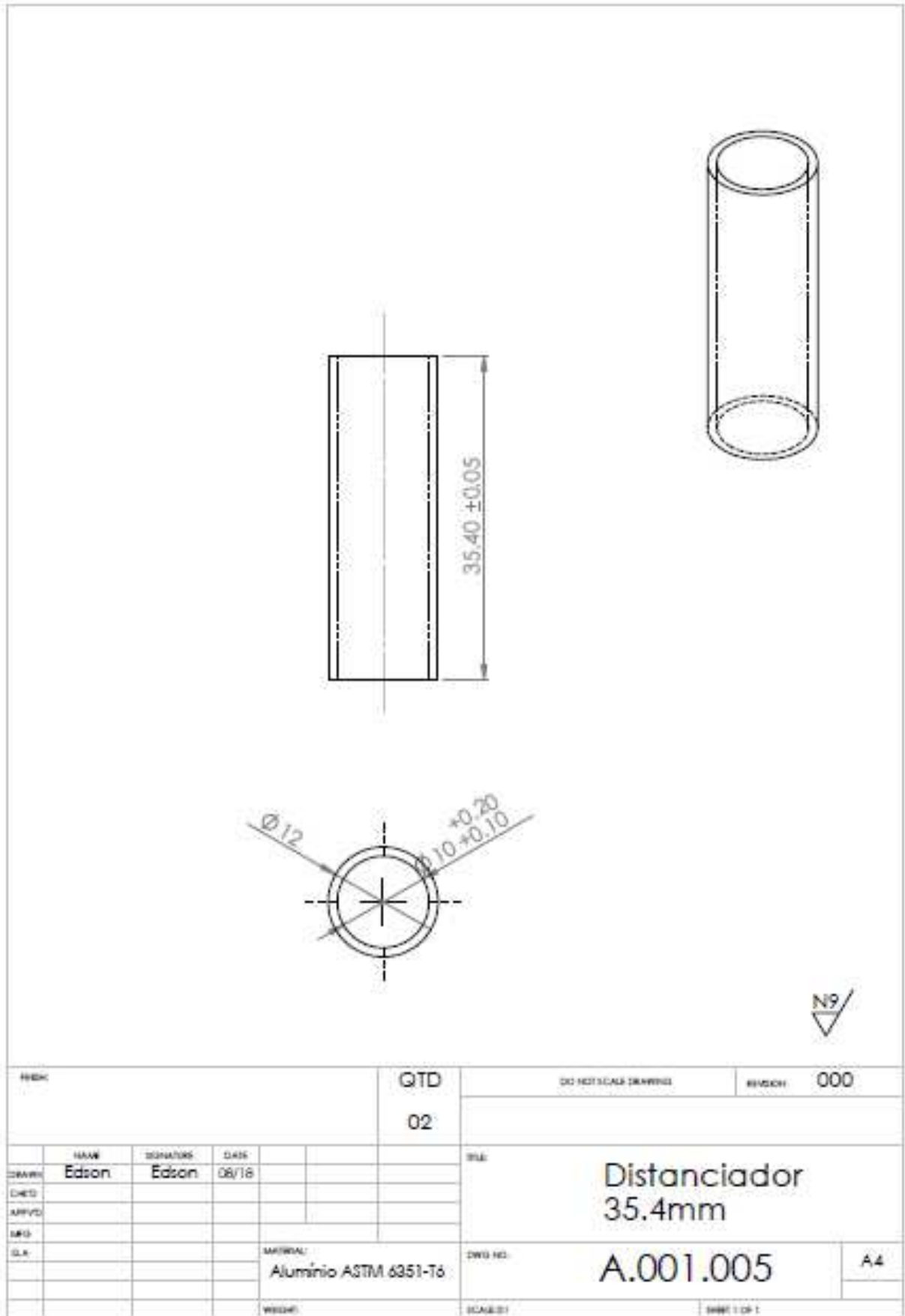
N7 (N9)

| | | | | | |
|-----------------------|-------|-----------|-------|------------|--------------|
| ACABAMENTO: | | | | QTD: | REVISÃO: 000 |
| | | | | 02 | |
| DES: | NOME: | APROVADA: | DATA: | TÍTULO: | |
| | Edson | Edson | 08/18 | EIXO ROTOR | |
| MATERIAL: | | | | DESENHO: | A4 |
| Alumínio ASTM 6351-T6 | | | | A.001.003 | |
| ELABORADO: | | | | | |

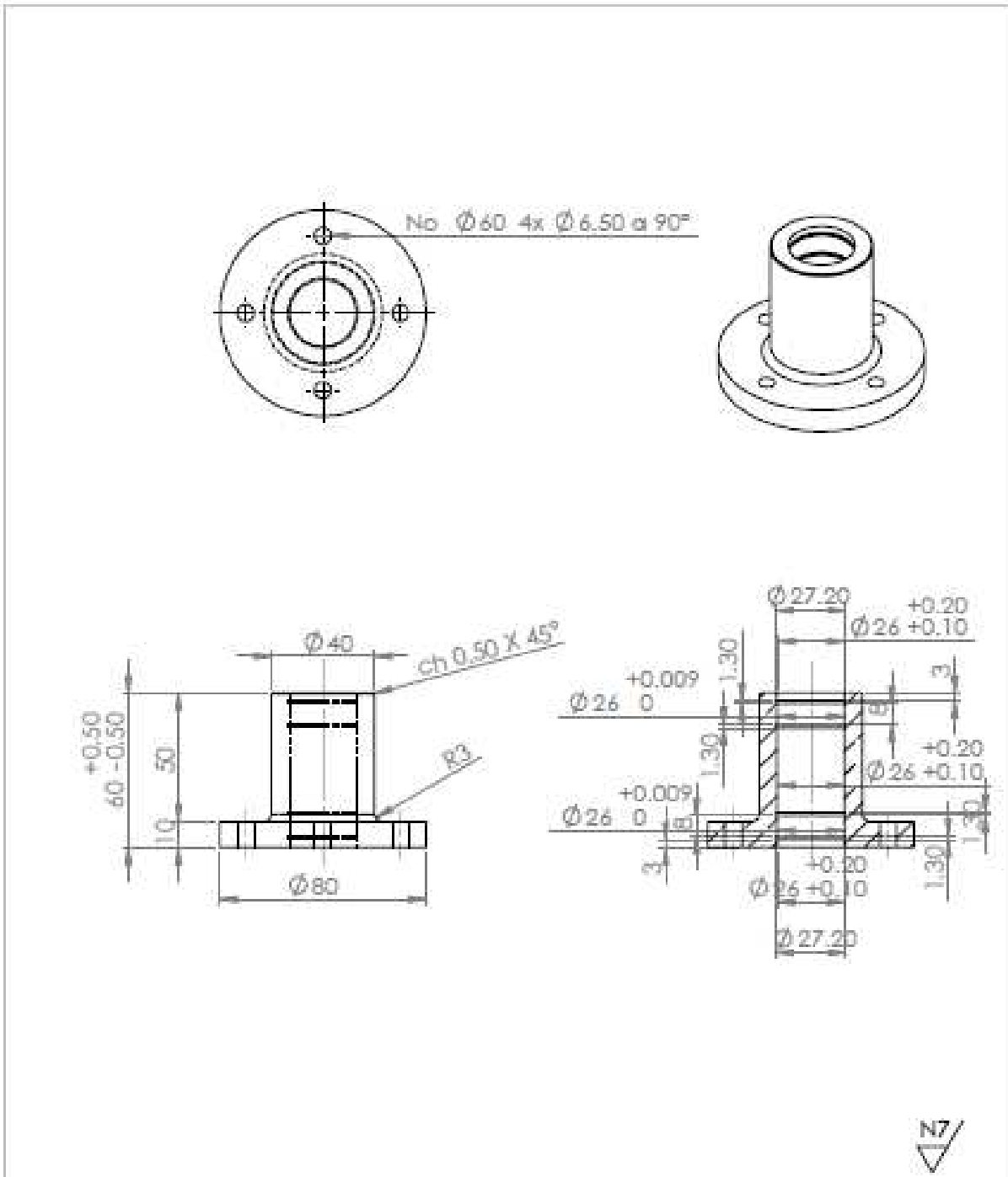
APÊNDICE D – DESENHO DA ARRUELA



APÊNDICE E – DESENHO DO DISTANCIADOR 35,4MM

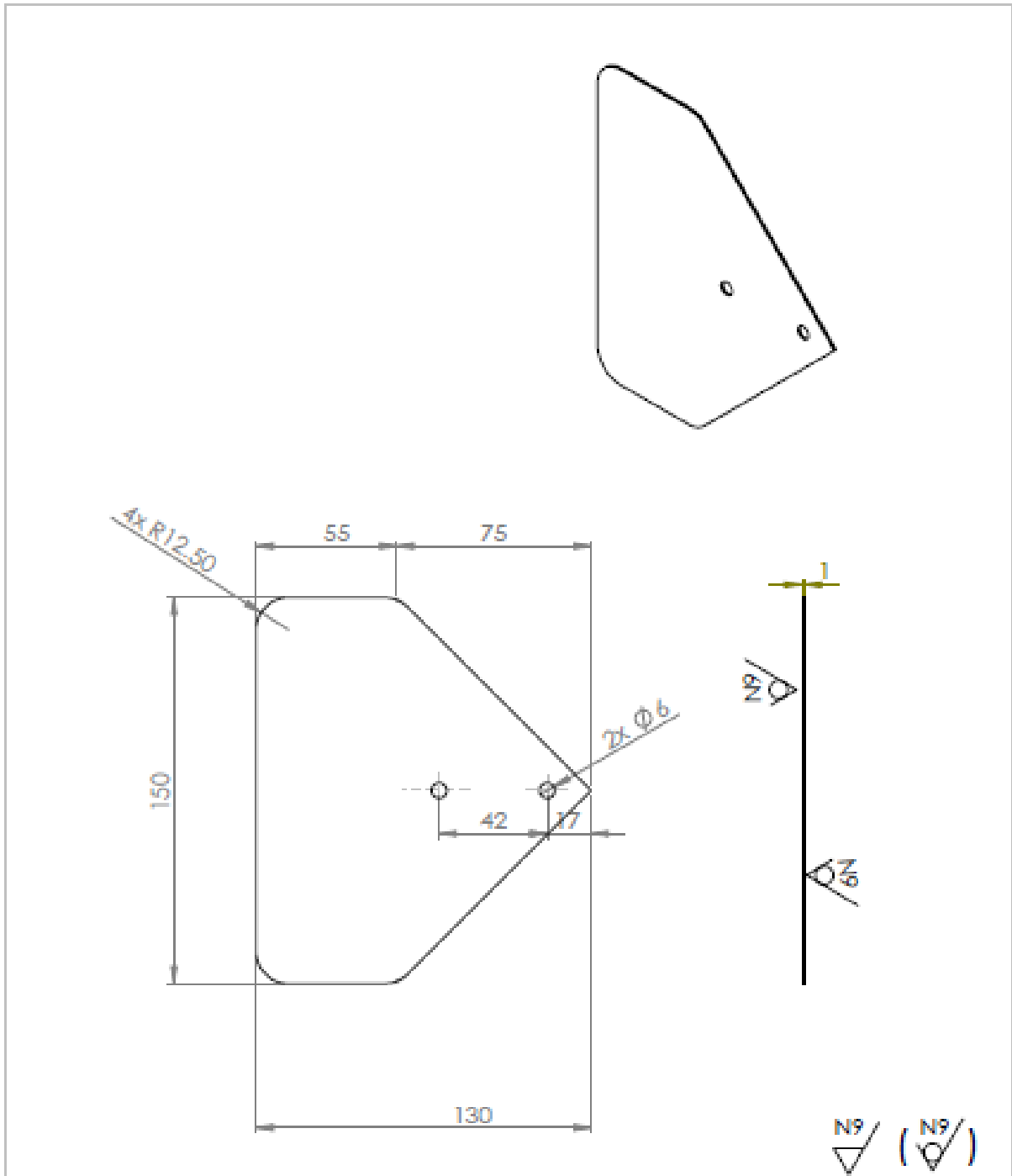


APÊNDICE F – DESENHO DA FLANGE



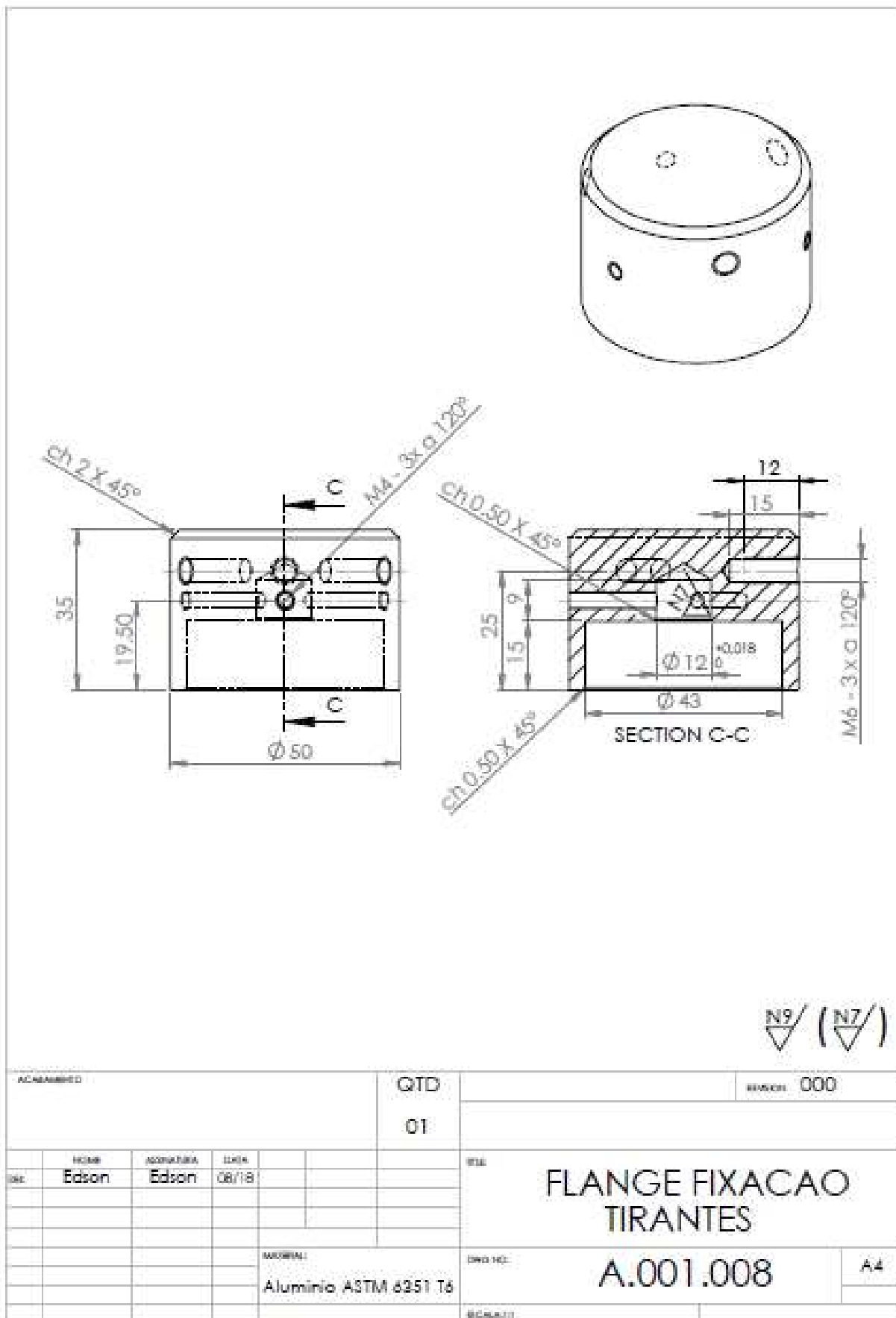
| | | | | | |
|-----------------------|-------|----------|-------|-----------|-----|
| ACABAMENTO | | | | QTD | 000 |
| | | | | 02 | |
| PROJ | FECHA | APROVADO | DATA | TITULO | |
| Edson | | Edson | 08/18 | FLANGE | |
| MATERIAL | | | | DESENHO | A4 |
| Aluminio ASTM 6351-T6 | | | | A.001.006 | |
| ESCALA: 1:1 | | | | | |

