

CONSULTA POPULAR 2023 – RS

PROPOSTA:

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE EVENTOS EXTREMOS E PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

AUTOR:

NICKOLAS AUGUSTO BOTH

BASEADO NO TCC DO PRÓPRIO AUTOR,
APRESENTADO À UNIVERSIDADE
FEEVALE EM 2022

UNIVERSIDADE FEEVALE
ENGENHARIA ELETRÔNICA

NICKOLAS AUGUSTO BOTH

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE EVENTOS
EXTREMOS E PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

Trabalho de Conclusão

Novo Hamburgo

2022

NICKOLAS AUGUSTO BOTH

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE EVENTOS
EXTREMOS E PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Eletrônica pela
Universidade Feevale

Orientador: Ewerton Artur Cappelatti

Novo Hamburgo

2022

NICKOLAS AUGUSTO BOTH

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE EVENTOS
EXTREMOS E PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a
Universidade Feevale, como parte das
exigências para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Eletrônica.

Novo Hamburgo, junho de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Ewerton Artur Cappelatti

Prof. Me. Paulo Ricardo Viana Piber

Prof. Me. Murilo Fraga da Rocha

Dedico este trabalho ao Professor Me. Moisés de Mattos Dias, por todo o incentivo e ajuda possível ao longo do curso, por me permitir diversas oportunidades e acreditar no meu potencial.

Dedico também a todas as pessoas que já passaram por situações trágicas em função das cheias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao meu orientador, por todo suporte e atenção prestados e por todos os ensinamentos como professor e amigo ao longo desta jornada.

Agradeço aos amigos e familiares que participaram direta e indiretamente para a conclusão deste trabalho, em especial aos meus pais e meu irmão, pela paciência e compreensão durante todos estes anos de engenharia.

Agradeço ao meu avô pelo incentivo e por mesmo após não estando mais aqui, proporcionar legado e história através das suas fotografias.

Agradeço aos colegas de aula pela troca de conhecimentos e pela oportunidade de aprendizado.

Agradeço aos amigos da equipe OrniTwizy, por todas as dificuldades enfrentadas e vencidas como uma equipe, conquistando além dos prêmios, muito orgulho e satisfação.

RESUMO

Anualmente muitas perdas, sejam elas de materiais ou de vidas, estão relacionadas às cheias dos rios na região do Vale dos Sinos. Embora a Defesa Civil e os Bombeiros Voluntários estejam sempre de prontidão para auxiliar a população em qualquer um destes casos, infelizmente o tempo de resposta, que é algo crucial, ainda pode ser melhorado. A proposta deste projeto, tem como principal objetivo, construir pequenas estações meteorológicas eletrônicas automáticas com a utilização de uma ESP32 para o monitoramento das condições climáticas e níveis fluviométricos em vários pontos da região, vinculadas através da comunicação LoRa a um processamento integrado baseado em Machine Learning, de forma que ao final deste trabalho seja possível prever e/ou antecipar possíveis riscos ou desastres naturais que estejam relacionados aos problemas hídricos.

Palavras chave: Estações meteorológicas; ESP32; Níveis fluviométricos; Comunicação LoRa; Machine Learning; Desastres Naturais.

ABSTRACT

Annually, many losses, whether of materials or lives, are related to the flooding of rivers in the Vale dos Sinos region. Although the Civil Defense and the Voluntary Fire Brigade are always ready to help the population in any of these cases, unfortunately the response time, which is something crucial, can still be improved. The proposal of this project, has as main objective, the construction of small automatic electronic weather stations using an ESP32 to monitor weather conditions and fluviometric levels at various points in the region, linked through LoRa communication to an integrated processing based on Machine Learning, so that at the end of this work it is possible to predict and/or anticipate possible risks or natural disasters that are related to river problems.

Keywords: Weather Stations; ESP32; Fluviometric levels; LoRa Network; Machine Learning; Natural Disasters.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - REGISTRO DE UMA DAS MAIORES ENCHENTES NO CENTRO DE ROLANTE.....	14
FIGURA 2 - DESASTRE NATURAL OCORRIDO NO MUNICÍPIO DE ROLANTE EM JAN/2017	15
FIGURA 3 - INUNDAÇÃO CAUSADA PELO DESLIZAMENTO DA ENCOSTA E ELEVAÇÃO DO RIO. 15	
FIGURA 4 - ESTAÇÃO AUTOMÁTICA NO MUNICÍPIO DE ROLANTE	17
FIGURA 5 - SENSORES DE IRRADIAÇÃO E ANEMÔMETRO NO PRÉDIO VERDE DA FEEVALE	18
FIGURA 6 - MICROCONTROLADOR ESP32-WROOM32	19
FIGURA 7 - MÓDULO DE COMUNICAÇÃO LORA 1278F30	20
FIGURA 8 - COMPARAÇÃO DE FATORES DE PROPAGAÇÃO CSS DE UMA TRANSMISSÃO LORA .	21
FIGURA 9 - ESQUEMA BÁSICO DE FUNCIONAMENTO DE UMA REDE NEURAL ARTIFICIAL	22
FIGURA 10 - CONCEITO 3D INICIAL DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA	24
FIGURA 11 - FLUXOGRAMA E DIAGRAMA ELETRÔNICO	25
FIGURA 12 - FOTO DA PLACA SOLAR EM CONJUNTO COM O CARREGADOR E BATERIA	26
FIGURA 13 - GERAÇÃO E CONSUMO	27
FIGURA 14 - TESTES DE GERAÇÃO UTILIZANDO INA219 E ADC1115, VIA ESP32 E BLYNK	27
FIGURA 15 - TESTE CONCEITUAL DO ANEMÔMETRO EM PAPELÃO E PALHETAS EM 3D	29
FIGURA 16 - SENSOR HALL 3144 PARA ANEMÔMETRO E PLUVIÔMETRO	29
FIGURA 17 - CONCEITO DA BIRUTA EM PAPELÃO, ROLAMENTO E MODELO 3D	30
FIGURA 18 - TESTES PARA VALIDAÇÃO DO PLUVIÔMETRO DE GANGORRA.....	31
FIGURA 19 - VERSÃO FINAL EM 3D DO PLUVIÔMETRO DE BÁSCULA	32
FIGURA 20 - SENSOR DHT11	33
FIGURA 21 - TRECHO DO CÓDIGO DE LEITURA DO DHT11.....	34
FIGURA 22 - SENSOR BMP180	35
FIGURA 23 - TRECHO DO CÓDIGO DE LEITURA DO BMP180	35
FIGURA 24 - SENSOR UTILIZADO GY-US42V	36
FIGURA 25 - TRECHO DO CÓDIGO DE LEITURA DO GY-US42V	37
FIGURA 26 - GPS-NEO6 E SIM800L	38
FIGURA 27 - MÓDULO DE CARTÃO MICROSD.....	39
FIGURA 28 - TRECHO DE CÓDIGO DO CARTÃO DE MEMÓRIA.....	40
FIGURA 29 - MÓDULO RTC DS3231.....	41
FIGURA 30 - MÓDULOS LORA 1276F30 COM ANTENA	42
FIGURA 31 - TRECHO INICIAL DO CÓDIGO DE COMUNICAÇÃO LORA.....	43
FIGURA 32 - TRECHO FINAL DO CÓDIGO DE COMUNICAÇÃO LORA	43
FIGURA 33 - TESTES INDOOR DE TRANSMISSÃO COM LORA	44
FIGURA 34 - ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CEMADEN SOBRE ANTIGA PONTE DESATIVADA. 45	
FIGURA 35 - ENTULHOS SOB A PONTE PRÓXIMO À ESTAÇÃO DO CEMADEN.....	45
FIGURA 36 - MAPA DOS LOCAIS PRINCIPAIS DO PROJETO.....	46
FIGURA 37 - MAPA DE RELEVO	47
FIGURA 38 - ANÁLISE DE SINAL UTILIZANDO O SOFTWARE RADIOMOBILE.....	48

FIGURA 39 - MAPA MOSTRANDO NOVA LOCALIZAÇÃO E RELEVO	49
FIGURA 40 - ESTAÇÃO FINALIZADA E MODELO 3D	50
FIGURA 41 - ESTAÇÃO REALIZANDO MEDIÇÕES NA PONTE MAIS PRÓXIMA	51
FIGURA 42 - TELA DO WEBSERVER NO CELULAR.....	51

LISTA DE ABREVIACÕES

ADC	Analogic Digital Converter
CBVR	Corpo de Bombeiros Voluntários de Rolante
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
COBRADE	Codificação Brasileira de Desastres
CPU	Control Process Unit
CS	Cable Select
CSS	Chirp Spread Spectrum
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPIO	General Purpose Input Output
GPS	Global Positioning System
GSM	Groupe Special Mobile/ Global System for Mobile Communications
I2C	Integrated Integrated Circuit
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto de Pesquisa Espaciais
IOT	Internet Of Things
IP	Internet Protocol
LORA	Long Range
MISO	Master Input Slave Output
MOSI	Master Output Slave Input
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
NTC	Negative Temperature Coeficient
OCR	Optical Character Recognition
PLA	Ácido Polilático
PTC	Positive Temperature Coeficient
RTC	Real Time Clock
SCK	Serial Clock
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data
SINDA	Sistema Integrado de Dados Ambientais
WMO	World Meteorological Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 DESASTRES NATURAIS E METEOROLOGIA	13
2.1 RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE FLUVIO/PLUVIOMÉTRICO E DESASTRES NATURAIS	13
2.2 DESASTRES NATURAIS NA REGIÃO	14
2.3 METEOROLOGIA	16
2.4 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS	16
2.5 ESTAÇÕES CONVENCIONAIS	17
2.6 ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS	17
2.7 SENSORES DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA	18
3 MICROCONTROLADOR, COMUNICAÇÃO LORA E MACHINE LEARNING....	19
3.1 ESP32-WROOM32	19
3.2 COMUNICAÇÃO LORA	20
3.3 FUNCIONAMENTO E PROTOCOLO	20
3.4 MACHINE LEARNING	22
3.5 TENSORFLOW	23
4 METODOLOGIA.....	24
4.1 VISÃO GERAL DA ESTAÇÃO.....	24
4.3 ANEMÔMETRO E SENSOR DE DIREÇÃO DO VENTO.....	28
4.4 PLUVIÔMETRO.....	30
4.5 TERMÔMETRO E HIGRÔMETRO	32
4.6 NÍVEL PLUVIAL	36
4.7 DATALOGGER	38
4.8 TRANSMISSÃO VIA REDE LORA.....	41
4.9 GATEWAY E RECEPÇÃO DE DADOS.....	48
5 RESULTADOS	50
6 CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS	53
ANEXOS	56
Anexo 1 – Pinagem e diagrama de blocos da ESP32	56
Anexo 2 – Datasheet LoRa	57
Anexo 3 – Datasheet DS3231	58
Anexo 4 – Datasheet GY-US42V	59

Anexo 5 – Datasheet BMP180.....	60
Anexo 6 – Datasheet DHT11	61
APÊNDICE	62
Apêndice 1 – Layout da placa.....	62

1 INTRODUÇÃO

É notável a evolução e crescimento das regiões urbanas com uma progressão que se supera ano após ano. A maioria destas cidades emergentes, não se faz com um decorrer previamente projetado, que visa uma infraestrutura à longo prazo, de forma que muitos espaços naturais acabem por sofrerem alterações drásticas, o que coíbe a absorção natural dos recursos hídricos e intempéries do ecossistema, causando assim inúmeras consequências, tanto para o meio ambiente quanto para as cidades, como alagamentos e deslizamentos de massa.

Em regiões onde estas situações se tornaram regulares, com ocorrências mensais, anuais, ou até mesmo baseadas em estações do ano específicas, como é o caso da região do Rio dos Sinos, grupos ambientais e principalmente equipes de socorristas e bombeiros, da mesma forma que a Defesa Civil, se mantêm preparados para resgates em eventos de calamidades, onde na maioria deles, se tem apenas perdas materiais. Ocorrendo inclusive muitas ações precipitadas, de forma desocupar as regiões com antecedência para minimizar os danos e riscos.

Estas ações preventivas são tomadas por equipes que se baseiam em dados prévios, registros de históricos precedentes ou até mesmo no monitoramento diário de locais específicos, como por exemplo a verificação do nível do rio em réguas de demarcação. Algumas entidades contam também com uma análise de dados mais informatizada, através de radares e estações de meteorologia, ou por meio de equipamentos de monitoramento específicos dos rios, instalados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).

Contudo, apesar de todos os planos de ação tomados, todas as medidas de segurança atendidas na medida do possível, nem sempre os resultados são ideais, uma vez que a região não dispõe de um sistema grande o suficiente para cobrir toda a demanda, pois as estações atuais já instaladas são demasiadamente caras, o que não permite uma ampla rede de sensoriamento da região, o que demandaria um alto valor de investimento, por parte de órgãos públicos.

Desta forma, este projeto visa desenvolver e aplicar em campo, estações de monitoramento climático e fluviométrico a fim de prever antecipadamente situações climáticas e por consequência, evitar problemas relacionados às cheias e represamentos dos rios, principalmente o Rio dos Sinos e seus afluentes, através da coleta de dados por estações presentes em locais remotos, as quais realizam a transmissão das informações por uma rede sem fio de longo alcance, que por fim, resulta numa base de dados para análise, a ser efetuada por órgãos competentes a esta tarefa, assim como uma possível avaliação de cenário futuro, efetuada por meio de Machine Learning.

2 DESASTRES NATURAIS E METEOROLOGIA

O conceito muitas vezes não é bem claro, sendo que a terminologia varia entre Desastre ou Risco Natural, por depender dos termos em inglês *hazard* e *risk*. Castro (1998, p. 52) descreve Desastre no Glossário de Defesa Civil, como o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Segundo o autor, os desastres podem ser classificados por níveis, com relação à sua intensidade, evolução e origem.

De modo geral, eles são eventos físicos que provocam danos, direta ou indiretamente, ao contexto socioeconômico, por meio de avarias a estruturas ou propriedades que por consequência, são prejudiciais à população. Encontram-se fora do controle humano, causados por forças da natureza. Uma vez que estes eventos ocorrem em áreas onde não há presença humana, são definidos como Eventos Naturais.

2.1 RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE FLUVIO/PLUVIOMÉTRICO E DESASTRES NATURAIS

Como o enfoque principal deste projeto se estabelece diretamente com a averiguação das vias fluviais juntamente aos meios naturais que às afetam, os conceitos relacionados aos Desastres que são de maior relevância, apontam para Enxurradas, Inundações e Alagamentos, podendo se expandir a Movimentos de Massa, Vendavais e outros conceitos.

Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), proposta em 2012, as inundações bruscas passaram a ser denominadas enxurradas e são definidas como:

[...] escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracteriza-se pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial.

As inundações compõem outro grupo dos desastres naturais hidrológicos, as quais são caracterizadas por “submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.” (COBRADE, 2012).

E por fim, a definição de alagamento é colocada como a “extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.” (COBRADE, 2012).

2.2 DESASTRES NATURAIS NA REGIÃO

O Rio dos Sinos tem um de seus principais afluentes vinculado aos municípios de Caraá, Santo Antônio da Patrulha, Riozinho e Rolante. Particularmente, será neste último município que este projeto tem a intenção de ser instalado para testes, uma vez que nesta cidade é onde mais ocorrem transtornos ligados às cheias.

Com um histórico recorrente de cheias (Figura 1), o município de Rolante passou por inúmeras perdas causadas por este tipo de desastre natural, que por consequência, criou uma certa preocupação nos moradores, fazendo com que eles passassem a perceber o padrão de elevação do nível fluvial, assim como avaliar chuvas de grande volume em datas específicas.

Figura 1 - Registro de uma das maiores enchentes no centro de Rolante



Fonte: Affonso Aloísio Both (1936)

Felizmente a cidade, assim como as cidades vizinhas, podem contar com a equipe do Corpo de Bombeiros Voluntários, que segundo o Tenente Leandro Gottshalk, monitoram os riscos de enchentes e todos os tipos de desastres, para que seja possível avisar os moradores de forma antecipada a erguer seus bens e terem tempo suficiente de deixar suas residências.