APÊNDICE G - DESENHO DA ASA

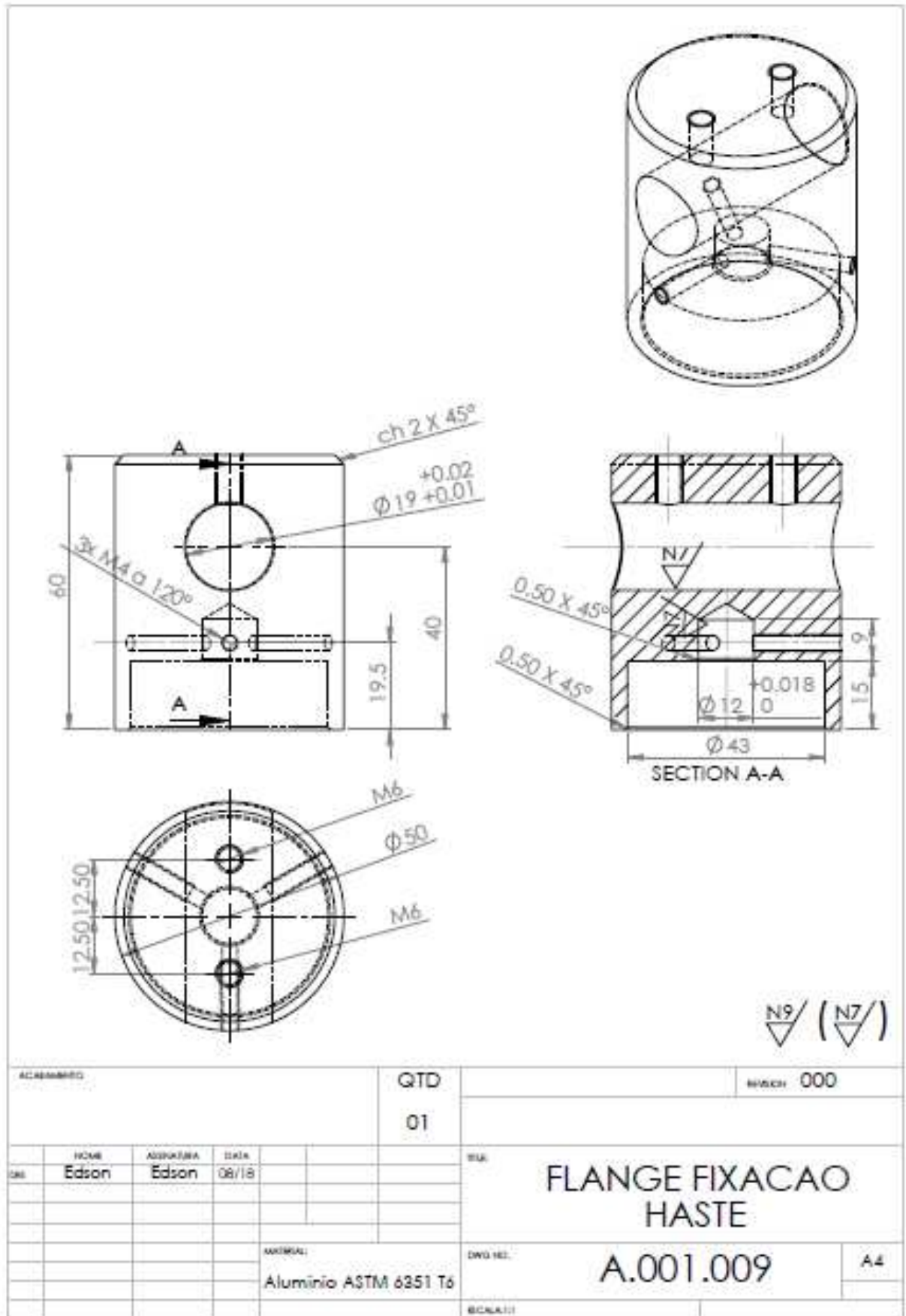


| | | | | | | | |
|------------|-------|----------|-------|--------------|---------|-----------|-----|
| ACABAMENTO | | | | QTD | REVISÃO | | 000 |
| | | | | 01 | | | |
| DES | NOME | APROVADA | DATA | TÍTULO | | | |
| | Edson | Edson | 08/18 | ASA | | | |
| | | | | MATERIAL | | DESENHO | A4 |
| | | | | AÇO INOX 304 | | A.001.007 | |
| | | | | ESCALA:1:1 | | | |

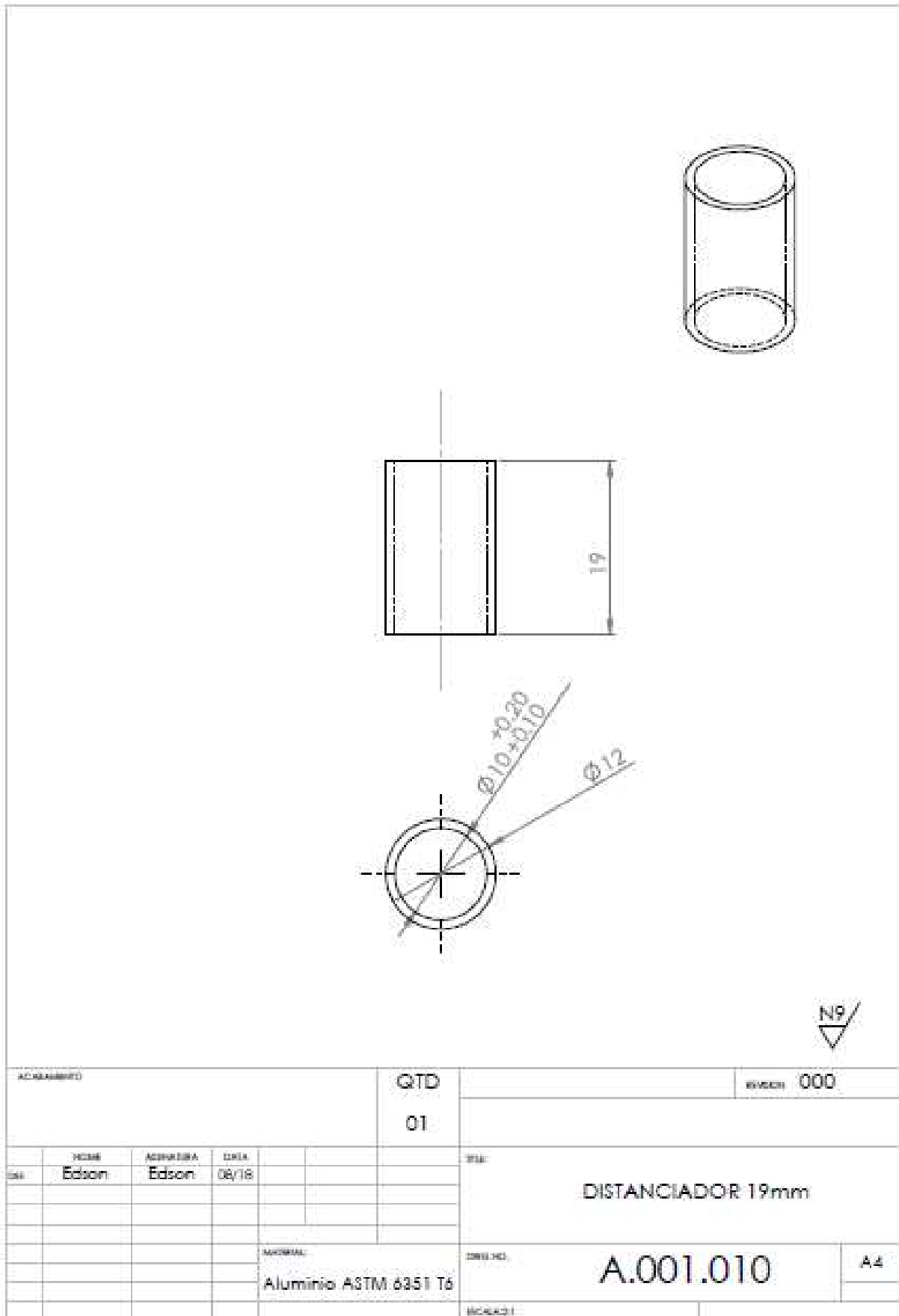
APÊNDICE H – DESENHO DA FLANGE FIXAÇÃO TIRANTES



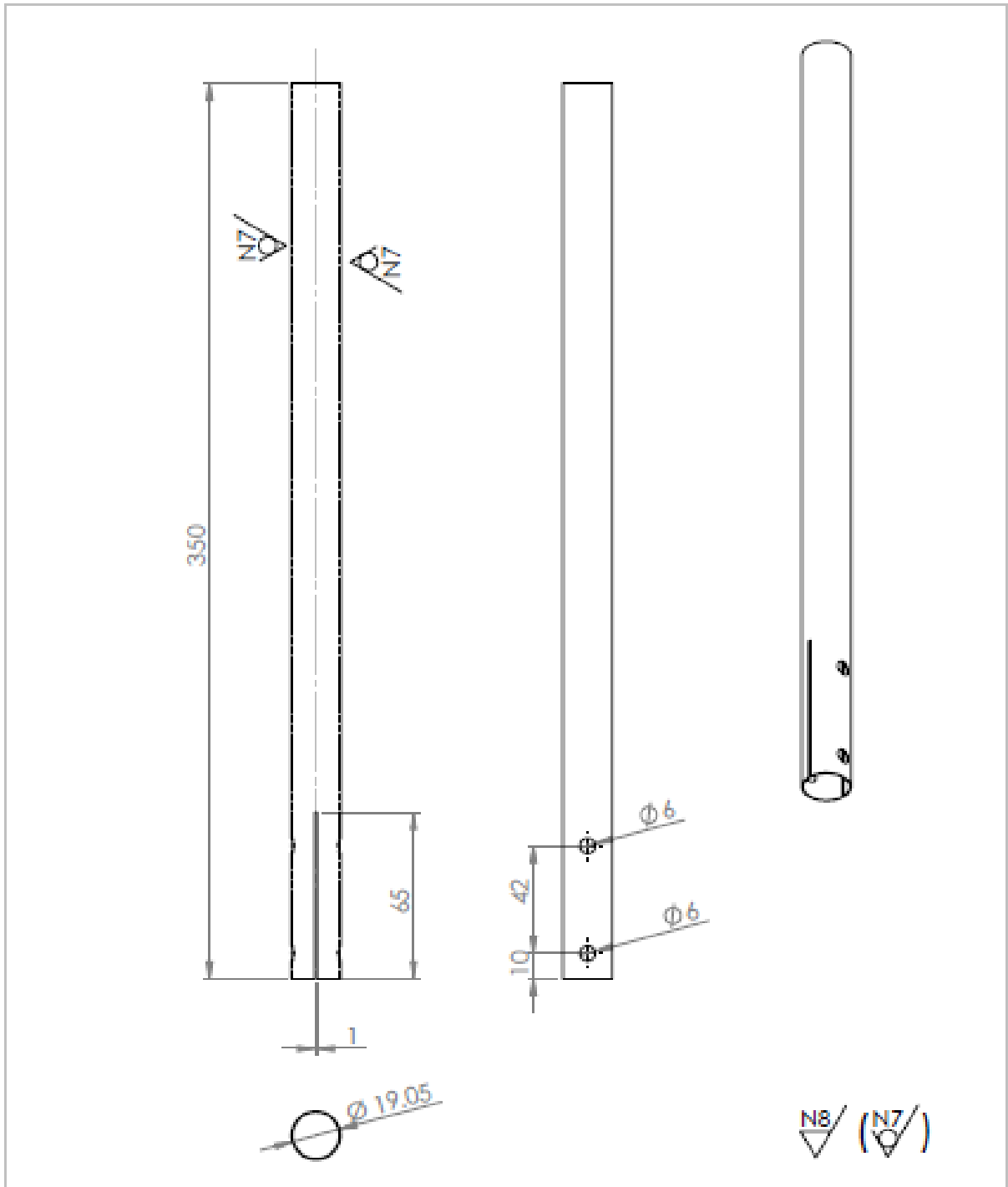
APÊNDICE I – DESENHO DA FLANGE FIXAÇÃO HASTE



APÊNDICE J – DESENHO DO DISTANCIADOR 19MM

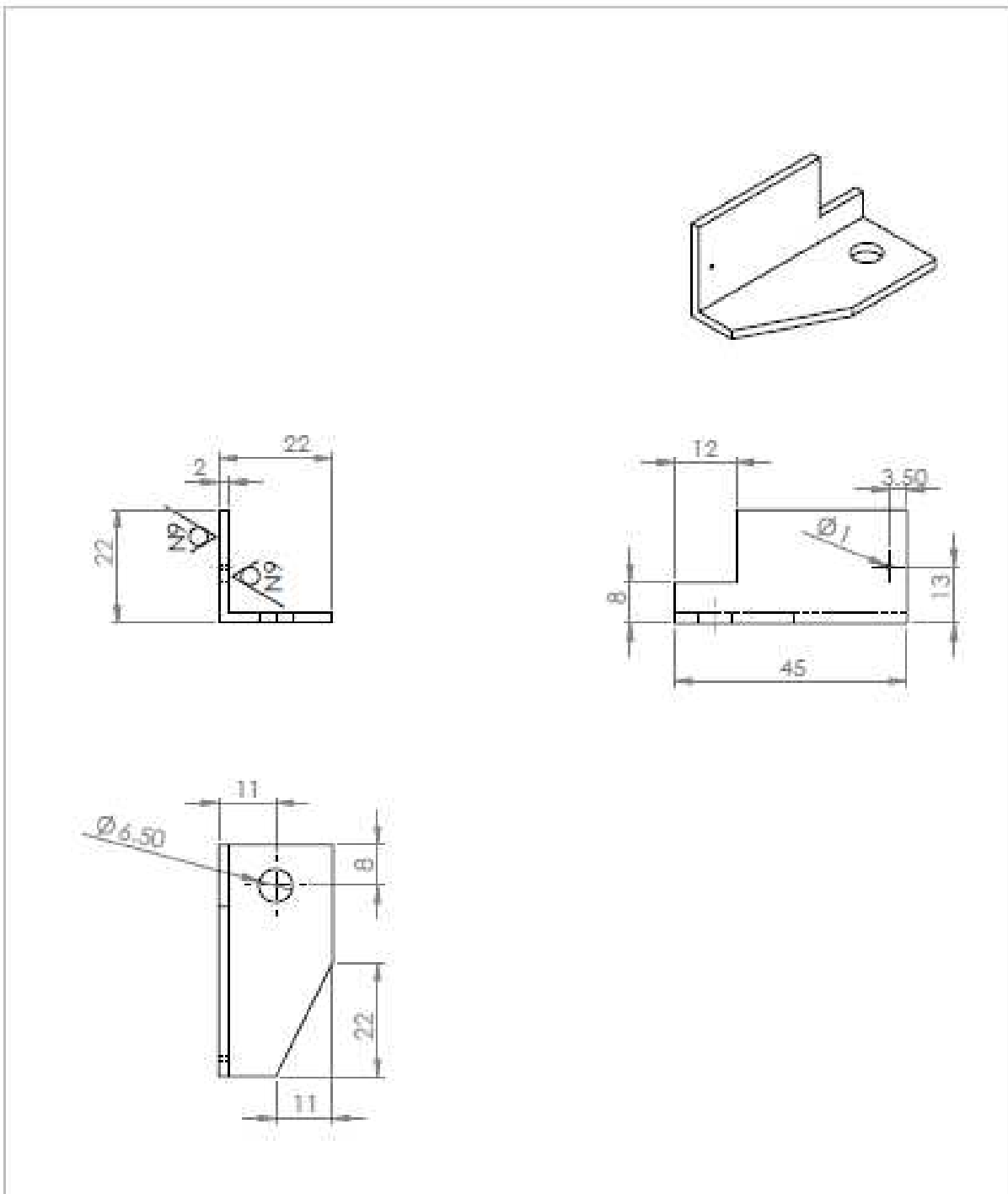


APÊNDICE K – DESENHO DA HASTE ASA



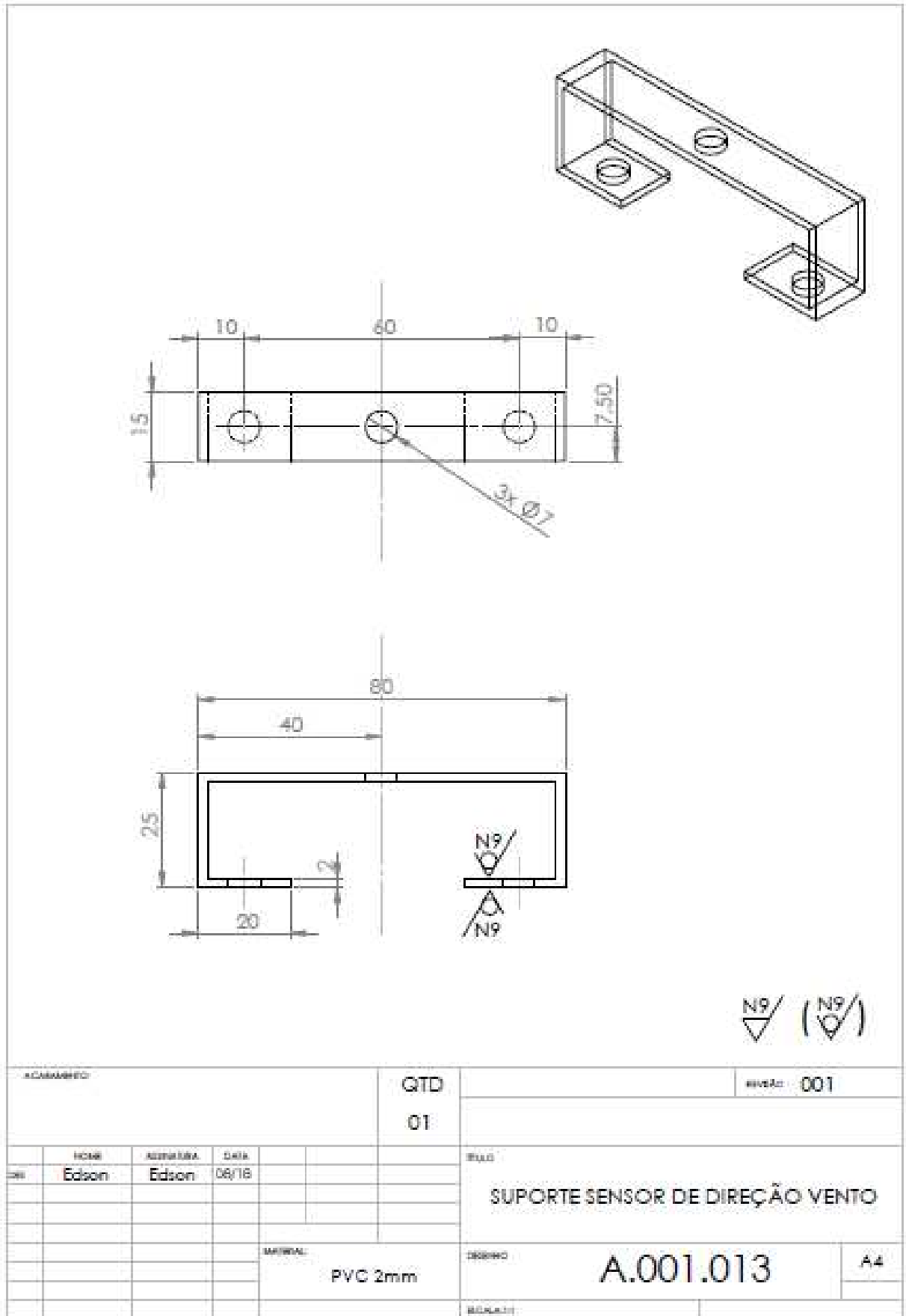
| | | | | | | | |
|--------|-------|-----------|-------|---|--|-------------------------|--|
| PICK: | | | | QTD 01 | | REVISION 000 | |
| DRWBY | NAME | SIGNATURE | DATE | TITLE | | | |
| CHED | Edson | Edson | 08/18 | HASTE ASA | | | |
| APPROV | | | | | | | |
| MFG | | | | | | | |
| Q.A. | | | | MATERIAL: Aluminio ASTM 6351-T6 (Tubo $\varnothing 3/4" \times 1/64"$) | | DWG NO. A.001.011 | |
| | | | | WEIGHT: | | SCALE: 1:1 SHEET 1 OF 1 | |
| | | | | | | A4 | |