Em função da região estar situada em um vale, há uma grande quantidade de acúmulo de água no leito do rio, fazendo com que o mesmo ultrapasse a calha normal caso ocorra uma quantidade intensa de chuva na região. Além das inundações, há também o risco de deslocamento de massa (Figura 2), fazendo com que o solo das encostas, encharcado pelas

chuvas, acabe deslizando e carregando demais componentes naturais que estiverem pelo caminho, prejudicando ainda mais a vazão do rio, que estes destroços ficam presos em curvas ou pontes, promovendo ainda uma maior viscosidade das águas, em função da lama (Figura 3).

Figura 2 - Desastre natural ocorrido no município de Rolante em Jan/2017



Fonte: Corpo de Bombeiros Voluntários de Rolante (2017)

Figura 3 - Inundação causada pelo deslizamento da encosta e elevação do rio



Fonte: O autor (2017)

2.3 METEOROLOGIA

De acordo com Ynoue et al (2017) no livro “Meteorologia - Noções Básicas”, o conceito de meteorologia pode ser definido de forma resumida, como: “[...] a ciência que estuda os processos físicos, químicos e dinâmicos da atmosfera e as interações desses processos com os sistemas litosfera, hidrosfera, criosfera e biosfera, sendo, portanto, inserida no contexto das Ciências Ambientais[...]”.

Ela permite prever padrões e tendências climáticas para os próximos dias ou maior período, constituindo a chamada "previsão do tempo", através de métodos e equações matemáticas e cálculos computacionais, gerando um prognóstico climático atmosférico, em uma região específica. (YNOUE et al., 2017).

Tal característica é de suma importância para a sociedade, de modo gerar informações essenciais para a predição e prevenção de desastres naturais, oriundos de eventos atmosféricos, como granizo, tempestades e inundações. Condições tais que, afetam diretamente atividades humanas nos mais diversos setores, como agricultura, construção civil, recursos hídricos, aviação, saúde, moradias, entre outros. (SILVA, 2005).

2.4 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

São compostas por um conjunto de sensores que fazem a análise do tempo meteorológico através da coleta de dados (Figura 4). Estes equipamentos registram o volume de chuvas, a umidade do ar, o sentido e a velocidade dos ventos, a radiação solar, a temperatura e pressão atmosférica. No Brasil existem diversos institutos de meteorologia e análise de dados deste segmento. O mais importante e conhecido deles é o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que segundo as informações divulgadas pelo instituto, são mais de 500 estações automáticas e mais de 258 estações convencionais espalhadas pelo país. Além deste, existe o Instituto de Pesquisa Espaciais (INPE) assim como o Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA). Podemos contar também com outros grandes grupos, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) assim como órgãos estaduais, regionais e juntamente com empresas privadas.

Figura 4 - Estação Automática no município de Rolante



Fonte: O autor (2021)

2.5 ESTAÇÕES CONVENCIONAIS

Este modelo de estação exige a presença diária de uma pessoa para coleta de dados. Os instrumentos que compõem esse tipo de estação normalmente são de leitura direta, com sistema físico e/ou mecânico de registro, como o pluviógrafo, o anemógrafo ou o termohigrógrafo, os quais se dividem em três classes. Aquelas que medem todos os elementos meteorológicos são classificados dentro da Primeira Classe, as estações que não realizam as medidas de pressão atmosférica, radiação solar e vento, são de Segunda Classe e aquelas que medem apenas a temperatura máxima, mínima e a chuva, compõe a Terceira Classe (TAGLIAFERRE et al., 2010).

2.6 ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS

Estas estações permitem uma coleta de dados totalmente automatizada onde os sensores transmitem informações, que são registrados por um sistema de aquisição de dados (*Datalogger*), que possibilita o armazenamento e o processamento dos dados. Usualmente estes modelos são os mais comuns, uma vez que podem transmitir as informações remotamente, não necessitando da coleta diária de dados por uma pessoa.

Estas estações estão sendo cada vez mais introduzidas em campo, em função da automatização na aquisição de dados meteorológicos, por razões que vão desde a capacidade de amostragem até as facilidades em comunicação, organização e armazenamento dos dados, qualquer que seja seu objetivo (TANNER, 1990).

2.7 SENSORES DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA

Como este tipo de estação requer apenas componentes eletrônicos para a amostragem e processamento de dados, ela pode operar quase que independentemente, possibilitando uma instalação remota, que faz a transmissão das leituras via internet. Estas estações normalmente são compostas por cinco sensores fundamentais. O Pluviômetro de báscula, que mede a precipitação de chuva, o Anemômetro responsável por medir a velocidade e direção do vento, o Piranômetro que identifica a irradiação solar, o Termômetro que mede a temperatura e o Higrômetro, que registra a umidade do ar (Figura 5).

Figura 5 - Sensores de Irradiação e Anemômetro no Prédio Verde da Feevale



Fonte: O autor (2021)

3 MICROCONTROLADOR, COMUNICAÇÃO LORA E MACHINE LEARNING

Um microcontrolador caracteriza-se por um circuito integrado composto por um processador, memória e periféricos. Comumente eles são utilizados em controle de produtos e periféricos ou no ramo da automação, nos mais variados itens, que vão desde sistemas mais complexos para controle de motores automotivos, até recursos mais simples como itens domésticos e brinquedos. Em comparação aos microprocessadores tradicionais, os microcontroladores tem um consumo menor de energia, um tamanho reduzido e um custo bem menos elevado, tornando-se sem dúvida uma alternativa eficiente para muitas aplicações e processos específicos.

Tais dispositivos são altamente eficientes quando, juntamente com o fornecimento de energia através de baterias, enviam dados remotamente para um dispositivo central, por meio de transmissão sem fio, seja ela Rádio, Bluetooth, WiFi, NFC ou tecnologia LoRa, sendo esta última, a tecnologia que será utilizada neste projeto.

3.1 ESP32-WROOM32

A família ESP32, produzida pela empresa chinesa Espressif Sistemas e fabricado pela TSMC, emprega especificamente um microprocessador Tensilica Xtensa LX6. Este componente é o sucessor do ESP8266, e possui uma antena RF integrada a placa, que permite comunicação Wi-Fi e Bluetooth (Figura 6).

Figura 6 - Microcontrolador ESP32-WROOM32



Fonte: O autor (2021)

3.2 COMUNICAÇÃO LORA

O termo LoRa tem origem na junção das palavras em inglês *Long Range*, que significa explicitamente Longo Alcance, que é a principal característica desta transmissão sem fio, pois a mesma faz jus ao aspecto de cobertura de sinal, que esse tipo de comunicação é proposto para cobrir regiões de 5 a 10km. Ela é baseada em uma técnica de Chirp Spread Spectrum (CSS), desenvolvida inicialmente pela Semtech Corporation e que agora se mantém sob a operação da LoRa Alliance. Com este tipo de comunicação, é possível transmitir e receber dados de pouco conteúdo informativo, através de distâncias muito longas, com uma taxa mínima de consumo energético e baixíssima distorção de frequência. Tem um forte uso na área da Internet das Coisas (IoT), com o aspecto de permitir o sensoriamento remoto ou até mesmo a ativação de outros componentes elétricos por um meio sem fio, sem um consumo elevado de energia para a transcepção das informações (Figura 7).

Figura 7 - Módulo de comunicação LoRa 1278F30



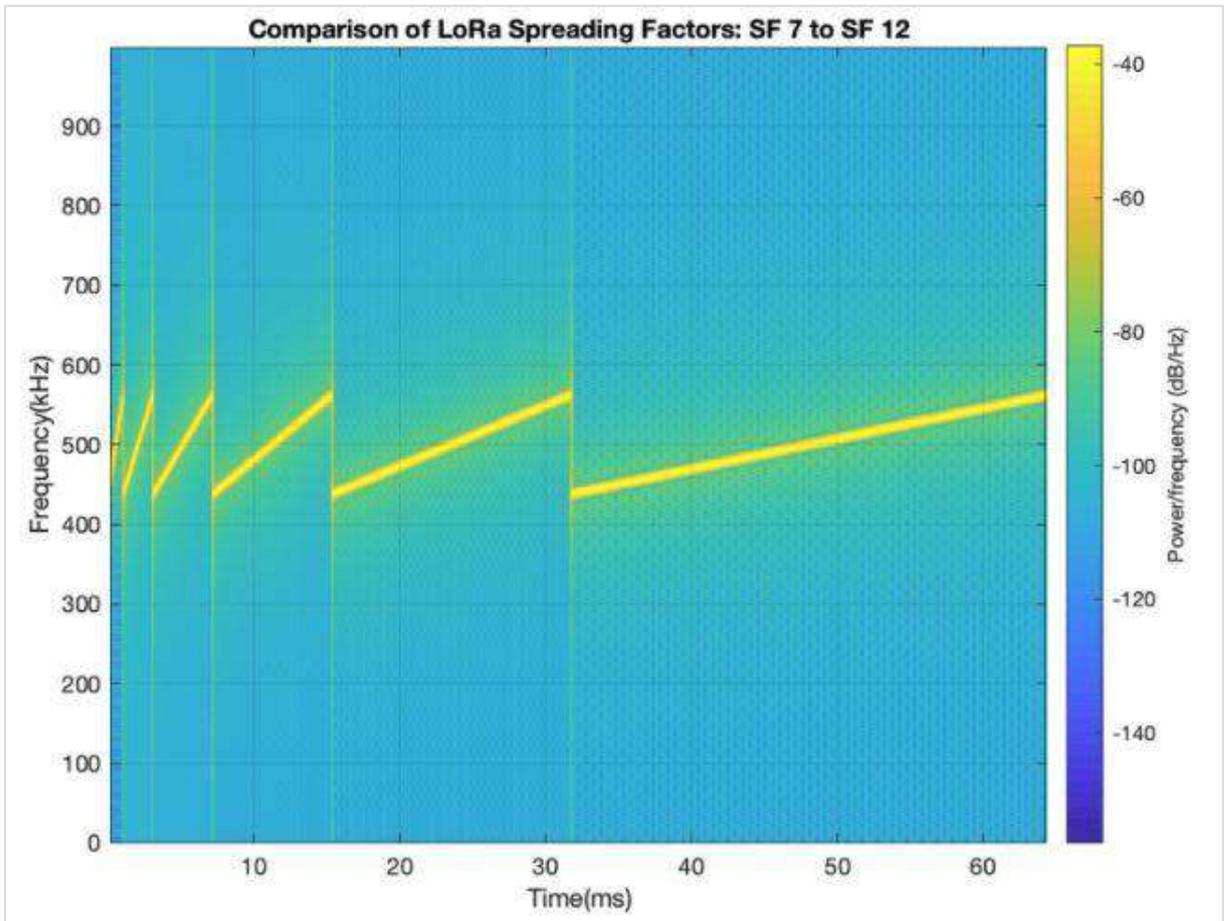
Fonte: O autor (2021)

3.3 FUNCIONAMENTO E PROTOCOLO

Através da modulação de espectro CSS, que produz pulsos em forma de chirps com uma variação linear de frequência ao longo do tempo (Figura 8), os sinais são transmitidos por longas distâncias sem serem afetados pelo efeito Doppler, em função da técnica de deslocamento de frequência versus tempo, permitindo uma liberdade de desvio de frequência de até 20% da largura de banda sem que o desempenho seja afetado, o que permite reduzir o

custo dos transmissores LoRa, uma vez que não se faz necessária uma precisão extrema dos cristais utilizados na fabricação dos circuitos. (AUGUSTIN et al,2016).

Figura 8 - Comparação de fatores de propagação CSS de uma transmissão LoRa



Fonte: Semtech (2021)

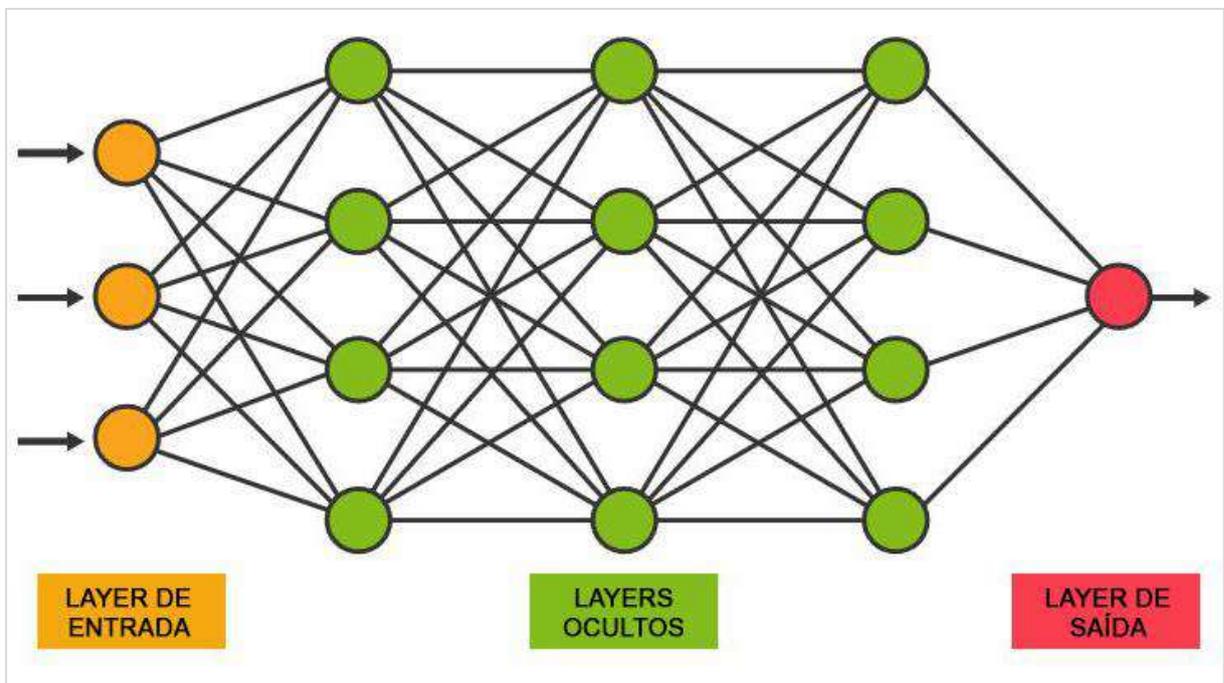
Dentro de uma rede LoRa normalmente são encontrados poucos equipamentos os quais são determinados pela seguinte topologia: um componente LoRa transmite os dados recebidos dos sensores para um Gateway, o qual também possui tecnologia LoRa. Estes Gateways transmitem então as informações aos servidores que gerenciam o restante da rede, tratam os dados e devolvem uma resposta caso necessário (COSSINI, 2016).

3.4 MACHINE LEARNING

Com o advento da tecnologia, a integração de sistemas e o grande número de usuários que alimentam toda essa rede com informações do mundo externo, que vão desde características e hábitos, até padrões e comportamentos, os bancos de dados de informações estatísticas se tornou tão grande, que o processamento automatizado destes elementos deixou de ser ficção científica e passou a ser uma realidade aplicável. A complexidade computacional permite, através de métodos matemáticos e estatísticos, uma previsibilidade de dados fantástica. Junto a isso, algoritmos e instruções específicas, permitem com que máquinas realmente possam aprender a avaliar situações e determinar ações.

Estes conceitos estão conservados sob os conteúdos da Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence*) e do Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*). A grande diferença entre elas, é que a primeira consegue fazer deduções através de padrões. A segunda é mais similar à estatística computacional, que apenas faz previsões. Conforme apresenta Simon (2013 apud SAMUEL, 1959) o aprendizado de máquina é o campo de estudo que dá aos computadores a habilidade de aprender sem serem explicitamente programados (Figura 9).

Figura 9 - Esquema básico de funcionamento de uma Rede Neural Artificial



Fonte: McCulloch e Pitts (1943)

Nestes modelos de aprendizado automático, os algoritmos aprendem com seus erros e podem fazer previsões de dados através de inputs amostrais, ao invés de simplesmente realizar instruções pré-programadas.

Usualmente quando comparamos o *Machine Learning* com a estatística computacional, notamos que ambos focam em fazer previsões através de métodos estatísticos e são utilizados em uma variedade de tarefas computacionais, como por exemplo reconhecimento de fala, movimentação automatizada de robôs, reconhecimento de caracteres escritos (OCR), diagnósticos médicos, etc. Muito utilizado por pesquisadores, analistas e engenheiros para produzir decisões e/ou resultados confiáveis, assim como planejar modelos complexos para criarem análises preditivas.