APÊNDICE L – DESENHO DO SUPORTE SENSOR DE VELOCIDADE

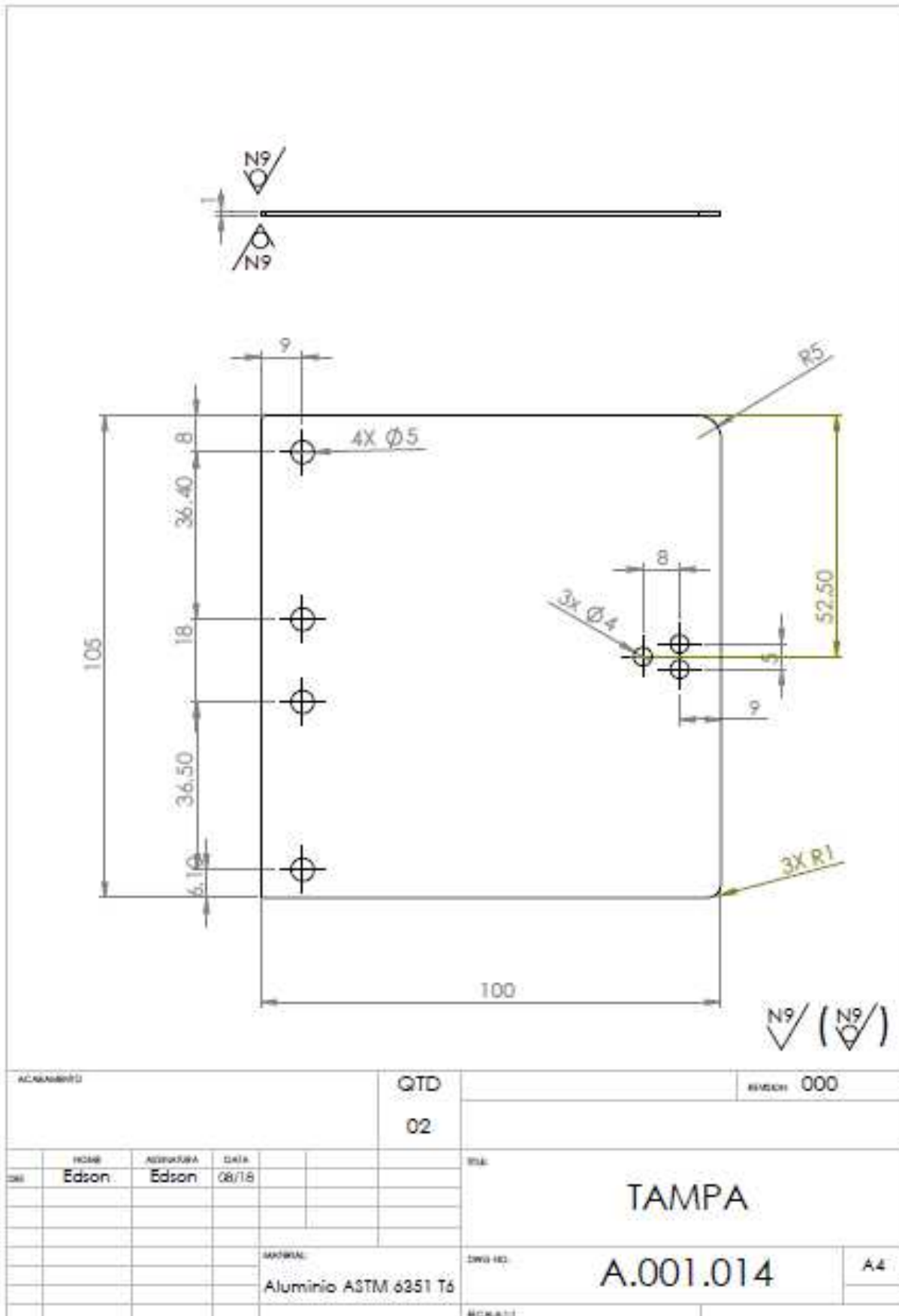


| | | | | | | | |
|---------------------|---------------|-------------------|---------------|--|--|--------------|--|
| ACABAMENTO | | | | QTD 01 | | REVISÃO: 000 | |
| PROJ | NOME Edson | APROVADO Edson | DATA 08/18 | TÍTULO SUPORTE SENSOR DE VELOCIDADE | | | |
| MATERIAL PVC 2mm | | | | DWG NO. A.001.012 | | A4 | |
| ESCALA: 1:1 | | | | | | | |

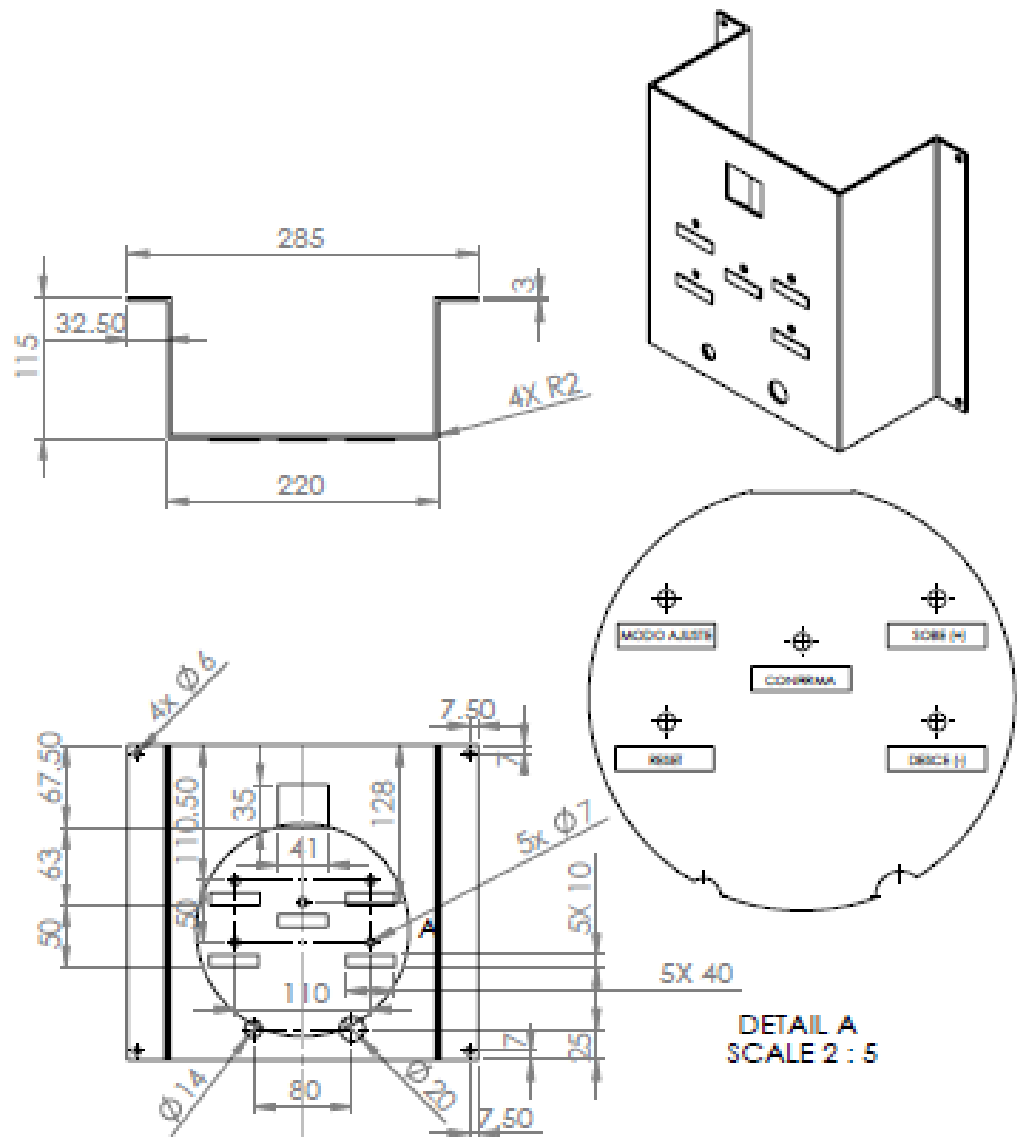
APÊNDICE M – DESENHO DO SUPORTE SENSOR DE DIREÇÃO VENTO



APÊNDICE N – DESENHO DA TAMPA

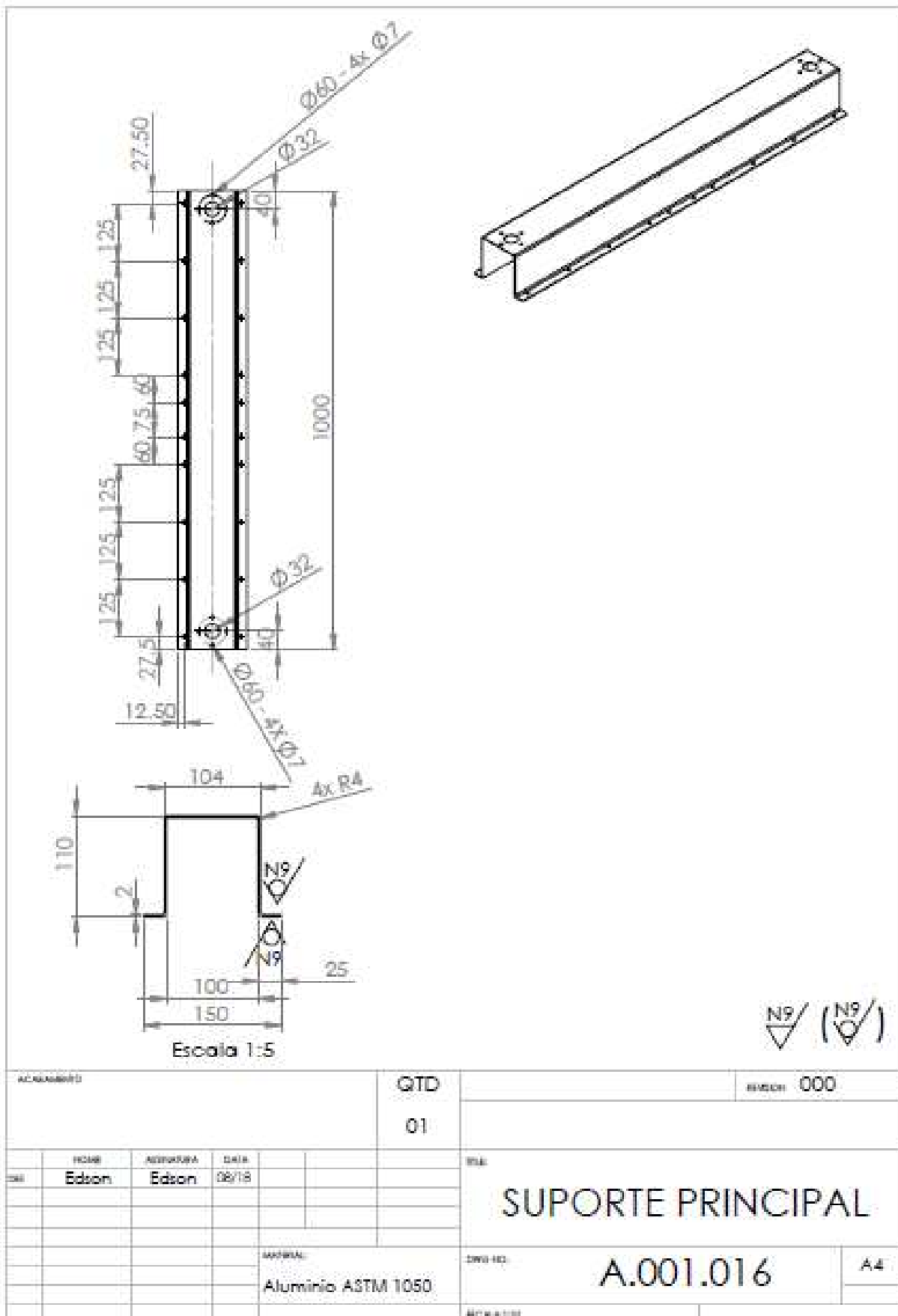


APÊNDICE O – DESENHO DA TAMPA PRINCIPAL

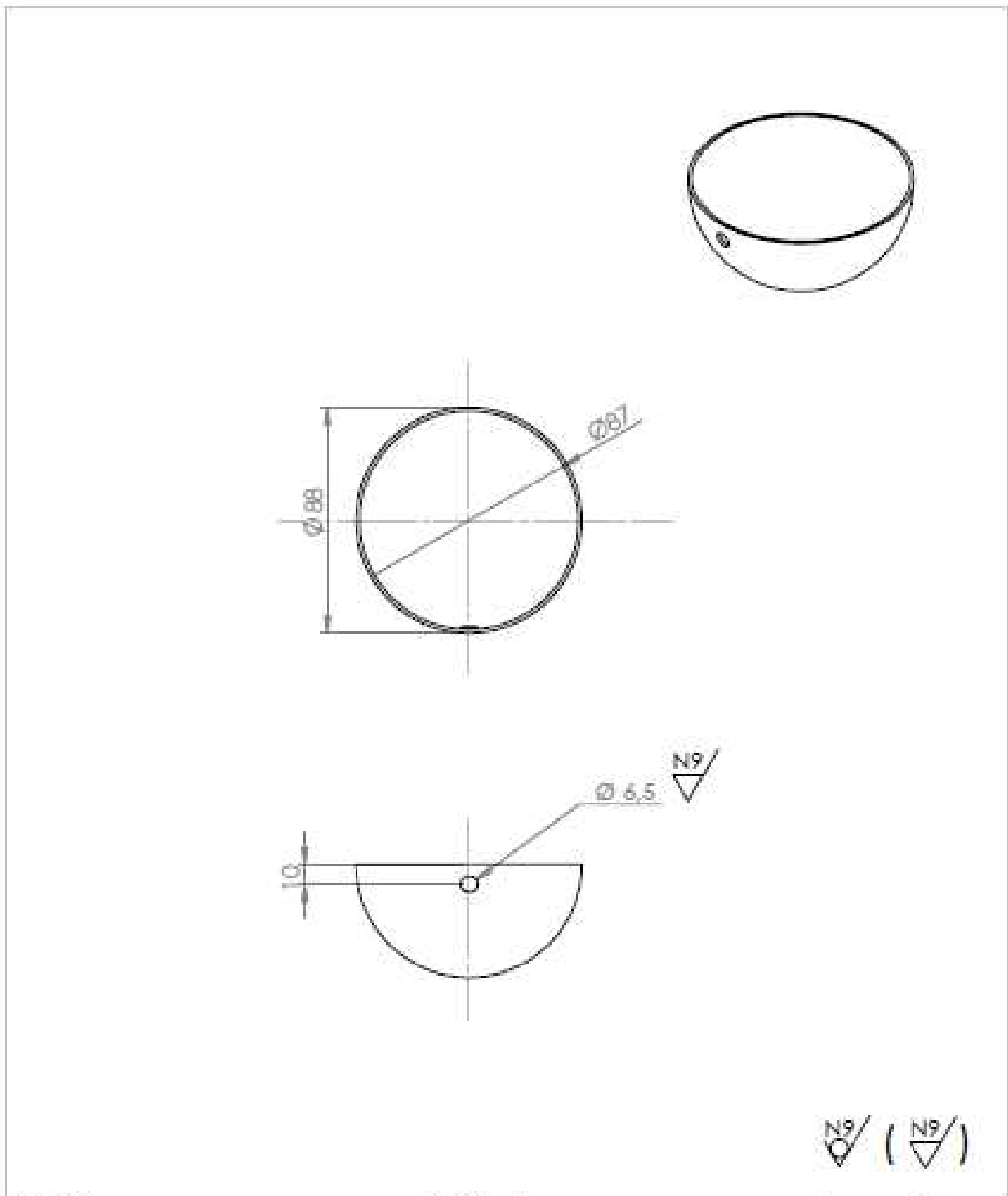


| | | | | | | | |
|------------|-------|----------|-------|-------------------------------|--|------------|--|
| ACABAMENTO | | | | GTD | | REVISO 000 | |
| | | | | 01 | | | |
| QTD | NOME | APROVADA | DATA | TÍTULO | | | |
| | Edson | Edson | 08/18 | TAMPA PRINCIPAL | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | MATERIAL: | | DWG NO. | |
| | | | | Acilico Branco Leitoso 3mm | | A.001.015 | |
| | | | | | | A4 | |
| | | | | | | ESCALA: | |

APÊNDICE P – DESENHO DO SUPORTE PRINCIPAL

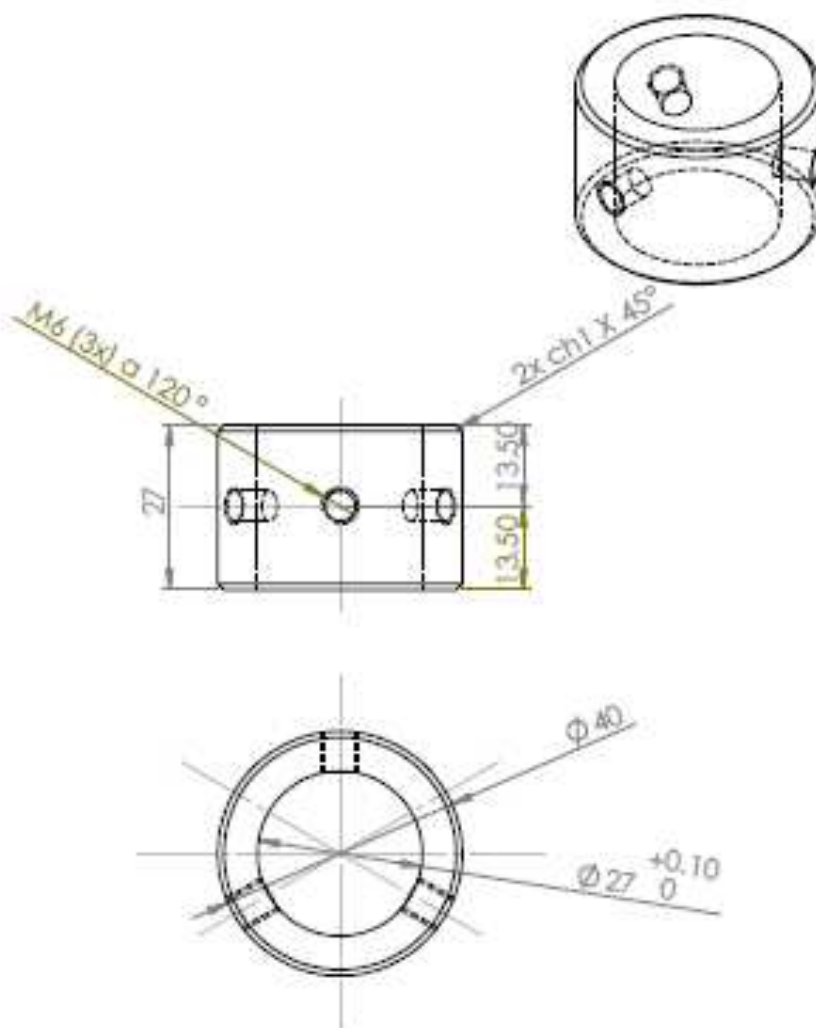


APÊNDICE Q – DESENHO DA CONCHA



| | | | | | | | |
|------------|-------|----------|-------|-----------------------|--|--------------|--|
| ACABAMENTO | | | | GTD | | REVISAO: 000 | |
| | | | | 03 | | | |
| DES | NOME | ACTIVADA | DATA | TITULO | | | |
| | Edson | Edson | 08/18 | CONCHA | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | MATERIAL | | Des. de | |
| | | | | ALUMINIO ASTM 6351-T6 | | A.001.017 | |
| | | | | | | A4 | |
| | | | | MATERIAL | | | |

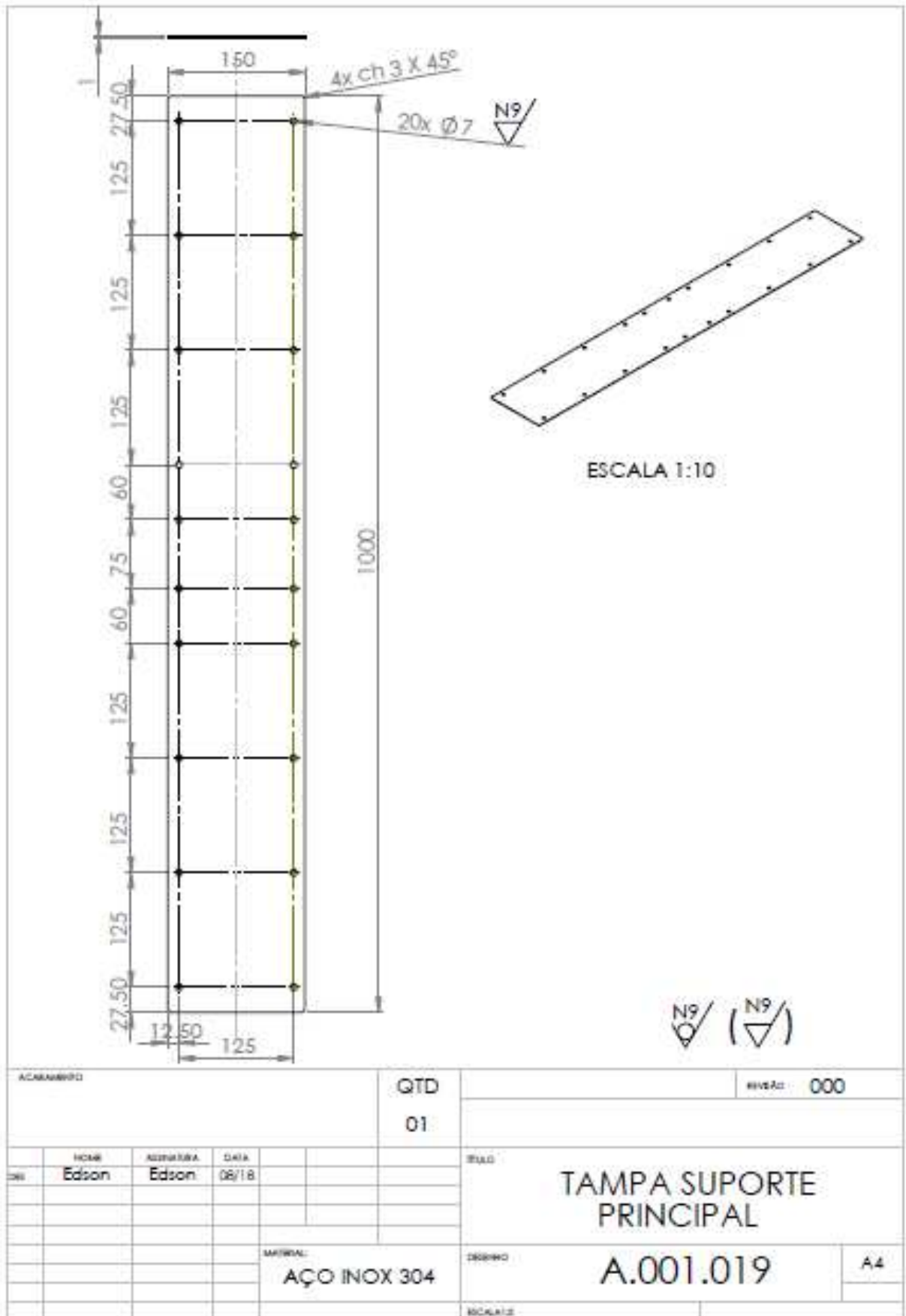
APÊNDICE R – DESENHO DO ANEL DE SUPORTE



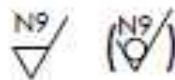
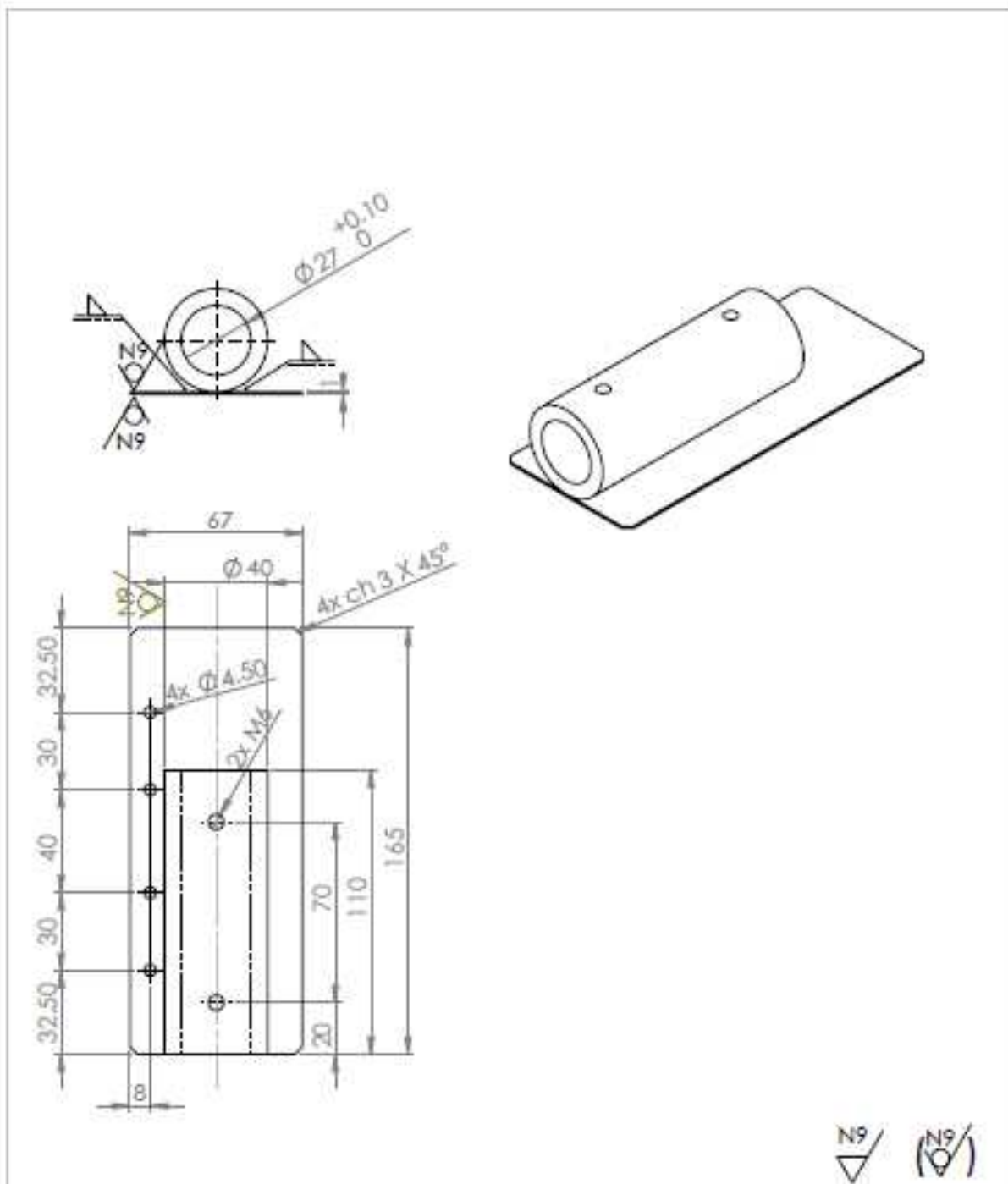
N9

| | | | | | |
|--------------|-------|------------|-------|-----------------|-----|
| ACABAMENTO | | | | QTD | 000 |
| | | | | 01 | |
| DES | NOME | ASSINATURA | DATA | TÍTULO | |
| | Edson | Edson | 08/18 | ANEL DE SUPORTE | |
| MATERIAL: | | | | DESCRIÇÃO | A4 |
| AÇO INOX 304 | | | | A.001.018 | |
| REVISÃO | | | | | |

APÊNDICE S – DESENHO DA TAMPA SUPORTE PRINCIPAL

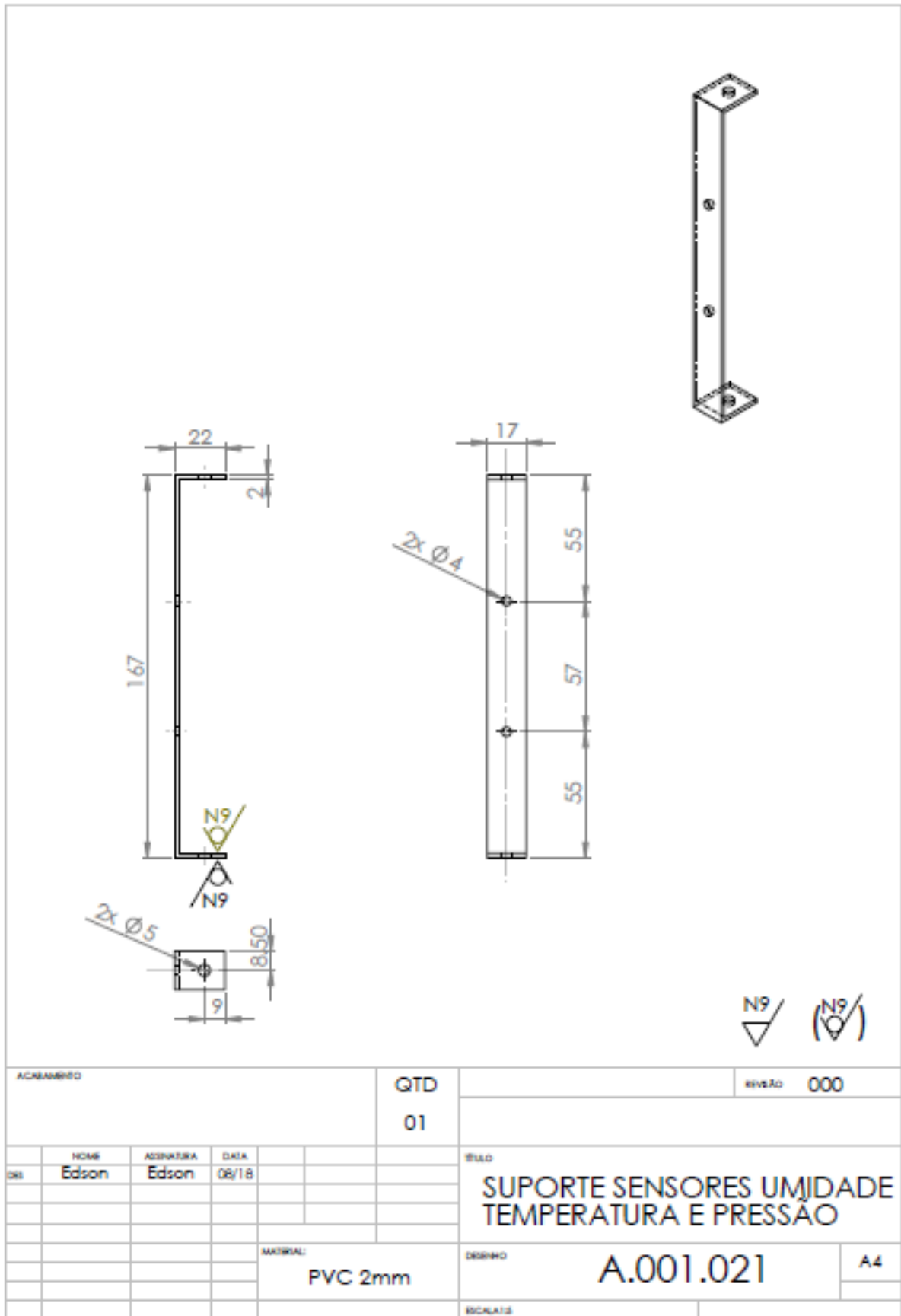


APÊNDICE T – DESENHO DO SUPORTE CAIXA ABRIGO SENSORES

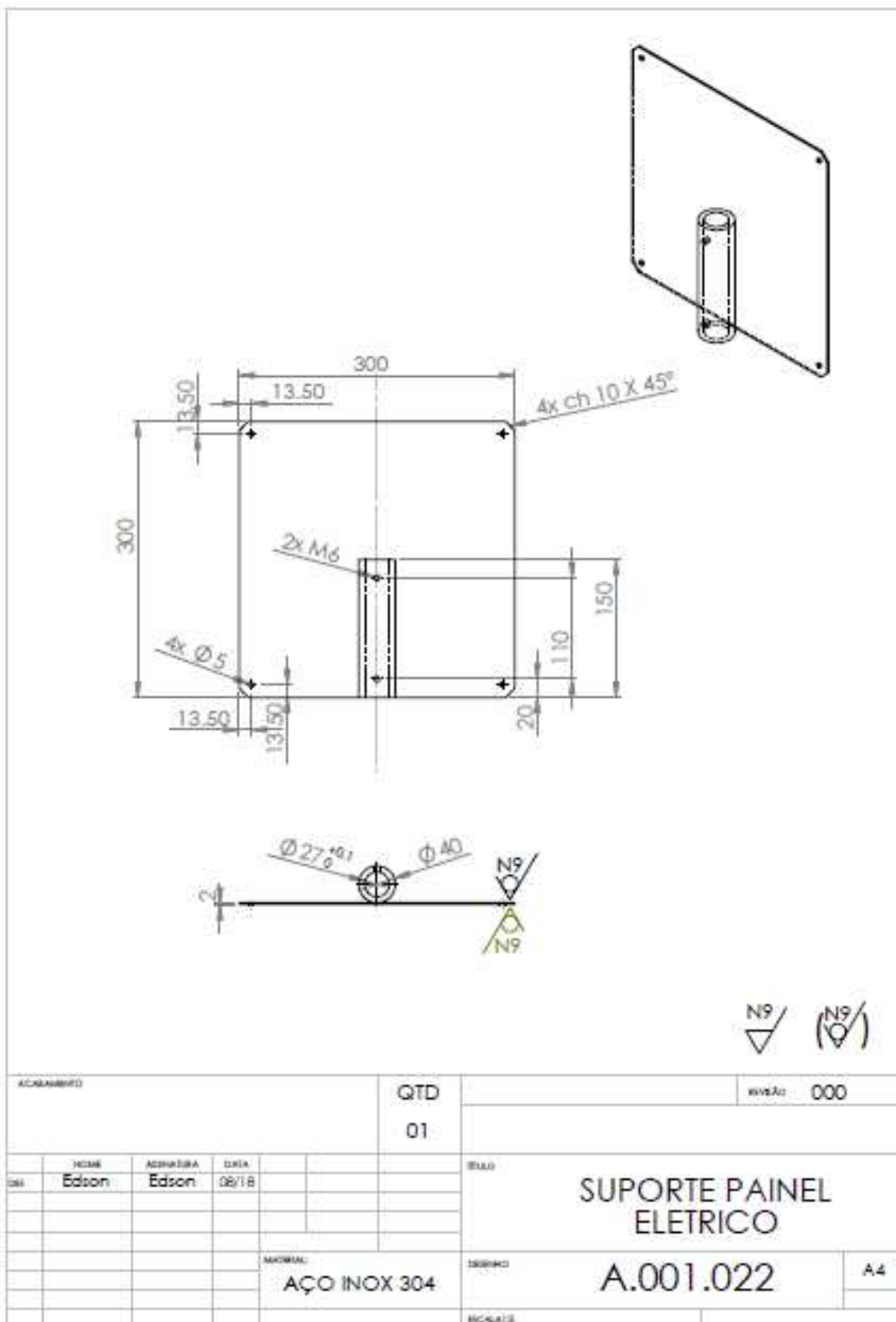


| | | | | | |
|------------|-------|------------|--------------|-------------------------------|----|
| ACABAMENTO | | | QTD | EVS:00 000 | |
| | | | 01 | | |
| DES | NOME | ASSINATURA | DATA | TITULO | |
| | Edson | Edson | 08/18 | SUPORTE CAIXA ABRIGO SENSORES | |
| | | | | | |
| | | | MATERIAL: | DESENHO | A4 |
| | | | AÇO INOX 304 | A.001.020 | |
| | | | | REVISÃO | |