3.5 TENSORFLOW

É uma biblioteca de aprendizado de máquina, de código aberto, aplicada a redes neurais, capaz de detectar padrões, desenvolvida pela equipe do Google Brains e licenciado sob o Apache 2.0 desde 2015. Pode ser executado em múltiplas CPUs e está disponível para Linux, Windows, MacOS e demais plataformas menores, como Android, iOS, RasPi, Arduino, entre outras.

4 METODOLOGIA

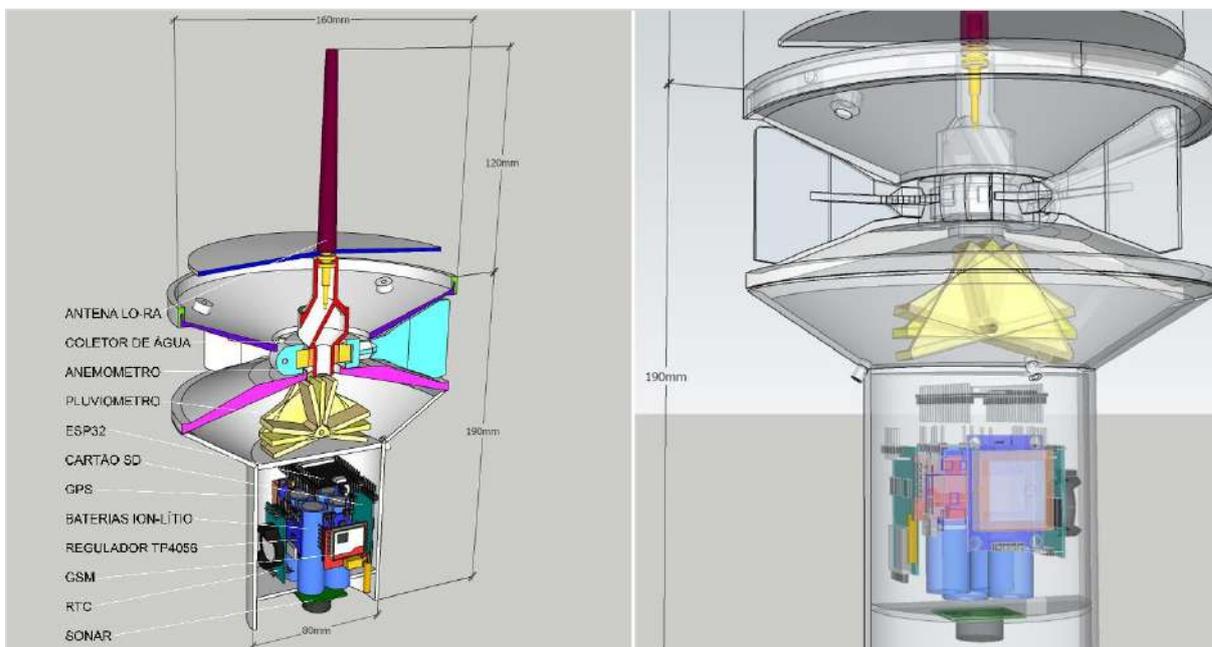
Nesta seção, estão apontadas as principais partes da confecção da estação meteorológica, incluindo os sensores, microprocessador, registro de informações e transmissão, assim como demais componentes eletrônicos. As etapas de construção dos módulos e circuitos serão detalhadas ao longo desta etapa, juntamente com a descrição da função de cada um deles.

4.1 VISÃO GERAL DA ESTAÇÃO

Este projeto previu a confecção e validação de uma estação meteorológica, sobre o leito de um dos afluentes do Rio dos Sinos, a qual contou com dispositivos eletrônicos capazes de registrar, armazenar e transmitir as devidas medições através de uma rede sem fio integrada.

Uma vez que a maioria dos conceitos e métodos utilizados neste trabalho, pertinentes aos módulos, sensores e demais componentes, foram estudados durante a graduação, a concepção não é complexa, restando apenas avaliações posteriores, comprovando a viabilidade e funcionamento da estação.

Figura 10 - Conceito 3D inicial da estação meteorológica

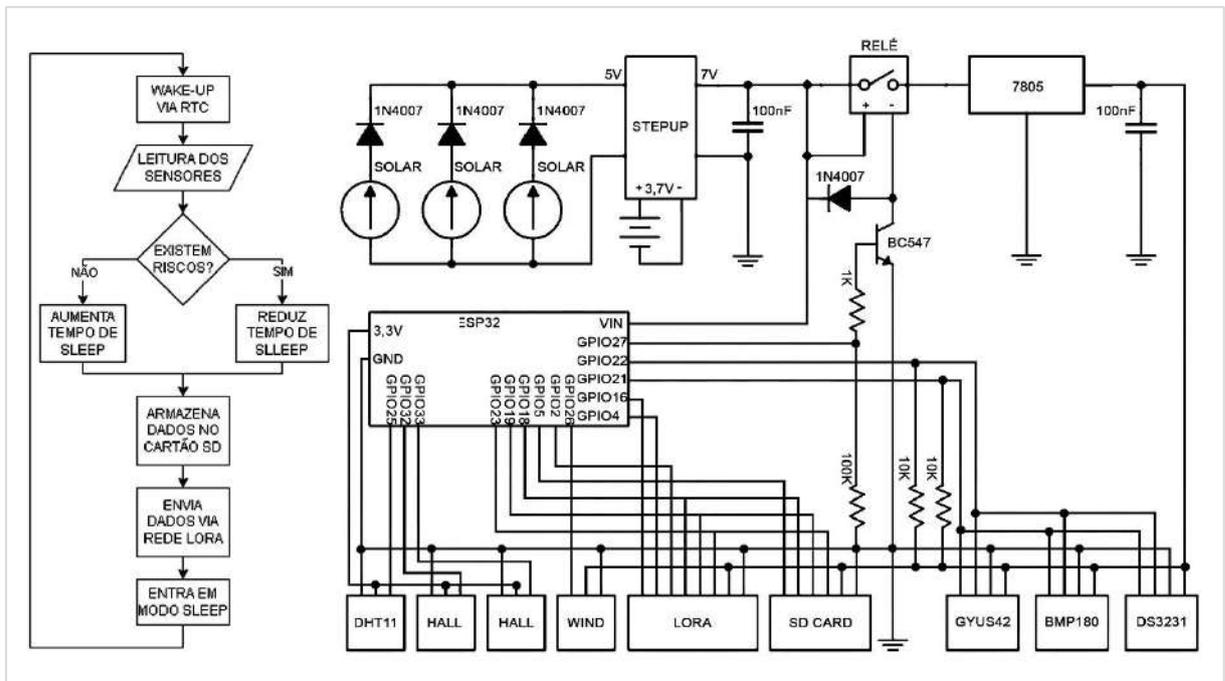


Fonte: O autor (2021)

De modo geral, a estação é constituída de uma antena para transmissão de dados, um pluviômetro, um anemômetro, um microcontrolador ESP32, sensores de temperatura e umidade, módulos SD e RTC, bateria e reguladores, painéis solares e um sonar (Figura 10).

O método de funcionamento é bastante simples, o controlador principal da placa sai do modo hibernação no qual se encontrava para reduzir o consumo de bateria, realiza a leitura dos sensores, avalia se as leituras estão dentro dos parâmetros pré programados de acordo com cada estação e sua localização e altura com relação ao nível do rio, determina se há ou não risco de forma permanecer menos tempo em modo de hibernação e realizar as leituras com mais frequência, registra os dados e então os envia pela rede sem fio, voltando novamente ao estado de hibernação, fazendo com que a alimentação dos sensores seja desabilitada, por consequência, reduzindo o consumo e prolongando a sua autonomia conforme a Figura 11 apresenta.