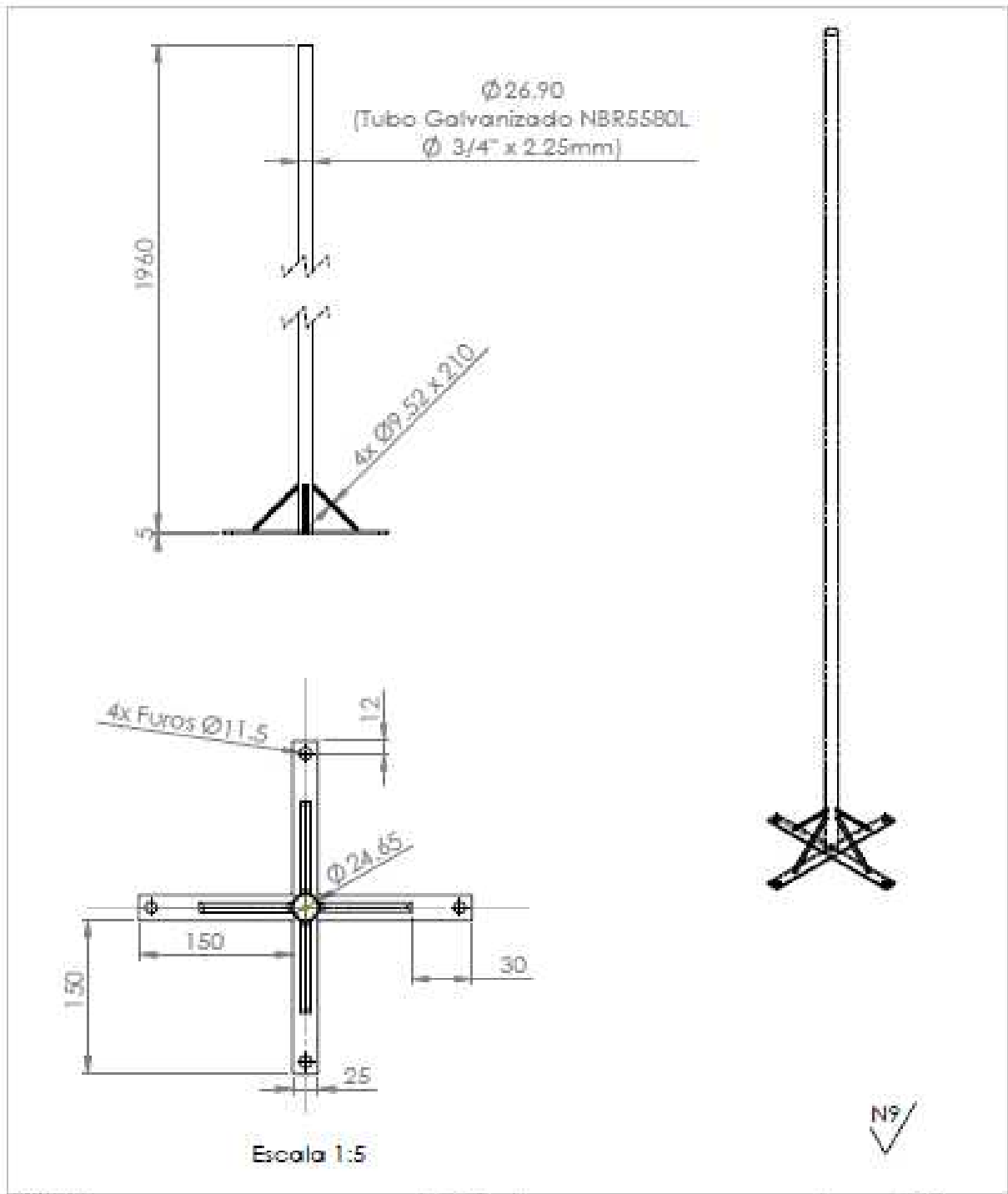
APÊNDICE U – DESENHO DO SUPORTE SENSORES UMIDADE, TEMPERATURA E PRESSÃO



APÊNDICE V – DESENHO DO SUPORTE PAINEL ELÉTRICO

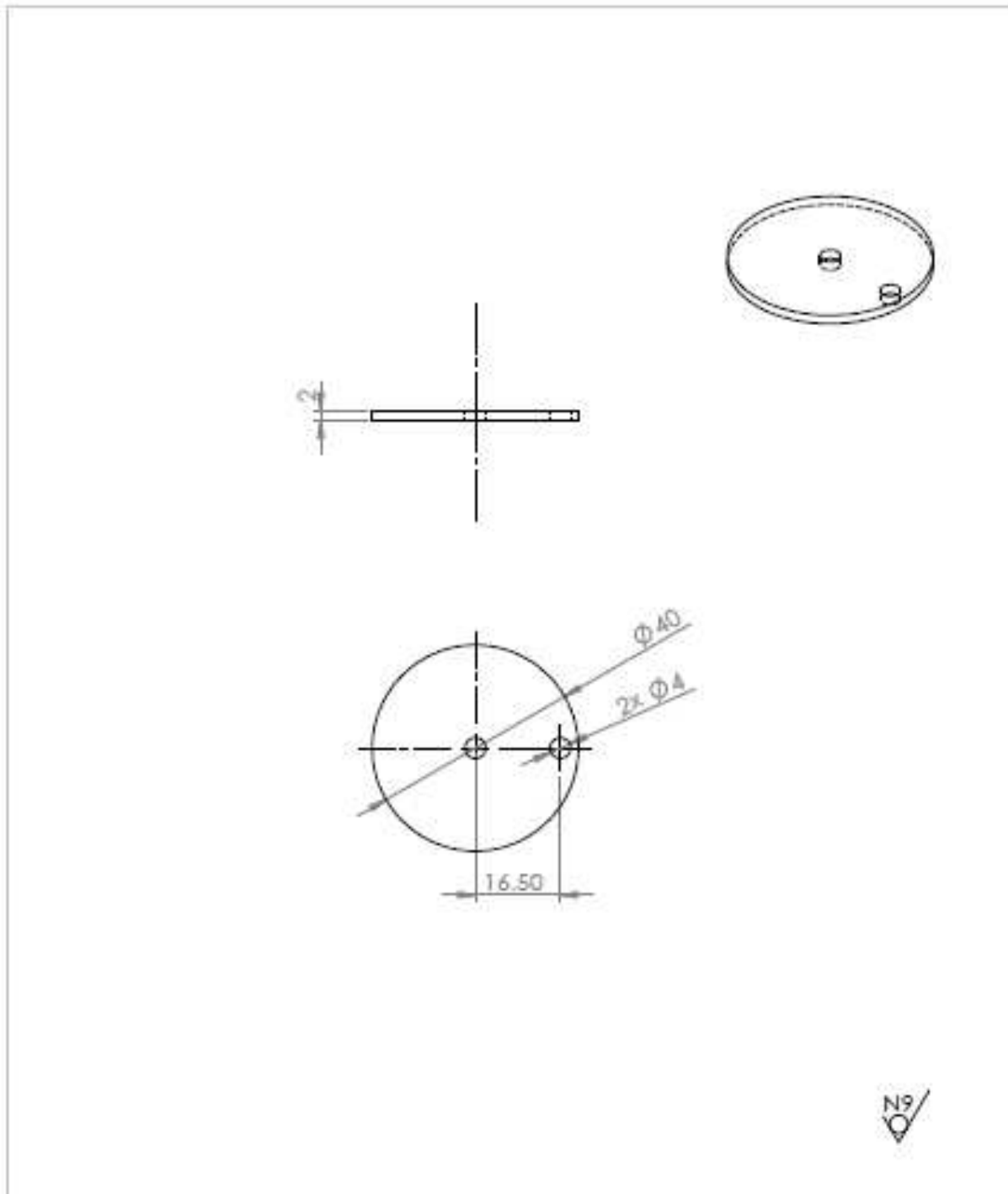


APÊNDICE W – DESENHO DO SUPORTE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA



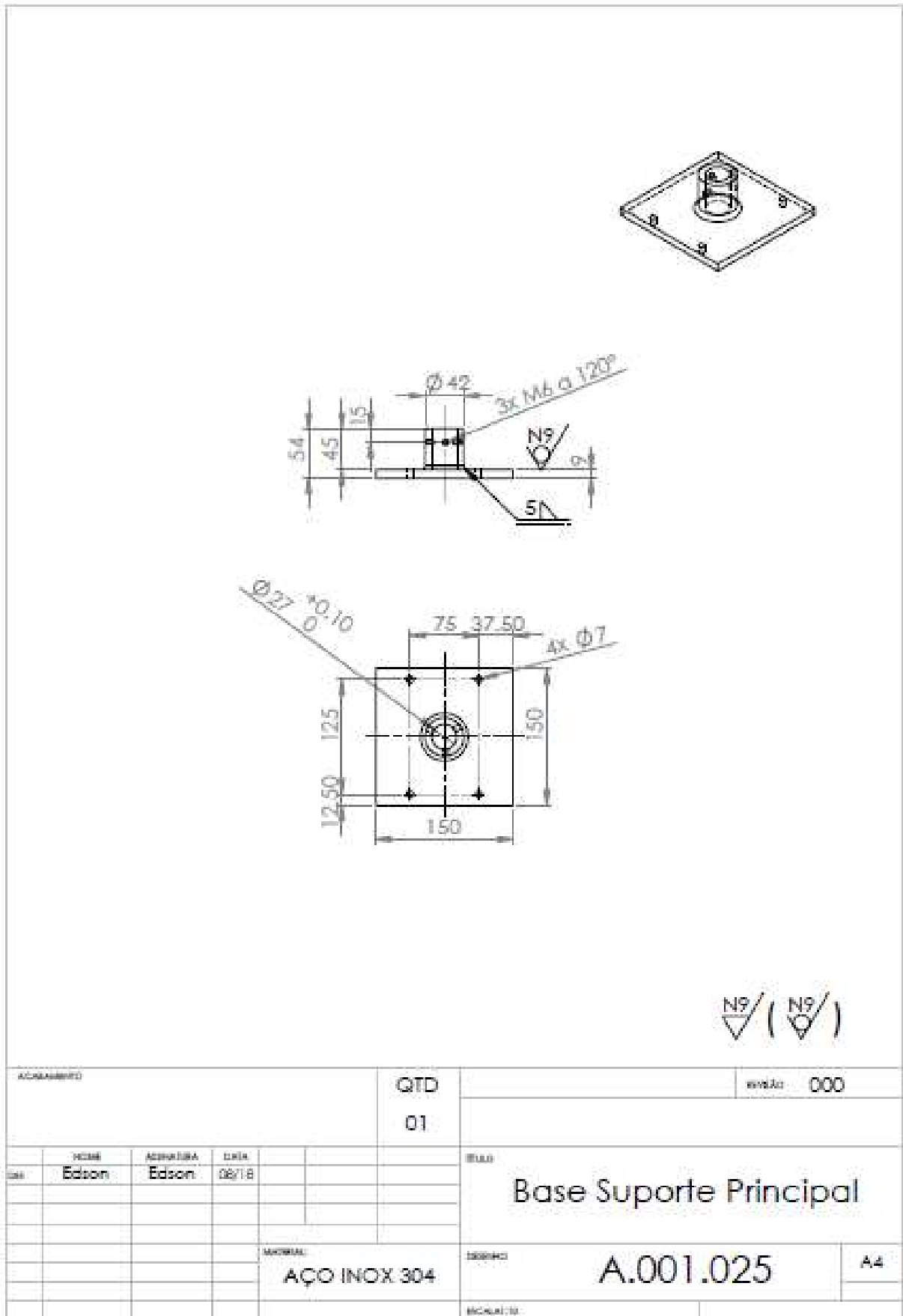
| | | | | | | |
|---------------------------|-------|----------|-------|-------------------------------|-------|--|
| ACABAMENTO | | | | QTD | BOMAC | |
| Base Pintura Preta | | | | 01 | 000 | |
| DES | NOME | ACRÉDITO | DATA | TÍTULO | | |
| | Edson | Edson | 08/18 | SUPORTE ESTACAO METEOROLÓGICA | | |
| MATERIAL | | | | DESCRIÇÃO | A4 | |
| AÇO ST-52 e AÇO ASTM A-36 | | | | A.001.023 | | |
| ESCALA 1:5 | | | | | | |

APÊNDICE X – DESENHO DO DISCO SUPORTE IMÃ



| | | | | | |
|------------|-------|------------|-------|-------------------|-----------|
| ACABAMENTO | | | | QTD | 000 |
| | | | | 01 | |
| USO | USO | ACABAMENTO | DATA | TÍTULO | |
| | Edson | Edson | 08/18 | Disco Suporte Ima | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | MATERIAL | DESENHO |
| | | | | PVC | A.001.024 |
| | | | | | A4 |
| | | | | ESCALA: 1:1 | |

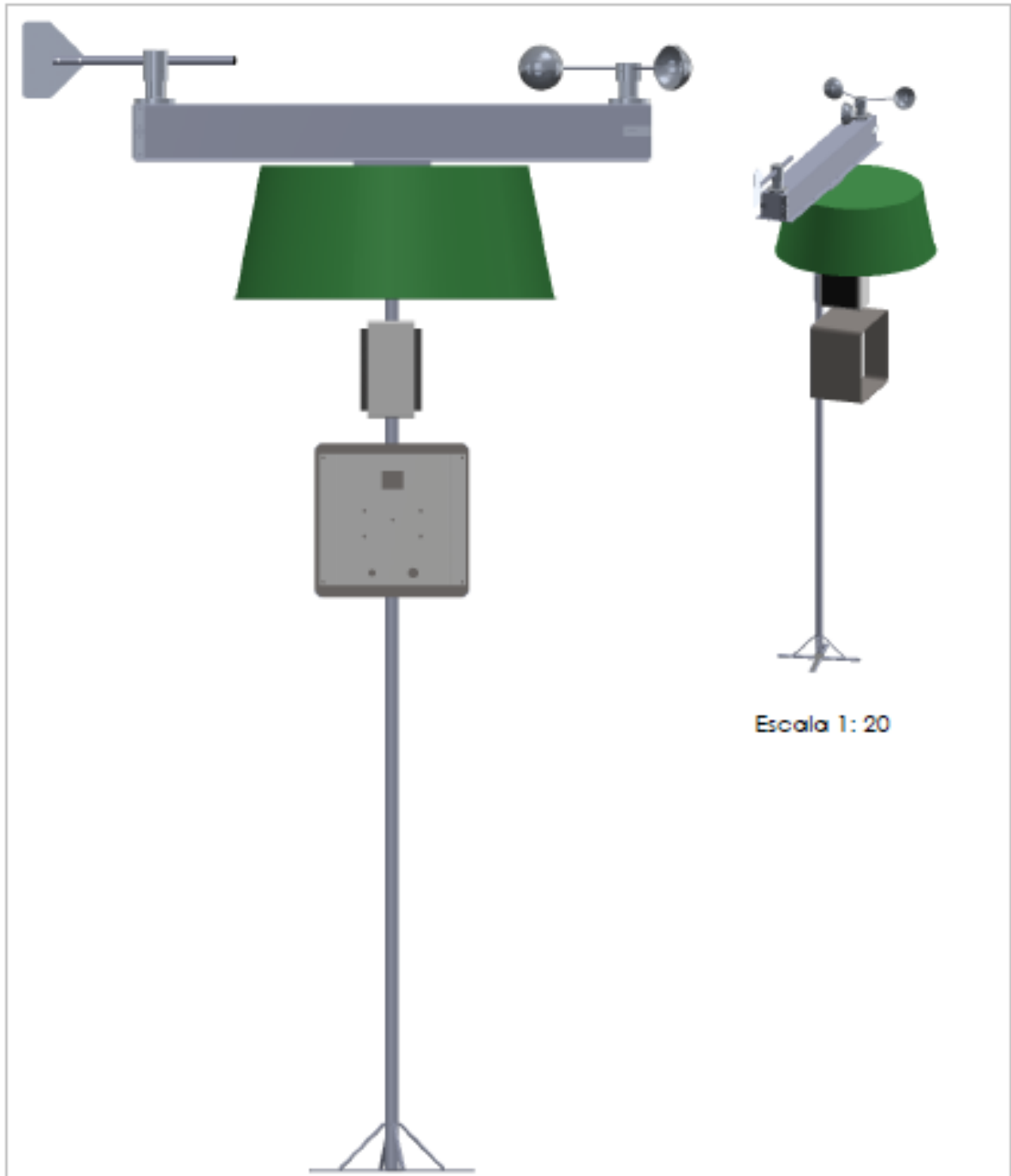
APÊNDICE Y – DESENHO DA BASE SUPORTE PRINCIPAL