Figura 11 - Fluxograma e diagrama eletrônico

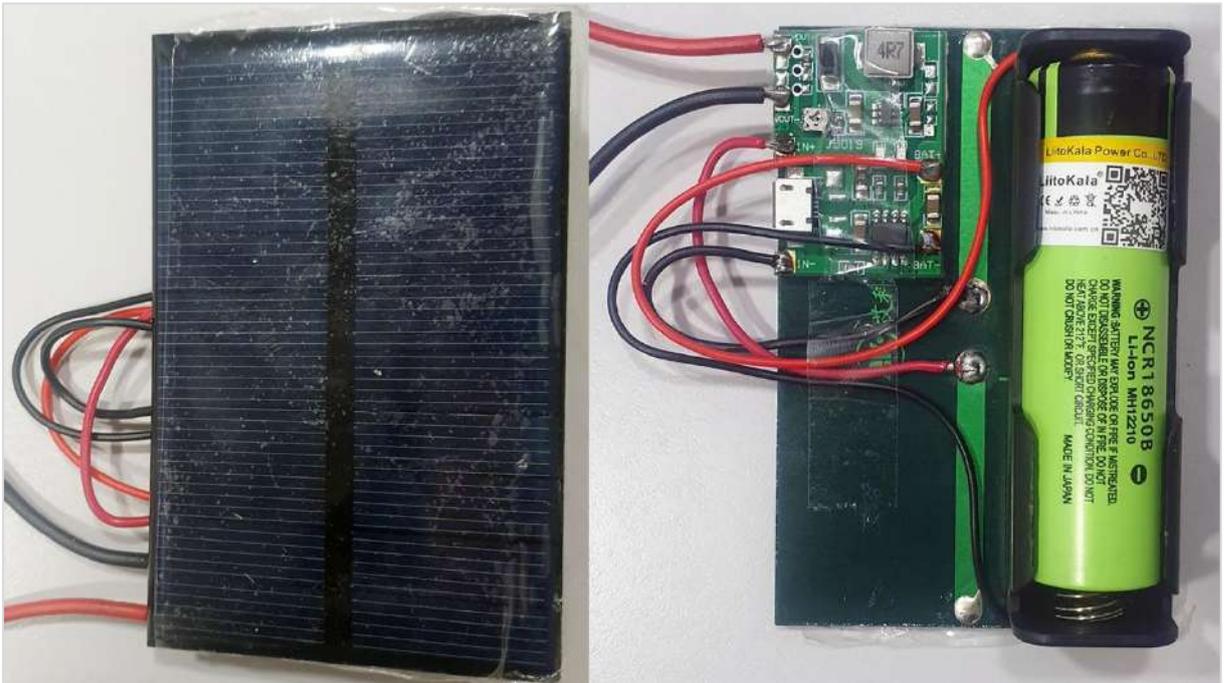


Fonte: O autor (2022)

4.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Após testes iniciais utilizando alguns dos módulos supracitados, percebeu-se que as baterias e célula solar conceituais iniciais não seriam suficientes para o fornecimento de energia do projeto, considerando a viabilidade de uma comunicação e operação de forma autossustentável. Portanto, as baterias iniciais previstas, as quais eram quatro células de íon de lítio de 3,7 V modelo 14500 foram substituídas por uma única célula maior de 3,7 V (podendo chegar a 4,2 V em plena carga) modelo 18650, de capacidade de 3400 mA. Também foi realizada a adição de mais duas placas solares, totalizando três placas de 5 V, com capacidade máxima de até 200 mA cada uma.

Figura 12 - Foto da placa solar em conjunto com o carregador e bateria

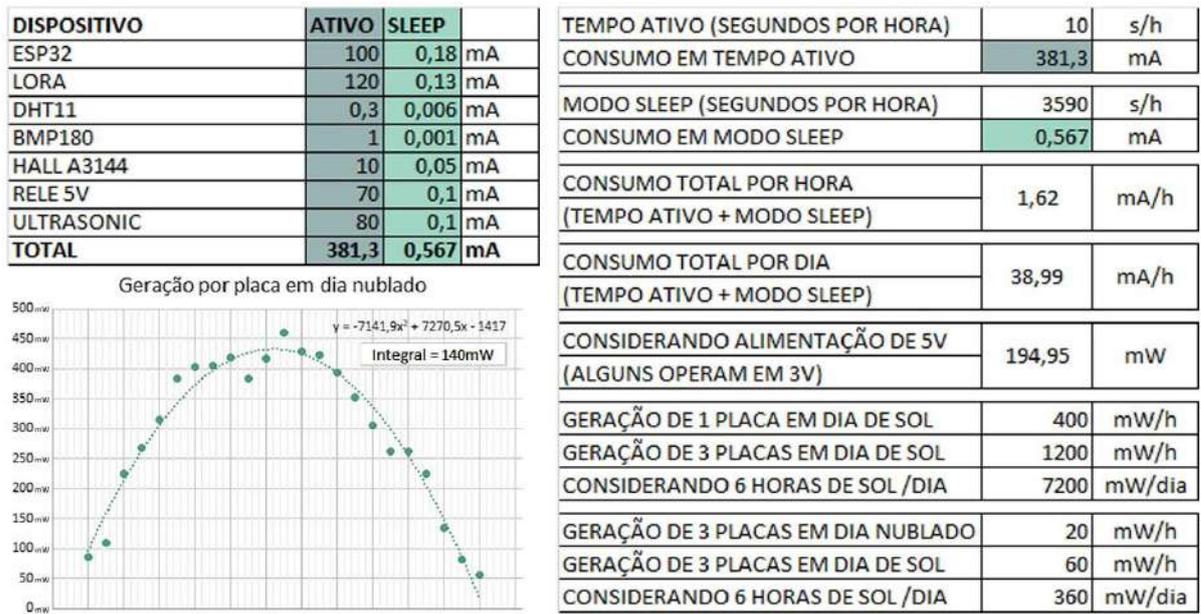


Fonte: O autor (2022)

Em função destas alterações, também foi necessária a adição de um módulo de energia, responsável por carregar e regular a tensão da bateria permitindo assim que, mesmo com uma tensão abaixo dos 5 V na placa solar, o que ocorre em situações de pouca luminosidade, ainda é possível carregar a célula de íon de lítio. Esta mesma célula requer uma regulação cautelosa, por se tratar de um material delicado, podendo entrar em combustão se não utilizada de forma correta. Tal regulação também é feita pelo mesmo módulo de energia (Figura 12). A partir desta regulação, a tensão de 3,7 V da bateria é elevada para aproximadamente 7 V através de um *step-up* também presente nesta placa.

Para comprovar a eficiência energética deste conjunto e garantir o funcionamento ideal da estação, foram realizados testes em dias nublados e ensolarados, em diferentes horários, apresentando que a geração de energia satisfaz o consumo, que além de reduzido será esporádico apenas nos momentos de leitura e transmissão, os quais ocorreram de hora em hora ou menor tempo caso necessário. Através destas informações, realizando uma integral com referência na linha de tendência dos pontos do gráfico, é possível comprovar isso (Figura 13).

Figura 13 - Geração e consumo



Fonte: O autor (2022)

Tais medições foram realizadas utilizando o sensor de corrente INA219 e um divisor de tensão conectado a um módulo ADC1115 de 16 bits de precisão, ambos conectados a uma ESP32 que apresentava as informações via Bluetooth através do aplicativo Blynk (Figura 14).

Figura 14 - Testes de geração utilizando INA219 e ADC1115, via ESP32 e Blynk



Fonte: O autor (2022)

Através destes testes, os resultados parciais obtidos apresentam uma geração de mais de 400 mW por placa, em dias ensolarados, que representa o melhor caso, e de cerca de 20 mW por placa, na sombra em dias nublados. Considerando os mesmos cálculos utilizados para geração fotovoltaica de seis horas diárias de luminosidade, tais leituras apresentam uma geração aproximada de 360 mW por dia no pior caso, que é mais que suficiente para o funcionamento da estação realizar leituras e transmissões de hora em hora, a qual consome cerca de 200 mW por dia.

4.3 ANEMÔMETRO E SENSOR DE DIREÇÃO DO VENTO

A movimentação das massas de ar é definida pelas interações entre as escalas espaciais (tamanho) e escalas temporais (tempo), constituindo o que conhecemos como vento. O parâmetro de medição utilizado nas estações meteorológicas é de quilômetros por hora (km/h) e a direção do vento é apontada pelos pontos cardeais e colaterais (YNOUE et al, 2017).

Os sensores responsáveis por determinar a direção e velocidade dos ventos são nomeados Biruta e Anemômetro, respectivamente, onde o primeiro, tem seu uso mais comum como um cone de tecido, o qual é preenchido pela massa de ar e se direciona através da rotação, apontando a direção do vento. Modelos mais tecnológicos podem utilizar *encoders* ou até mesmo sonares para análise de efeito doppler (MOURA et al, 2018). O segundo é usualmente dotado de três conchas rotacionais que formam ortogonais com um eixo vertical em comum, o qual leva o nome de Anemômetro tipo Robinson. Ele mede a velocidade do vento em função da sua velocidade de rotação relacionada ao seu raio e pode operar em qualquer direção uma vez que sua estrutura é simétrica. (COSTA, 2014).

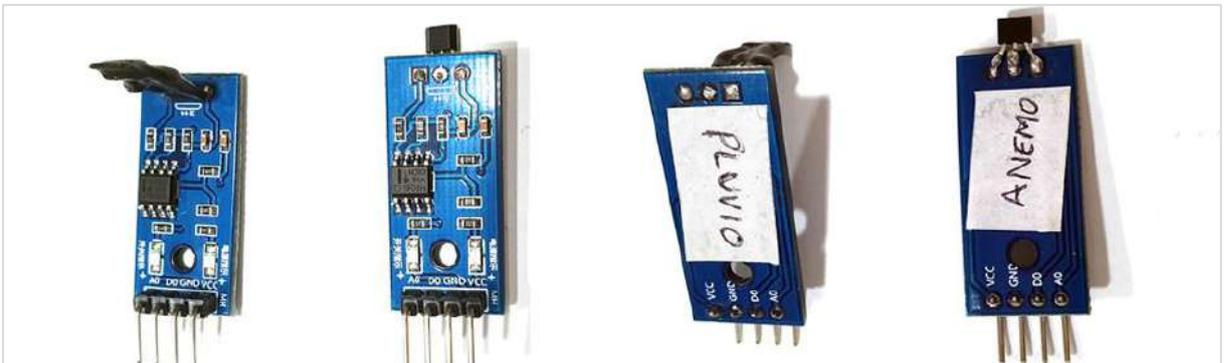
Neste projeto, o sensor de velocidade do vento é constituído de três palhetas de igual tamanho e forma, distribuídas simetricamente a 120 graus uma da outra, fixadas por um rolamento 6000, capaz de suportar uma alta velocidade de rotação com o mínimo atrito possível, podendo ser exposto ao tempo sem maiores complicações uma vez que o mesmo é selado (Figura 15). Uma das palhetas tem em sua base um pequeno ímã de Neodímio, o qual produzirá uma alteração de campo magnético, captada por um Sensor Hall 3144 (Figura 16), localizado abaixo da estrutura externa, protegido das intempéries climáticas. Este sensor envia um sinal digital ao microcontrolador ESP32, que contará o tempo entre os pulsos, levando em consideração o raio da estrutura, resultando no valor da velocidade do vento.

Figura 15 - Teste conceitual do anemômetro em papelão e palhetas em 3D



Fonte: O autor (2022)

Figura 16 - Sensor Hall 3144 para anemômetro e pluviômetro



Fonte: O autor (2022)

Juntamente ao anemômetro há ainda uma palheta direcional de bico único, responsável por avaliar a direção do vento. Esta também se rotaciona por meio de um rolamento, porém este de menor tamanho, sendo um 607ZZ. Para melhor desempenho do mesmo, a graxa interna foi removida e substituída por grafite em pó, melhorando consideravelmente seu movimento (Figura 17). Este bico conta também com um pequeno ímã de Neodímio, o qual opera em conjunto com oito sensores magnéticos do tipo Reed-Switch. Estes sensores estão em conjunto com uma malha de resistores, constituindo uma escala de divisores de tensão, produzindo assim um sinal analógico a ser interpretado pelo microcontrolador ESP32.

Figura 17 - Conceito da biruta em papelão, rolamento e modelo 3D



Fonte: O autor (2022)

4.4 PLUVIÔMETRO

Conforme cita Cavalcanti (2000), a precipitação é o fenômeno em que a água condensada na atmosfera atinge a superfície terrestre, se originando nas nuvens, formadas pelo resfriamento de massas de ar na atmosfera através de transformação adiabática.

Em função do seu custo reduzido e da simplicidade operacional, o sensor para a análise da precipitação é o pluviômetro de modelo balança, o qual consiste em uma pequena gangorra, com dois compartimentos de volume idêntico, onde apenas um permanece ativo, enquanto o outro encontra-se em repouso. Oscilando na frequência a qual o recipiente atinge o nível cheio, desequilibrando a gangorra e invertendo o recipiente. (MILANESI et al., 2017).

Vale ressaltar que este modelo opera com movimento constante enquanto realiza a coleta de água. Desta forma, em determinado período de movimentação, quando a gangorra se encontra em transição, não há coleta de água por nenhum dos recipientes, ocasionando erros na totalização do índice pluviométrico. Tal erro é acrescido proporcionalmente com o nível de chuva, considerando que o mesmo realiza maior movimentação. É necessário observar também que ventos intensos área de captação e resolução milimétrica do recipiente influenciam e interferem na qualidade das medições (SEIBERT & MORÉN, 1999).

De acordo com Tanner (1990), podem ocorrer erros de até 10%, nos sensores de pior resolução. Em função disso a WMO (2008) aconselha que pluviômetros de balança possuam

0,2 mm de resolução, pois o armazenamento em cada recipiente é o dobro dos pluviômetros que possuem menor frequência na sua movimentação, gerando um índice menor de erro.

Durante o período de projeto e testes, foi impresso em 3D um modelo primário da gangorra a fim de validar a concepção do 3D e poder aferir as condições de erro pela movimentação do mesmo (Figura 18). Nestes testes, distintas porções de água foram aplicadas ao pluviômetro, coletadas e medidas, para então se obter o desvio da leitura ocasionada pela transição da gangorra apresentado na Equação (1).

$$y = 0,0173x \cdot 0,0813 \quad (1)$$

Onde a variável “x” representa os pulsos do pluviômetro detectadas pelo sensor Hall no período de 1 minuto, onde cada pulso representa que a gangorra mudou de lado. A variável “y” representa o volume em litros que foi coletado neste mesmo espaço de tempo, equivalendo aproximadamente a 19 ml para cada lado, permanecendo dentro da margem dos 10% de erro dentro da resolução de 0,2 mm permitindo que o modelo final fosse concebido (Figura 19).

Figura 18 - Testes para validação do pluviômetro de gangorra



Fonte: O autor (2022)

Figura 19 - Versão final em 3D do pluviômetro de báscula



Fonte: O autor (2022)

4.5 TERMÔMETRO E HIGRÔMETRO

Em 1820, John Frederic Daniell concebeu um sensor composto por substâncias capazes de absorver e mensurar a umidade, o qual foi denominado higrômetro, que é utilizado para a medição de vapor na atmosfera (ELIAS, 2014).

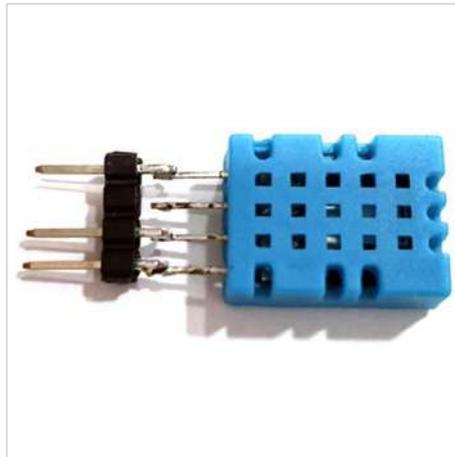
Os sensores de temperatura, possuem uma gama mais variada de modelos, não se tendo exatidão na sua data de concepção. De toda forma, qualquer que seja o modelo, eles têm em comum a característica de detectar a variação de temperatura e assim convertê-la em uma grandeza elétrica. Os tipos mais conhecidos são termistores e termopares (SHINGUE, 2008).

O primeiro tipo citado, altera sua resistência de acordo com a temperatura, podendo ser do tipo NTC (coeficiente negativo) ou PTC (coeficiente positivo). Os termopares são constituídos por uma junção bimetálica, de forma que ao sofrerem com a variação de temperatura, geram uma diferença de potencial em seus terminais (COSTA, 2014).