APÊNDICE Z – LISTA DE COMPONENTES DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DESENHO A.001.000/0

| LISTA DE COMPONENTES DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DESENHO A.001.000 | | | | |
|---|---------------------------|--|----------------|------------|
| POSIÇÃO | MATERIAL | DENOMINAÇÃO | NÚMERO DESENHO | QUANTIDADE |
| 10 | AÇO SAE 1020 | TIRANTE CONCHA | A.001.001 | 3 |
| 20 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | DISCO ENCODER | A.001.002 | 1 |
| 30 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | EIXO ROTOR | A.001.003 | 2 |
| 40 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | ARRUELA | A.001.004 | 2 |
| 50 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | DISTANCIADOR 35,4mm | A.001.005 | 2 |
| 60 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | FLANGE | A.001.006 | 2 |
| 70 | AÇO INOX 304 | ASA | A.001.007 | 1 |
| 80 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | FLANGE FIXAÇÃO TIRANTES | A.001.008 | 1 |
| 90 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | FLANGE FIXAÇÃO HASTE ASA | A.001.009 | 1 |
| 100 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | DISTANCIADOR 19mm | A.001.010 | 1 |
| 110 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | HASTE ASA | A.001.011 | 1 |
| 120 | PVC | SUPORTE SENSOR DE VELOCIDADE VENTO | A.001.012 | 1 |
| 130 | PVC | SUPORTE SENSOR DIREÇÃO VENTO | A.001.013 | 1 |
| 140 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | TAMPA | A.001.014 | 2 |
| 150 | ACRÍLICO 3mm | PLACA PAINEL ELÉTRICO | A.001.015 | 1 |
| 160 | ALUMÍNIO ASTM 1050 | SUPORTE PRINCIPAL | A.001.016 | 1 |
| 170 | ALUMÍNIO ASTM 6351-T6 | CONCHA | A.001.017 | 3 |
| 180 | AÇO INOX 304 | ANEL DE SUPORTE | A.001.018 | 2 |
| 190 | AÇO INOX 304 | TAMPA SUPORTE PRINCIPAL | A.001.019 | 1 |
| 200 | AÇO INOX 304 | SUPORTE CAIXA ABRIGO SENSORES | A.001.020 | 1 |
| 210 | PVC | SUPORTE SENSORES UMIDADE, TEMPERATURA E PRESSÃO | A.001.021 | 1 |
| 220 | AÇO INOX 304 | SUPORTE PAINEL ELÉTRICO | A.001.022 | 1 |
| 230 | AÇO ST-52 / AÇO ASTM A-36 | SUPORTE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA | A.001.023 | 1 |
| 240 | PVC | DISCO SUPORTE IMÃ | A.001.024 | 1 |
| 250 | AÇO INOX 304 | BASE SUPORTE PRINCIPAL | A.001.025 | 1 |
| 260 | ITENS COMERCIAIS | IMÃ DIÂMETRO EXTERNO 15MM X DIÂMETRO INTERNO 5MM X ESPESSURA 3MM | | 1 |
| 270 | ITENS COMERCIAIS | TAMPA DE PLÁSTICO REDONDA COR PRETA 19MM PARA TUBO ALUMÍNIO | | 1 |
| 280 | ITENS COMERCIAIS | FERROLHO PARA CADEADO 50X19MM ZINCADO (ROCHA) | | 2 |
| 290 | ITENS COMERCIAIS | DOBRADIÇA DE FERRO ZINCADO 51X38MM (GUBLER) | | 4 |
| 300 | ITENS COMERCIAIS | ABRIGO SENSORES | | 1 |
| 310 | ITENS COMERCIAIS | QUADRO ELÉTRICO | | 1 |
| 320 | ITENS COMERCIAIS | BACIA 80L BA80 | | 1 |
| 330 | ITENS COMERCIAIS | ANEL TRAVA PARA FURO DIÂMETRO DE 26mm DIN 472 | | 8 |
| 340 | ITENS COMERCIAIS | ROLAMENTO RÍGIDO DE ESFERA 6000 - ZZ (NSK) | | 4 |
| 350 | ITENS COMERCIAIS | PORCA SEXTAVADA INOX M6 DIN 934 | | 50 |
| 360 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA INOX M6X30 DIN 933 | | 4 |
| 370 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA INOX M6X25 DIN 933 | | 8 |
| 380 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA INOX M6X15 DIN 933 | | 29 |
| 390 | ITENS COMERCIAIS | ARRUELA LISA INOX M6 DIN 125A | | 62 |
| 400 | ITENS COMERCIAIS | ARRUELA DE PRESSÃO INOX M6 DIN 127B | | 28 |
| 410 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO ALLEN SEM CABEÇA COM SEXTAVADO INTERNO INOX M6X20 DIN 913 | | 2 |
| 420 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO CABEÇA PANELA PHILLIPS INOX M5X25 DIN 7985 | | 2 |
| 430 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO CABEÇA PANELA PHILLIPS INOX M5X10 DIN 7985 | | 4 |
| 440 | ITENS COMERCIAIS | ARRUELA LISA INOX M5 DIN 125A | | 8 |
| 450 | ITENS COMERCIAIS | ARRUELA DE PRESSÃO INOX M5 DIN 127B | | 6 |
| 460 | ITENS COMERCIAIS | PORCA SEXTAVADA INOX M5 DIN 934 | | 6 |
| 470 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO ALLEN SEM CABEÇA COM SEXTAVADO INTERNO INOX M4X20 DIN 913 | | 6 |
| 480 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO CABEÇA CHATA COM SEXTAVADO INTERNO INOX M4X10 DIN 7991 | | 16 |
| 490 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO CABEÇA PANELA PHILLIPS INOX M4X10 DIN 7985 | | 21 |
| 500 | ITENS COMERCIAIS | ARRUELA LISA INOX M4 DIN 125A | | 43 |
| 510 | ITENS COMERCIAIS | ARRUELA DE PRESSÃO INOX M4 DIN 127B | | 37 |
| 520 | ITENS COMERCIAIS | PORCA SEXTAVADA INOX M4 DIN 934 | | 16 |
| 530 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO CABEÇA CHATA COM SEXTAVADO INTERNO INOX M3X10 DIN 7991 | | 12 |
| 540 | ITENS COMERCIAIS | ARRUELA LISA INOX M3 DIN 125A | | 10 |
| 550 | ITENS COMERCIAIS | ARRUELA DE PRESSÃO INOX M3 DIN 127B | | 10 |
| 560 | ITENS COMERCIAIS | PORCA SEXTAVADA INOX M3 DIN 934 | | 11 |
| 570 | ITENS COMERCIAIS | PARAFUSO CABEÇA ABAULADA COM FENDA INOX M3X12 DIN 84 | | 1 |

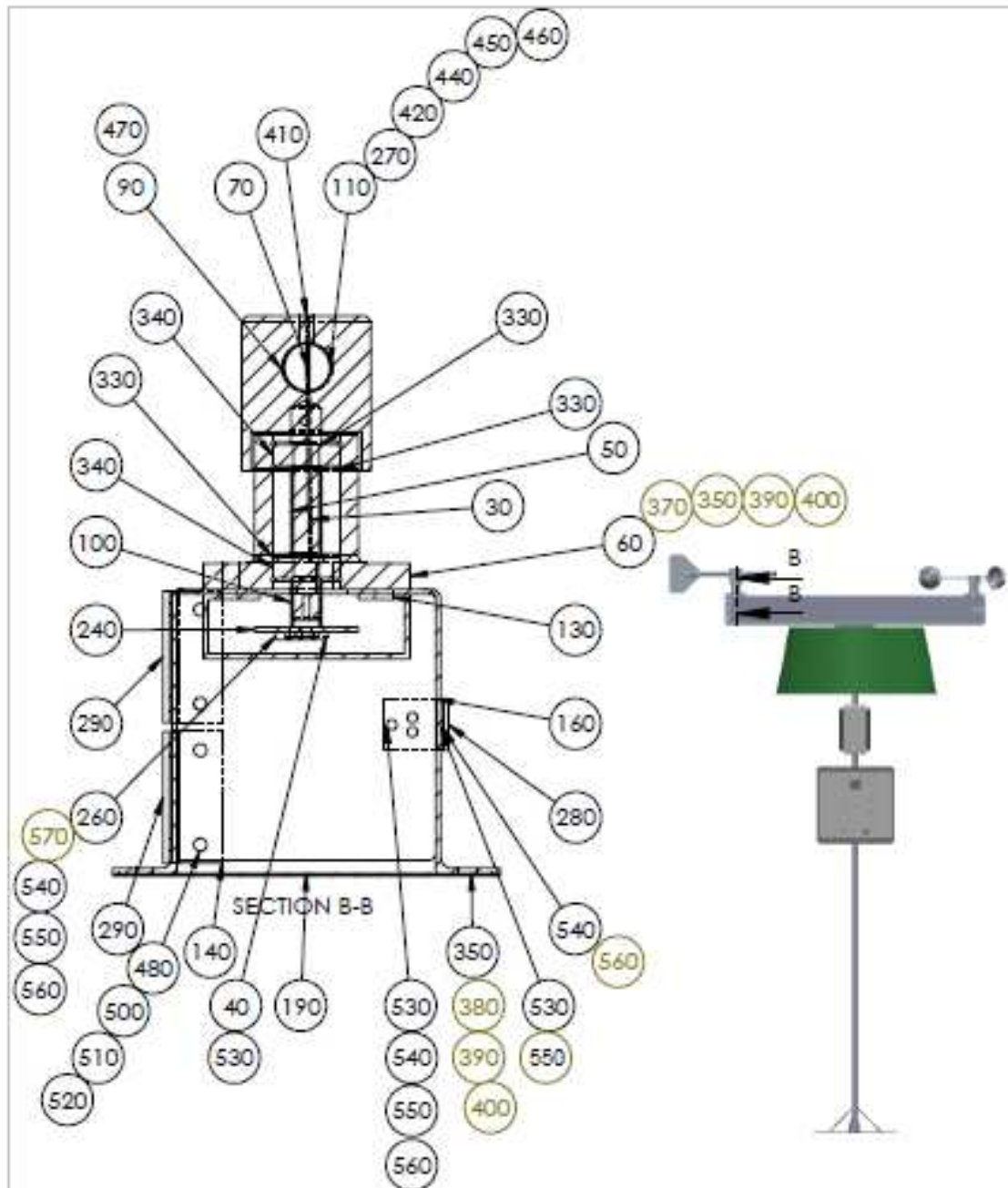
**APÊNDICE AA – DESENHO DE MONTAGEM DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
A.001.000/0**



Escala 1: 20

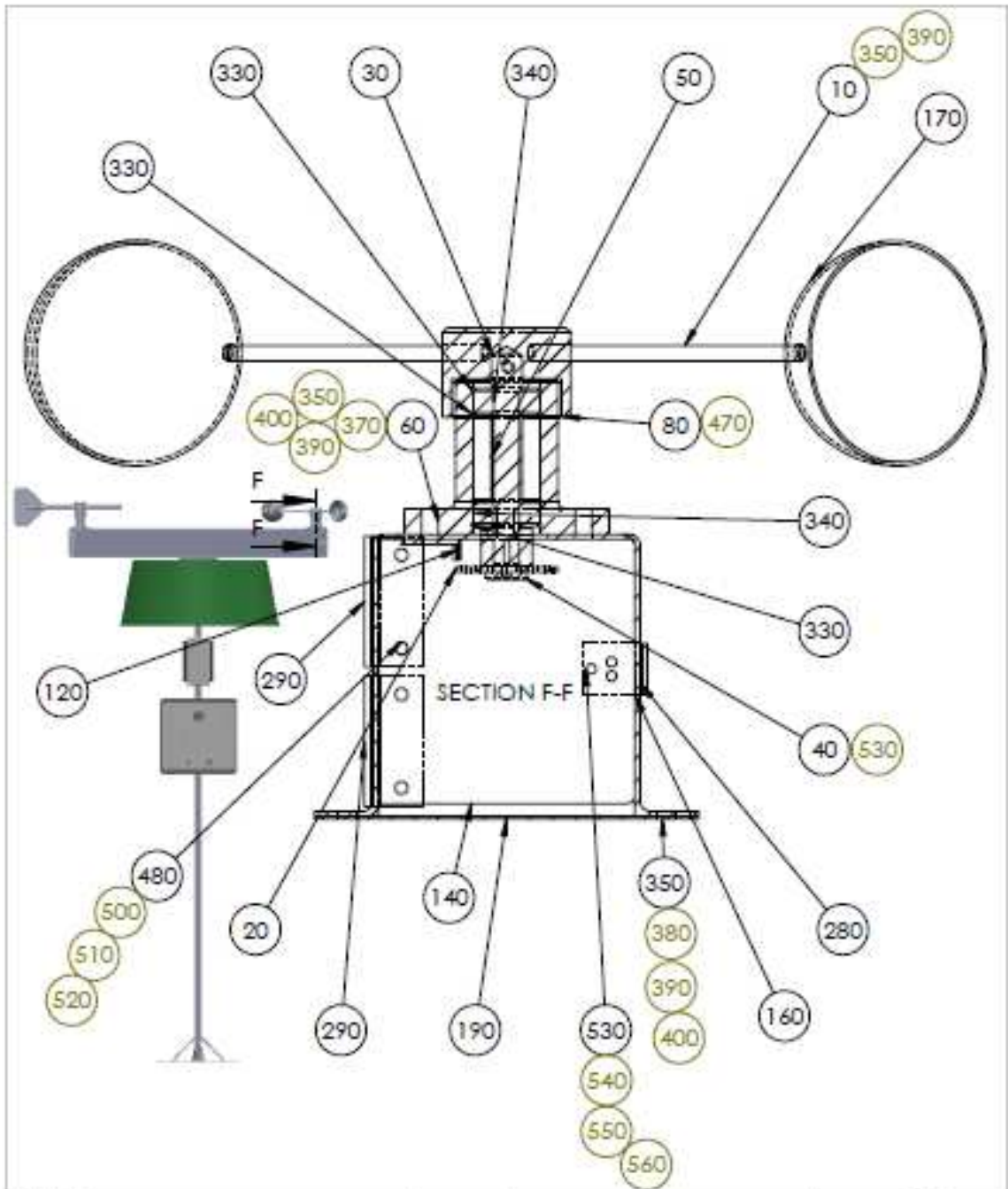
| | | | | | | |
|------------|-------|------------|----------|-----------------------|-------------|----|
| ACABAMENTO | | | | QTD | REVISÃO 000 | |
| DES | NOME | ASSINATURA | DATA | TÍTULO | | |
| | Edson | Edson | 08/18 | ESTAÇÃO METEOROLÓGICA | | |
| | | | | DESENHO | | A4 |
| | | | MATERIAL | A.001.000/0 | | |
| | | | | ESCALA: 1:20 | | |

**APÊNDICE BB – DESENHO DE MONTAGEM DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
A.001.000/1**



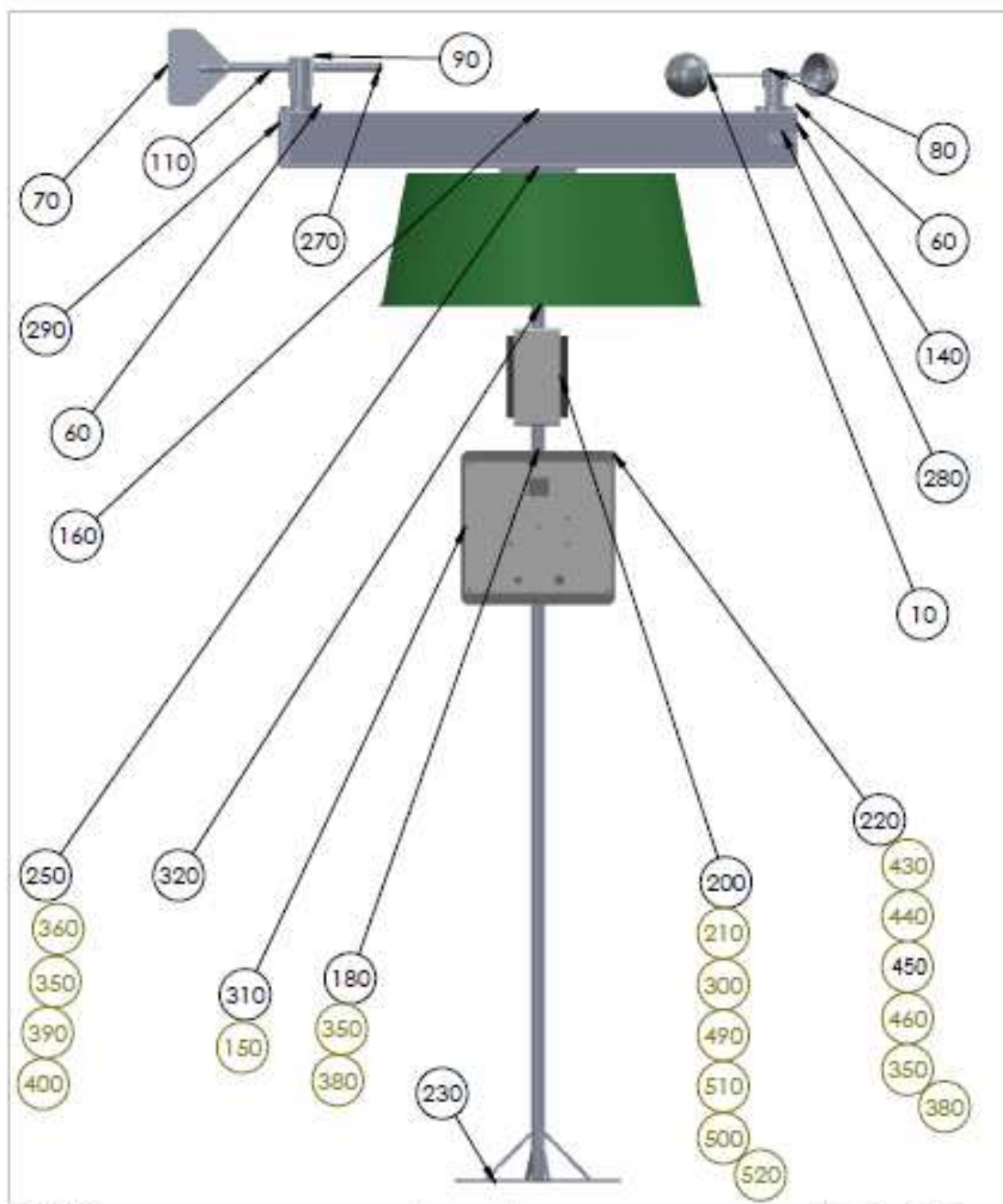
| | | | | | |
|------------|-------|---------|-------|------------------|----|
| ACABAMENTO | | | | escala 000 | |
| DES | NOME | REVISÃO | DATA | TÍTULO | |
| | Edson | Edson | 08/18 | Montagem Parte 1 | |
| | | | | ESCALA | A4 |
| | | | | REVISÃO | |

**APÊNDICE CC – DESENHO DE MONTAGEM DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
A.001.000/2**



| | | | | | |
|------------|-------|-----------|-------|------------------|-------------|
| ACABAMENTO | | | | REVISO 000 | |
| DES | HEM | ACRATA/BA | DATA | TÍTULO | |
| | Edson | Edson | 06/18 | Montagem Parte 2 | |
| | | | | DESENHO | A.001.000/2 |
| | | | | REVISÃO | A4 |

**APÊNDICE DD – DESENHO DE MONTAGEM DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
A.001.000/3**



| | | | | | |
|------------|-------|------------|-------|------------------|--|
| ACABAMENTO | | | | VERSÃO 000 | |
| DE | NOME | ASSINATURA | DATA | TÍTULO | |
| | Edson | Edson | 02/18 | Montagem Parte 3 | |
| | | | | DESENHO | |
| | | | | A.001.000/3 | |
| | | | | ESCALA: 1:1 | |
| | | | | A4 | |

APÊNDICE EE – SOFTWARE DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA

```

// Programa : Estacao Meteorologica com Arduino
// Autor : Evandro Campigoto / Edson Holz
// Carrega bibliotecas necessárias para rodar os sensores
#include <Adafruit_GFX.h> // Biblioteca gráfica do display
#include <Adafruit_PCD8544.h> // Display LCD
#include <DHT.h> // Sensor de temperatura e umidade
#include <Adafruit_BMP085.h> // Sensor de pressão
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <DS1307.h> // Relógio de tempo real
#include "ESP8266.h" // Wireless
#include <Adafruit_Sensor.h> // Velocidade do Vento
#include <Adafruit_HMC5883_U.h> // Direção do Vento
#include <SdFat.h> // Cartão de memória
// Inicialização dos sensores e componentes do projeto
SdFat sd; // Cartão de memória
  SdFile myFile;
const int chipSelect = 53;
// Direção do Vento ** Inicio **
// Atribuindo um ID para o sensor
Adafruit_HMC5883_Unified mag = Adafruit_HMC5883_Unified(199851);
String Direcao;
// Direção do Vento ** Fim **
// Velocidade do Vento - ** Inicio **
// Definição do pino
#define Hall sensor 3 // Pino digital 3
// Definição das constantes
const float pi = 3.14159265; // Numero pi
int period = 5000; // Tempo de medida(miliseconds)
int delaytime = 2000; // Time between samples (miliseconds)
int radius = 165; // Raio do anemometro(mm)
int minutoAux = 0;
// Definição das variáveis
unsigned int Sample = 0; // Numero de exemplos
unsigned int counter = 0; // sensor magnetico por sensor
unsigned int RPM = 0; // Revolução minuto
float speedwind = 0; // Velocidade do vento (m/s)
float windspeed = 0; // Velocidade do vento (km/h)
// Velocidade do Vento ** Fim **
// Wireless ** Inicio
#define CH_PD 44
#define RST 46
#define GPIO0 48
////Coloque nos campos indicados o nome e senha da sua rede WiFi
//#define SSID "IFSC-ALUNOS"
//#define PASSWORD "036239ec"

```

```

#define SSID "Le e Nando"
#define PASSWORD "036239ec"
//Cria objeto de conexão wifi com o módulo, usando a Serial1 do Mega.
ESP8266 wifi(Serial1);
#define esp8266 Serial1
#define DEBUG true
// Wireless ** Fim
// Bateria ** Inicio
DS1307 rtc(20, 21);
Time t;
// Bateria ** Fim
// Inicializa o display nos pinos abaixo
Adafruit_PCD8544 display = Adafruit_PCD8544(8, 9, 10, 11, 12);
// t.sec = _decode(_burstArray[0]);      segundos
// t.min = _decode(_burstArray[1]);      minutos
// t.hour = _decodeH(_burstArray[2]);    hora
// t.dow = _burstArray[3];               dia da semana
// t.date = _decode(_burstArray[4]);     dia
// t.mon = _decode(_burstArray[5]);      mes
// t.year = _decodeY(_burstArray[6])+2000; ano
int dia = 0;
int mes = 0;
int ano = 0;
int diadasemana = 0;
int hora = 0;
int minuto = 0;
int segundo = 0;
float umidade = 0;
float temperatura = 0;
float pressao = 0;
char *mesLongo[] = {"Janeiro", "Fevereiro", "Marco", "Abril", "Maio", "Junho", "Julho", "Agosto", "Setembro", "Outubro",
"Novembro", "Dezembro"};
int DiasMes[] = {31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31};
char *diaLongo[] = {"Segunda", "Terca", "Quarta", "Quinta", "Sexta", "Sabado", "Domingo"};
boolean backlight = false;
int contrast=55;
int menuitem = 1;
int page = 1;
volatile boolean up = false; // 1
volatile boolean down = false; // 0
volatile boolean middle = false; // 4
volatile boolean aceita = false; // 2
volatile boolean fim = true;
int downButtonState = 0;
int upButtonState = 0;
int selectButtonState = 0;
int lastDownButtonState = 0;
int lastSelectButtonState = 0;
int lastUpButtonState = 0;

```



```

// Pinagem ligacao display Nokia 5110
// pin 8 - Serial clock out (SCLK)
// pin 9 - Serial data out (DIN)
// pin 10 - Data/Command select (D/C)
// pin 11 - LCD chip select (CS/CE)
// pin 12 - LCD reset (RST)
// Define pino e tipo do sensor DHT - Umidade e temperatura
DHT dht(13, DHT22);
Adafruit_BMP085 bmp180;
// Configuração dos componentes e sensores do projeto
void setup()
{
// Cartão SD ** Inicio
// Inicialize SdFat or print a detailed error message and halt
// Use half speed like the native library.
// change to SPI_FULL_SPEED for more performance.
if (!sd.begin(chipSelect, SPI_HALF_SPEED)) sd.initErrorHalt();
// Cartão SD ** Fim
// Direção do Vento ** Inicio **
// Inicializando o sensor
if(!mag.begin())
{
// Checando se não houve nenhum problema de conexão com o...
//sensor HMC5883
Serial.println("Ooops, sensor nao detectado ... Verifique as conexoes!");
while(1);
}
// Direção do Vento ** Fim **
// Velocidade do Vento ** Inicio **
// Set os pinos
pinMode(3, INPUT);
digitalWrite(3, HIGH); // pull-up interno ativo
// Velocidade do Vento ** Fim **
Serial.begin(9600);
// Informacoes iniciais no display
display.begin();
// Ajusta o contraste do display
display.setContrast(55);
// Apaga o buffer e o display
display.clearDisplay();
// Define tamanho do texto e cor
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(BLACK);
// delay(1000);
// Inicializa o sensor BMP180
if (!bmp180.begin())
{
Serial.println("Sensor BMP180 nao encontrado !!");
Serial.println("Mas eu compilei e transmiti.... !!");
// while (1) {}
}
}

```

```

}
  Serial.println("Compilei e transmi.... !!");
// Inicializa o DHT22
dht.begin();
// Initialize the rtc object
rtc.begin();
  // Set the clock to run-mode
rtc.halt(false);
pinMode(4, INPUT_PULLUP); // Aceita
pinMode(2, INPUT_PULLUP); // Seleciona
pinMode(1, INPUT_PULLUP); // Sobe
pinMode(0, INPUT_PULLUP); // Desce
pinMode(7,OUTPUT);
// digitalWrite(7,LOW); //Turn Backlight ON
digitalWrite(7,HIGH);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), Ajusta, CHANGE);
Serial.begin(9600);
display.begin();
display.setContrast(contrast); //Set contrast to 50
display.clearDisplay();
display.println("Aguarde .....");
display.display();
// Set SQW/Out rate to 1Hz, and enable SQW
rtc.setSQWRate(SQW_RATE_1);
rtc.enableSQW(true);
Serial.begin(9600);
// Informacoes iniciais no display
display.begin();
// Ajusta o contraste do display
display.setContrast(55);
// Apaga o buffer e o display
display.clearDisplay();
// Define tamanho do texto e cor
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(BLACK);
// ESP8266-01 ** Inicio
pinMode(CH_PD,OUTPUT);
pinMode(RST,OUTPUT);
pinMode(GPIO0,OUTPUT);
digitalWrite(CH_PD,HIGH); //setado em ALTO - operacao normal
digitalWrite(RST,HIGH); //setado em ALTO - operacao normal https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/
digitalWrite(GPIO0,HIGH); //setado em ALTO - operacao normal
esp8266.begin (115200);
Serial.begin(9600);
Serial.println("Reseta ESP8266.");
reset8266(); // Pin CH_PD needs a reset before start communication
Serial.println("AT - Teste Inicio AT.");
sendData("AT\r\n", 2000, DEBUG); //
delay(3000);
Serial.println("AT+RST - Reinicia ESP8266.");
sendData("AT+RST\r\n", 2000, DEBUG); // reset

```

```

delay(3000);
Serial.println("AT+CWQAP - Desconecta do AP.");
sendData("AT+CWQAP\r\n", 2000, DEBUG); // reset
delay(3000);
Serial.println("AT+GMR - Mostra informacao da versao.");
sendData("AT+GMR\r\n", 2000, DEBUG); //
delay(3000);
Serial.println("AT+CIOBAUD - Seta velocidade da conexao.");
sendData("AT+CIOBAUD=115200\r\n", 2000, DEBUG);
delay(3000);
Serial.println("AT+CWMODE - WIFI modo (1=Estacao,2=Acces Point,3=Sstacao+Acces Point)");
sendData("AT+CWMODE_DEF=3\r\n", 1000, DEBUG);
delay(3000) ;
Serial.println("AT+CWJAP - Connecta ao Acces Point.");
sendData("AT+CWJAP_DEF=\"Camp001\", \"036239ec\" \r\n", 2000, DEBUG); //Connect network
delay(5000);
Serial.println("AT+CWSAP_DEF - Configuracao de modo softAP.");
sendData("AT+CWSAP_DEF=\"ESTACAO\", \"123456xx\", 2, 4 \r\n", 1000, DEBUG);
delay(3000);
Serial.println("AT+CWLAP - Lista APs disponiveis.");
sendData("AT+CWLAP\r\n", 2000, DEBUG); //Connect network
delay(5000);
Serial.println("AT+CIPSTATUS - Informacao sobre a conexao.");
sendData("AT+CIPSTATUS=?\r\n", 1000, DEBUG);
delay(3000);
Serial.println("AT+CWDHCP - Habilita/Desabilita DHCP.");
sendData("AT+CWDHCP_DEF=2,1\r\n", 1000, DEBUG);
delay(3000);
Serial.println("AT + CIFS - Obter endereco IP local.");
sendData("AT+CIFS\r\n", 1000, DEBUG); // Show IP Adress
delay(3000);
Serial.println("AT + CIPMUX - Ative conexoes multiplas ou nao.");
sendData("AT+CIPMUX=1\r\n", 1000, DEBUG); // Multiple conexions
delay(3000);
Serial.println("AT + CIPSERVER - Configure como servidor.");
sendData("AT+CIPSERVER=1,80\r\n", 1000, DEBUG); // start comm port 80
delay(3000);
// ESP8266-01 ** Fim
}

// Ciclo de leitura dos sensores, apresentação e gravação dos dados coletados
void loop()
{
  Serial.println("Entrou no loop");
  // Lê o horário atual e vai para a rotina onde mostra no display por 1s
  t = rtc.getTime();
  relógio();
  mostra_direcao();
  // Faz a leitura do sensor de direção e mostra no display por 5s
  mostra_velocidade_vento();
  // Faz a leitura do sensor de velocidade e mostra no display por 5s

```

```

moldura_Velocidade_Direcao(); // mostra no display
// Faz a leitura da temperatura e pressão e mostra no display por 5s
mostra_temperatura();
Serial.print("esp8266.available(): ");
Serial.println(esp8266.available());
Serial.print("esp8266.find(\"+IPD,\"): ");
Serial.println(esp8266.find("+IPD,"));
// Aguarda meio segundo e verifica se o wi-fi está disponível
delay(500);
int connectionId = esp8266.read() - 48;
// Monta registro com as medições coletadas, data, hora, e envia para a página web.
Serial.println("Montando json");
//char jsonFormat[200];
Serial.println(temperatura);
Serial.println(umidade);
Serial.println(pressao);
Serial.println(speedwind);
Serial.println(Direcao);
String json = "mycallback({ \"DATA\": \"";
if (dia < 10){json+="0";}
json += dia;
json += "/";
if (mes < 10){json+="0";}
json += mes;
json += "/";
json += ano;
json += "\", \"HORA\": \"";
if (hora < 10){json+="0";}
json += hora;
json += ":";
if (minuto < 10){json+="0";}
json += minuto;
json += ":";
if (segundo < 10){json+="0";}
json += segundo;
json += "\", \"TEMPERATURA\": \"";
if (temperatura < 10){json+="0";}
json += temperatura;
json += "\", \"UMIDADE\": \"";
json += umidade;
json += "\", \"PRESSAO\": \"";
json += pressao;
json += "\", \"VENTO\": \"";
json += "\", \"VELOCIDADE\": \"";
json += speedwind;
json += "\", \"DIRECAO\": \"";
json += Direcao;
json += "\"";
json += "});";

```

```

////////
Serial.println("json montado");
Serial.println(json);
////////
String cipSend = "AT+CIPSEND=";
cipSend += connectionId;
cipSend += " ";
cipSend += json.length();
cipSend += "\r\n";
sendData(cipSend, 1000, DEBUG);
sendData(json, 1000, DEBUG);
String closeCommand = "AT+CIPCLOSE=";
closeCommand += connectionId; // append connection id
closeCommand += "\r\n";
sendData(closeCommand, 3000, DEBUG);
String sdia = String(dia);
String smes = String(mes);
String sano = String(ano);
if (dia < 10) sdia="0"+sdia;
if (mes < 10) smes="0"+smes;
String shora = String(hora);
String sminuto = String(minuto);
if (hora < 10) shora="0"+shora;
if (minuto < 10) sminuto="0"+sminuto;
// Verifica o mês e o ano, e abre o arquivo respectivo, ou cria, se não existir, no SDCard,
// e grava as informações coletadas em formato de arquivo texto, separando os campos por uma ", ".
// Esse processo é executado a cada cinco minutos
String Arquivo = "";
Arquivo=String(mesLongo[mes-1]).substring(0,4);
Arquivo+= sano.c_str();
Arquivo+= ".txt";
int arquivo_len = Arquivo.length()+1;
char arquivo[arquivo_len];
char in_char=0;
int index=0; //Index will keep track of our position within the contents buffer.
Arquivo.toCharArray(arquivo,arquivo_len);
Serial.println("Arquivo..: " );
Serial.println(arquivo);
Serial.println(minuto%5);
Serial.println(minutoAux!=minuto);
if (minuto%5==0 && minutoAux!=minuto ) {
minutoAux=minuto;
if (!myFile.open(arquivo, O_RDWR | O_CREAT | O_AT_END)) {
sd.errorHalt("Erro na Gravação do Arquivo do SD");
}
// if the file opened okay, write to it:
Serial.print("Gravandro " + String(Arquivo) +"...");
File.println(sdia+"/"+smes+"/"+sano+", "+shora+": "+sminuto+", "+temperatura+", "+umidade+", "+pressao+", "+speedwind+", "+Direc
ao);

```

```

// close the file:
myFile.close();
Serial.println("done.");
// re-open the file for reading:
if (!myFile.open(arquivo, O_READ)) {
  sd.errorHalt("Erro na Abertura do Arquivo do SD");
}
Serial.println(String(Arquivo) + ".");
// read from the file until there's nothing else in it:
int data;
while ((data = myFile.read()) >= 0) Serial.write(data);
// close the file:
myFile.close();
}

// A qualquer momento é possível entrar na página de configuração da estação,
// pressionando-se o botão Ajuste no painel frontal.
// Poderão ser configurados: a data (dia, mês e ano), o horário (hora, minuto e segundo) e o dia da semana
// (segunda, terça, quarta, quinta, sexta, sábado e domingo)
// A navegação nos menus que serão apresentados, será feita pelas teclas (+ e -), que significa aumentar ou diminuir o valor
// do item a ser alterado.
// Para confirmar a entrada do valor, pressione ENTER.
// Para voltar a tela de leitura dos sensores, no menu inicial, pressione Volta duas vezes.
}
// Send AT commands to module
String sendData(String command, const int timeout, boolean debug)
{
  String response = "";
  esp8266.print(command);
  long int time = millis();
  while ( (time + timeout) > millis())
  {
    while (esp8266.available())
    {
      // The esp has data so display its output to the serial window
      char c = esp8266.read(); // read the next character.
      response += c;
    }
  }
  if (debug)
  {
    Serial.print(response);
  }
  return response;
}
/*****/
// Reset function to accept communication
void reset8266 ()
{
  pinMode(CH_PD, OUTPUT);

```

```

digitalWrite(CH_PD, LOW);
delay(300);
digitalWrite(CH_PD, HIGH);
}
// Direção ** Inicio **
void mostra_direcao()
{
  Direcao= "";
  // Obtem um novo evento do sensor
  sensors_event_t event;
  mag.getEvent(&event);
  // Calculando a posição do eixo x e y
  float heading = atan2(event.magnetic.y, event.magnetic.x);
  // Depois de ter sua posição, você deve em seguida, adicionar o seu...
  // 'angulo de declinação', que é o 'erro' do campo magnético em...
  // sua localização.
  // Localizar o seu aqui: http://www.magnetic-declination.com/
  // O meu é: -20, que é ~ 20 graus, ou (o que nós precisamos) 0,34 radianos
  // Se você não conseguiu encontrar a sua declinação, comente estas...
  // duas linhas, a bussola ficará um pouco defasada.
  float declinationAngle = 0.34313173;
  heading += declinationAngle;
  // Faz a correção quando os sinais estão invertidos
  if(heading < 0)
    heading += 2*PI;
  // Verifica a adição de declinação
  if(heading > 2*PI)
    heading -= 2*PI;
  // Converter radianos em graus para facilitar a leitura
  float headingDegrees = heading * 180/M_PI;
  Serial.print("Posicao em graus: "); Serial.println(headingDegrees);
  if (headingDegrees > 0 && headingDegrees <= 44.9)
  {
    Serial.println ("Norte");
    Direcao= "Norte";
  }
  else if (headingDegrees > 45 && headingDegrees <= 89.9)
  {
    Serial.println ("Nordeste");
    Direcao= "Nordeste";
  }
  else if (headingDegrees > 90 && headingDegrees <= 134.9)
  {
    Serial.println ("Leste");
    Direcao= "Leste";
  }
  else if (headingDegrees > 135 && headingDegrees <= 179.9)
  {
    Serial.println ("Sudeste");
    Direcao= "Sudeste";
  }
}

```

```

else if (headingDegrees > 180 && headingDegrees <= 224.9)
{
    Serial.println ("Sul");
    Direcao= "Sul";
}
else if (headingDegrees > 225 && headingDegrees <= 269.9)
{
    Serial.println ("Sudoeste");
    Direcao= "Sudoeste";
}
else if (headingDegrees > 270 && headingDegrees <= 314.9)
{
    Serial.println ("Oeste");
    Direcao= "Oeste";
}
else if (headingDegrees > 315 && headingDegrees <= 359.9)
{
    Serial.println ("Noroeste");
    Direcao= "Noroeste";
}
delay(500);
}
// Direção ** Fim **
// Anemometro ** Inicio **
void mostra_velocidade_vento()
{
    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 m/s
    WindSpeed();
    Serial.print(windspeed);
    Serial.print(" [m/s] ");
    //*****
//print km/h
    SpeedWind();
    Serial.print(speedwind);
    Serial.print(" [km/h] ");
    Serial.println();
}

```



```

// Measure wind speed
void windvelocity(){
  speedwind = 0;
  windspeed = 0;
  counter = 0;
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3), addcount, RISING); //estava 1 no lugar do 3.
  unsigned long millis();
  long startTime = millis();
  while(millis() < startTime + period) {
  }
}
void RPMcalc(){
  RPM=((counter)*60)/(period/1000); // Calcur RPM
}
void WindSpeed(){
  windspeed = ((4 * pi * radius * RPM)/60) / 1000; // Calcular velocidade em m/s
  Serial.println("\n VELOCIDADE.: ");
  Serial.println(windspeed);
}
void SpeedWind(){
  speedwind = (((4 * pi * radius * RPM)/60) / 1000)*3.6; // Calcular velocidade em km/h
}
void addcount(){
  counter++;
}
// Anemometro ** Fim **
void mostra_temperatura()
{
  // moldura_temperatura();
  // Leitura temperatura, umidade e pressao
  float h = dht.readHumidity();
  float tp = dht.readTemperature();
  float p = bmp180.readPressure()/100.0;
  pressao = p;
  umidade = h;
  temperatura=tp;
  // Aguarda 5 segundos para efetuar nova leitura
  // delay(5000);
  display.clearDisplay();
  display.drawRoundRect(0,0, 44,24, 3, 2);
  // Texto inicial temperatura
  display.setCursor(11,3); // Seta a posição do cursor
  display.println("TEMP");
  display.setCursor(29,14);
  display.drawCircle(31, 15, 1,1);
  display.println(" C");
  // Retangulo umidade
  display.drawRoundRect(45,0, 39 ,24, 3, 2);
  // Texto inicial Umidade
  display.setCursor(52,3);
  display.println("UMID");
}

```

```

display.setCursor(75,14);
display.println("%");
// Retangulo pressao
display.drawRoundRect(0,25, 84 ,23, 3, 2);
// Texto inicial Pressao
display.setCursor(22,28);
display.println("PRESSAO");
display.setCursor(55,38);
display.println("hPa");
// display.display();
//
// Atualiza valor da temperatura
display.fillRect(4,13, 25 , 10, 0);
display.setCursor(4,14);
display.println(tp,1);
// Atualiza valor da umidade
display.fillRect(50,13, 23 , 10, 0);
display.setCursor(50,14);
display.println(h,1);
// Atualiza valor da pressao
display.fillRect(4, 37, 46 , 10, 0);
display.setCursor(11,38);
display.println(p,2);
display.display();
delay(5000);
display.clearDisplay();
}
void moldura_temperatura()
{
// Retangulo temperatura
display.drawRoundRect(0,0, 44,24, 3, 2);
// Texto inicial temperatura
display.setCursor(11,3); // Seta a posição do cursor
display.println("TEMP");
display.setCursor(5,14);
display.println("----");
display.setCursor(29,14);
display.drawCircle(31, 15, 1,1);
display.println(" C");
// Retangulo umidade
display.drawRoundRect(45,0, 39 ,24, 3, 2);
// Texto inicial Umidade
display.setCursor(52,3);
display.println("UMID");
display.setCursor(50,14);
display.println("----");
display.setCursor(75,14);
display.println("%");
// Retangulo pressao
display.drawRoundRect(0,25, 84 ,23, 3, 2);
// Texto inicial Pressao

```

```

display.setCursor(22,28);
display.println("PRESSAO");
display.setCursor(55,38);
display.println("hPa");
display.setCursor(11,38);
display.println("-----");
display.display();
}
void moldura_Velocidade_Direcao()
{
// Retangulo Velocidade
// display.drawRoundRect(0,0, 83,47, 3, 2);
// Texto inicial velocidade
display.setCursor(5,0); // Seta a posição do cursor
display.println("VELOC.- Km/h");
display.setCursor(5,8);
// display.println("-----");
display.setCursor(40,16);
// display.println(" Km/h");
// Atualiza valor da velocidade
// display.fillRect(1,1, 83 , 10, 0);
display.setCursor(5,16);
display.println(speedwind,1);
// Retangulo Direcao do vento
// display.drawRoundRect(0,12, 84 ,24, 3, 2);
// Texto inicial Direcao do vento
display.setCursor(4,24);
display.println("DIRECAO");
display.setCursor(4,32);
// display.println("-----");
// Atualiza valor da direcao do vento
//display.fillRect(1,13, 83 , 23, 0);
display.setCursor(5,40);
display.println(Direcao);
display.display();
delay(5000);
display.clearDisplay();
}
void relógio()
{
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
// Display time centered on the upper line
display.setCursor(0, 0);
display.println(rtc.getTimeStr());
// Display abbreviated Day-of-Week in the lower left corner
display.setCursor(65, 40);
display.println(rtc.getDOWStr(FORMAT_SHORT));
// Display date in the lower right corner
display.setCursor(0, 40);
display.println(rtc.getDateStr());
}

```

```

display.display();
// Wait one second before repeating :)
delay (1000);
display.clearDisplay();
///  

dia = t.date;
mes = t.mon;
ano = t.year;
diadasemana = t.dow;
hora = t.hour;
minuto = t.min;
segundo = t.sec;
// Serial.println(diadasemana);
///  

}
void checkIfDownButtonIsPressed()
{
  if (downButtonState != lastDownButtonState)
  {
    if (downButtonState == 0)
    {
      down=true;
    }
    delay(50);
  }
  lastDownButtonState = downButtonState;
}
void checkIfUpButtonIsPressed()
{
  if (upButtonState != lastUpButtonState)
  {
    if (upButtonState == 0) {
      up=true;
    }
    delay(50);
  }
  lastUpButtonState = upButtonState;
}
void checkIfSelectButtonIsPressed()
{
  if (selectButtonState != lastSelectButtonState)
  {
    if (selectButtonState == 0) {
      middle=true;
    }
    delay(50);
  }
  lastSelectButtonState = selectButtonState;
}

```

```

void drawMenu()
{
if (page==1)
{
display.setTextSize(0);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(0, 0);
display.print("MENU AJUSTE");
display.drawFastHLine(0,10,83,BLACK);
display.setCursor(0, 15);
if (menuitem==1)
{
display.setTextColor(WHITE, BLACK);
}
else
{
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
}
display.print(">DATA");
display.setCursor(0, 25);
if (menuitem==2)
{
display.setTextColor(WHITE, BLACK);
}
else
{
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
}
display.print(">HORA ");
if (menuitem==3)
{
display.setTextColor(WHITE, BLACK);
}
else
{
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
}
display.setCursor(0, 35);
display.print(">VOLTA");
display.display();
}
else if (page==2)
{
display.setTextSize(1);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(0, 0);
if (menuitem==1)
{
display.setTextColor(WHITE, BLACK);
}
}
}

```

```
}  
else  
{  
    display.setTextColor(BLACK, WHITE);  
}  
display.print(">DIA");  
display.setCursor(0, 10);  
if (menuitem==2)  
{  
    display.setTextColor(WHITE, BLACK);  
}  
else  
{  
    display.setTextColor(BLACK, WHITE);  
}  
display.print(">MES");  
display.setCursor(0, 20);  
if (menuitem==3)  
{  
    display.setTextColor(WHITE, BLACK);  
}  
else  
{  
    display.setTextColor(BLACK, WHITE);  
}  
display.print(">ANO");  
display.setCursor(0, 30);  
if (menuitem==4)  
{  
    display.setTextColor(WHITE, BLACK);  
}  
else  
{  
    display.setTextColor(BLACK, WHITE);  
}  
display.print(">DIA DA SEMANA");  
display.setCursor(0, 40);  
if (menuitem==5)  
{  
    display.setTextColor(WHITE, BLACK);  
}  
else  
{  
    display.setTextColor(BLACK, WHITE);  
}  
display.print(">VOLTA");  
display.display();  
}  
else if (page==3)  
{
```

```
display.setTextSize(1);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(0, 0);
if (menuitem==1)
{
  display.setTextColor(WHITE, BLACK);
}
else
{
  display.setTextColor(BLACK, WHITE);
}
display.print(">HORA");
display.setCursor(0, 10);
if (menuitem==2)
{
  display.setTextColor(WHITE, BLACK);
}
else
{
  display.setTextColor(BLACK, WHITE);
}
display.print(">MINUTOS");
display.setCursor(0, 20);
if (menuitem==3)
{
  display.setTextColor(WHITE, BLACK);
}
else
{
  display.setTextColor(BLACK, WHITE);
}
display.print(">SEGUNDOS");
display.setCursor(0, 30);
if (menuitem==4)
{
  display.setTextColor(WHITE, BLACK);
}
else
{
  display.setTextColor(BLACK, WHITE);
}
display.print(">VOLTA");
display.display();
}
else if (page==4)
{
  display.setTextSize(1);
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(BLACK, WHITE);
  display.setCursor(15, 0);
```

```

display.print("AJUSTA DIA");
display.drawFastHLine(0,10,83,BLACK);
display.setCursor(15, 15);
display.print("VALOR ");
display.setTextSize(2);
display.setCursor(25, 25);
display.print(dia);
display.setTextSize(2);
display.display();
}
else if (page==5)
{
display.setTextSize(1);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(15, 0);
display.print("AJUSTA MES");
display.drawFastHLine(0,10,83,BLACK);
display.setCursor(15, 15);
display.print("VALOR ");
display.setTextSize(2);
display.setCursor(25, 25);
display.print(mes);
display.setTextSize(2);
display.display();
}
else if (page==6)
{
display.setTextSize(1);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(15, 0);
display.print("AJUSTA ANO");
display.drawFastHLine(0,10,83,BLACK);
display.setCursor(15, 15);
display.print("VALOR ");
display.setTextSize(2);
display.setCursor(25, 25);
display.print(ano);
display.setTextSize(2);
display.display();
}
else if (page==7)
{
display.setTextSize(1);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(15, 0);
display.print("DIA SEMANA");
display.drawFastHLine(0,10,83,BLACK);
display.setCursor(15, 15);

```



```

display.print("VALOR ");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(25, 25);
display.print(diaLongo[diadasemana]);
display.setTextSize(2);
display.display();
}
else if (page==8)
{
display.setTextSize(1);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(15, 0);
display.print("AJUSTA HORA");
display.drawFastHLine(0,10,83,BLACK);
display.setCursor(15, 15);
display.print("VALOR ");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(25, 25);
display.print(hora);
display.setTextSize(2);
display.display();
}
else if (page==9)
{
display.setTextSize(1);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(15, 0);
display.print("AJUSTA MINUTO");
display.drawFastHLine(0,10,83,BLACK);
display.setCursor(15, 15);
display.print("VALOR ");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(25, 25);
display.print(minuto);
display.setTextSize(2);
display.display();
}
else if (page==10)
{
display.setTextSize(1);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(15, 0);
display.print("AJUSTA SEGUNDO");
display.drawFastHLine(0,10,83,BLACK);
display.setCursor(15, 15);
display.print("VALOR ");
display.setTextSize(1);
display.setCursor(25, 25);

```

```

    display.print(segundo);
    display.setTextSize(2);
    display.display();
}
}
void resetDefaults()
{
    contrast = 55;
    setContrast();
    backlight = true;
    turnBacklightOff();
}
void setContrast()
{
    display.setContrast(contrast);
    display.display();
}
void turnBacklightOn()
{
    digitalWrite(7,LOW);
}
void turnBacklightOff()
{
    digitalWrite(7,HIGH);
}
//*****
void ajustadata()
{
// dia = t.date;

// display.print(dia);
//
// display.setTextSize(2);
//
// display.display();
    rtc.setDate(dia, mes, ano);
// Serial.println("AJUSTA DIA !!");
}
//*****
void ajustames()
{
    rtc.setDate(dia, mes, ano);
    // mes = t.mon;
// Serial.println(mes, DEC);
// Serial.println(mesLongo[mes-1]);
}
//*****
void ajustaano()
{
    rtc.setDate(dia, mes, ano);
// Serial.println("AJUSTA ANO !!");

```

```

}
//*****
void ajustadiadasemana()
{
    rtc.setDOW(diadasemana+1);
// Serial.println(diaLongo[diadasemana+1]);
}
//*****
void ajustahora()
{
    rtc.setTime(hora,minuto, segundo);
// Serial.println("AJUSTA HORA !!");
}
void Ajusta()
{
    fim = false;
    selectButtonState = 0;
    while (!fim)
    {
        drawMenu();
        downButtonState = digitalRead(0);
        selectButtonState = digitalRead(4);
        upButtonState = digitalRead(1);
        checkIfDownButtonIsPressed();
        checkIfUpButtonIsPressed();
        checkIfSelectButtonIsPressed();
//    Serial.println(page);
//    Serial.println(menuitem);
//    Serial.println(up);
//    Serial.println(down);
        if (up && page == 1 )
        {
            up = false;
            menuitem--;
            if (menuitem==0)
            {
                menuitem=3;
            }
        }
        else if (up && page == 2 )
        {
            up = false;
            menuitem--;
            if (menuitem==0)
            {
                menuitem=5;
            }
        }
        else if (up && page == 3 )
        {
            up = false;

```

```
menuitem--;
if (menuitem==0)
{
    menuitem=4;
}
}
else if (up && page == 4 )
{
    up = false;
    dia--;
    if (dia < 1 )
    {
        dia = DiasMes[mes-1];
    }
}
else if (up && page == 5)
{
    up = false;
    mes--;
    if (mes < 1 )
    {
        mes = 12;
    }
}
else if (up && page == 6)
{
    up = false;
    ano--;
    if (ano < 1 )
    {
        ano = 2000;
    }
}
else if (up && page == 7)
{
    up = false;
    diadasemana--;
    if (diadasemana < 0 )
    {
        diadasemana = 7;
    }
}
else if (up && page == 8)
{
    up = false;
    hora--;
    if (hora < 0 )
    {
        hora = 23;
    }
}
```

```
else if (up && page == 9)
{
    up = false;
    minuto--;
    if (minuto < 0 )
    {
        minuto = 59;
    }
}
else if (up && page == 10)
{
    up = false;
    segundo--;
    if (segundo < 0 )
    {
        segundo = 59;
    }
}
else if (down && page == 1)
{
    down = false;
    menuitem++;
    if (menuitem==4)
    {
        menuitem=1;
    }
}
else if (down && page == 2 )
{
    down = false;
    menuitem++;
    if (menuitem==6)
    {
        menuitem=1;
    }
}
else if (down && page == 3 )
{
    down = false;
    menuitem++;
    if (menuitem==5)
    {
        menuitem=1;
    }
}
else if (down && page == 4 )
{
    down = false;
    dia++;
    if (dia > DiasMes[mes-1] )
    {
```

```
    dia = 1 ;
    }
    // ajustadia();
}
else if (down && page == 5)
{
    down = false;
    mes++;
    if (mes > 12 )
    {
        mes = 1;
    }
    // ajustadia();
}
else if (down && page == 6)
{
    down = false;
    ano++;
    if (ano > 2099 )
    {
        ano = 2000;
    }
}
else if (down && page == 7)
{
    down = false;
    diadasemana++;
    if (diadasemana > 7 )
    {
        diadasemana = 1;
    }
}
else if (down && page == 8)
{
    down = false;
    hora++;
    if (hora > 23 )
    {
        hora = 0;
    }
}
else if (down && page == 9)
{
    down = false;
    minuto++;
    if (minuto > 59 )
    {
        minuto = 0;
    }
}
else if (down && page == 10)
```

```
{
  down = false;
  segundo++;
  if (segundo > 59 )
  {
    segundo = 0;
  }
}
if (middle)
{
  //   Serial.println(page);
  //   Serial.println(menuitem);
  middle = false;
  if (page == 1 && menuitem ==3)
  {
    fim = false;
    break;
  }
  else if (page == 2 && menuitem ==5)
  {
    menuitem = 1;
    page=1;
  }
  else if (page == 3 && menuitem ==4)
  {
    menuitem = 1;
    page=1;
  }
  else if (page == 1 && menuitem==1)
  {
    menuitem=1;
    page=2;
  }
  else if (page == 1 && menuitem==2)
  {
    menuitem=1;
    page=3;
  }
  else if (page == 2 && menuitem==1)
  {
    page=4;
  }
  else if (page == 2 && menuitem==2)
  {
    page=5;
  }
  else if (page == 2 && menuitem==3)
  {
    page=6;
  }
  else if (page == 2 && menuitem==4)
```

```
{
  page=7;
}
else if (page == 3 && menuitem==1)
{
  page=8;
}
else if (page == 3 && menuitem==2)
{
  page=9;
}
else if (page == 3 && menuitem==3)
{
  page=10;
}
else if (page > 3 && page < 8)
{
  if (page == 7)
  {
    ajustadiadasemana();
  }
  else {
    ajustadata();
  }
  page=2;
}
else if (page > 7 && page < 11)
{
  ajustahora();
  page=3;
}
}
display.clearDisplay();
}
```