Conforme Campbell e Tanner (1981), a escolha do sensor é de suma importância para a estação meteorológica, devendo-se adotar a seguinte ordem de prioridade: acurácia, custo, manutenção e consumo de energia. Também é importante avaliar que, para sensores de temperatura e umidade, os mesmos sejam duplos, permitindo uma maior integridade nos dados, que embora aumente o custo do projeto, é compensado pela precisão das leituras realizadas.

A fim de atender as observações citadas, o sensor utilizado é o DHT11 (Figura 20), responsável por aferir a temperatura e umidade. Este sensor tem boa precisão, com uma gama de leitura na temperatura de 0°C a 50°C e a umidade de 20% a 90%, um custo significativamente reduzido, baixo consumo de energia e uma fácil implementação, possuindo quatro terminais, porém apenas três se fazem necessários (dois para alimentação e um para sinal).

Figura 20 - Sensor DHT11



Fonte: O autor (2022)

Para esta comunicação entre o sensor e o microcontrolador se faz necessário o uso de uma biblioteca *opensource* denominada “DHT.h”, disponível na página do GitHub e fornecida pela empresa Adafruit. Através dela é possível apenas definir o GPIO utilizado para comunicação e receber os valores de leitura formatados (Figura 21).

Figura 21 - Trecho do código de leitura do DHT11

```
#include <DHT.h>           // Importa biblioteca DHT

#define DHTPIN 12          // GPIO conectado ao sensor DHT11

#define DHTTYPE DHT11     // Define o tipo do sensor DHT

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Relaciona o tipo do sensor e o pino

void setup() {
  dht.begin(); // Inicializa a comunicação
}

void loop() {
  float t = dht.readTemperature(); // Leitura da temperatura para variável "t"
  float u = dht.readHumidity();     // Leitura da umidade para variável "u"
}
```

Fonte: O autor (2022)

Para permitir uma maior integridade dos dados lidos, também foi utilizado o sensor BMP180 (Figura 22), capaz de ler temperaturas que variam de -40°C até 85°C , assim como ler a pressão atmosférica, que é muito importante para a determinação do ponto de orvalho e de futuras mudanças climáticas. As leituras deste sensor variam de 300 hPa até 1100 hPa.

A comunicação deste sensor se dá através do protocolo I2C, bastante convencional em microcontroladores, onde um terminal é responsável pelo sinal de *clock* (SCL) e outro pelo sinal de dados (SDA). Da mesma forma que o sensor anterior, este faz o uso de uma biblioteca específica para comunicação denominada “WIRE.h” e outra para tratamento das informações, denominada “BMP085.h” (originada do sensor predecessor BMP85) ambas *opensource* e igualmente disponíveis na página do GitHub e fornecidas pela empresa Adafruit. Porém não requer a definição de pinos, que a ESP32 tem seu I2C em pinos padrões, sendo o GPIO22 para SCL e GPIO21 para SDA. Ao invés disso, requer um número de endereço, pois através do I2C é possível comunicar com diferentes sensores usando o mesmo barramento (Figura 23).

Figura 22 - Sensor BMP180



Fonte: O autor (2022)

Figura 23 - Trecho do código de leitura do BMP180

```
#include <Wire.h>           // Inclui a biblioteca d comunicação I2C
#include <Adafruit_BMP085.h> // Inclui a biblioteca do sensor BMP
Adafruit_BMP085 bmp;       //Declara o objeto bmp

void setup() {
  bmp.begin(); // Inicializa a comunicação
}

void loop() {
  float t = bmp.readTemperature(); // Leitura da temperatura para variável "t"
  float p = bmp.readPressure();    // Leitura da pressão para variável "p"
}
```

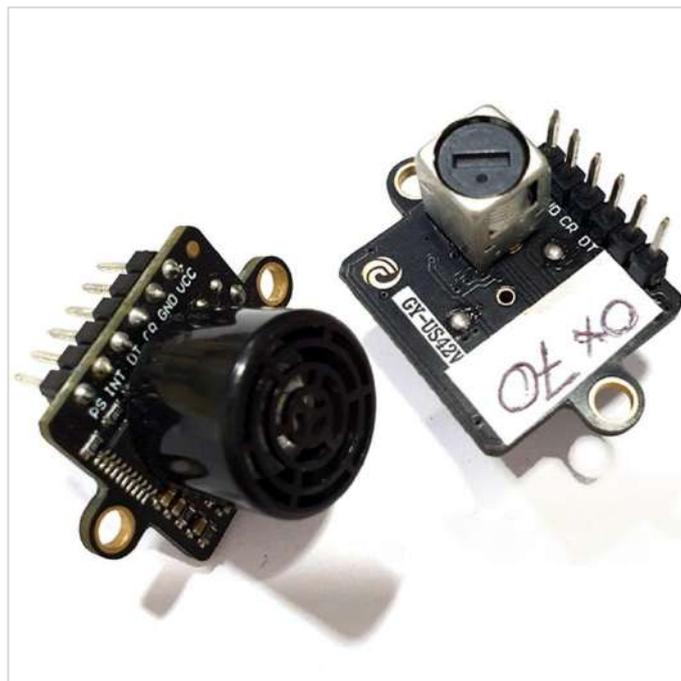
Fonte: O autor (2022)

4.6 NÍVEL PLUVIAL

Um dos grandes diferenciais deste projeto, com relação a outras estações meteorológicas, é que a estação proposta neste projeto opera sobre o leito do rio, diferentemente das que são posicionadas em torres ou em locais de terreno fechado. Desta forma, possibilitando medir o nível e por consequência o volume passante, em tempo real, presente na calha do rio. Para isso, se faz necessário a utilização de um sensor ultrassom de longo alcance, o qual seria utilizado o modelo LV-EZ4 da Maxbotix, que permite uma leitura de distância de até 10 m, com resolução de aproximadamente 3 cm. Contudo este sensor não está disponível no Brasil e a importação do produto comprometeria o prazo deste projeto.

Sendo assim, optou-se por utilizar o GY-US42V (Figura 24) que é um sensor similar e possui características tão boas quanto o original. Tendo como maior deficiência seu alcance, que é de sete metros ao invés dos dez metros do sensor original. Entretanto, como vantagem seu custo é significativamente menor.

Figura 24 - Sensor utilizado GY-US42V



Fonte: O autor (2022)

A comunicação deste sensor se dá através dos pinos de I2C, junto a outros sensores no mesmo barramento, mudando apenas seu endereço. A biblioteca utilizada para este sensor não foi escrita para a estrutura de processamento da ESP32, mas sim para estruturas baseadas em AVR. Entretanto se mostrou completamente funcional neste caso em específico.

O sensor possui uma saída analógica que permite, além da comunicação I2C, a leitura do eco, em milissegundos, diretamente do sonar, entretanto esta leitura tem baixa amplitude e muito ruído, o que dificulta a precisão na leitura e também a velocidade de processamento da ESP32, evidenciando a escolha da pinagem digital (Figura 25).

Figura 25 - Trecho do código de leitura do GY-US42V

```
#include <Wire.h>          // Importa a biblioteca para I2C

uint16_t Reading = 0;     // Variável para leitura

int SensorAddress = 112;  // Definição do endereço 0x70

void setup() {
  Wire.begin();           // Inicializa a comunicação
}

void loop() {
  Wire.beginTransmission(SensorAddress); // Inicializa a leitura
  Wire.write(byte(0x51));                 // Solicita ela em centímetros
  Wire.endTransmission();                 // Encerra a leitura
  Wire.requestFrom(SensorAddress,2);      // Solicita 2 bytes do sensor
  Reading = ((Wire.read()<<8)|Wire.read()); // Faz a leitura do LSB
}
```

Fonte: O autor (2022)

Partindo da premissa de que a estação estará posicionada sobre a parte central do leito, a uma altura segura, não ultrapassando 10 m a partir do talvegue do rio, içada por cabos laterais presos a estruturas nas margens, será possível calcular a altura da lâmina d'água através do sonar. Também pode-se pressupor o volume montante que está escoando em tempo real, uma vez que se sabe o desenho de cavidade da calha, a partir de uma equação que se assemelhe ao desenho do fundo.

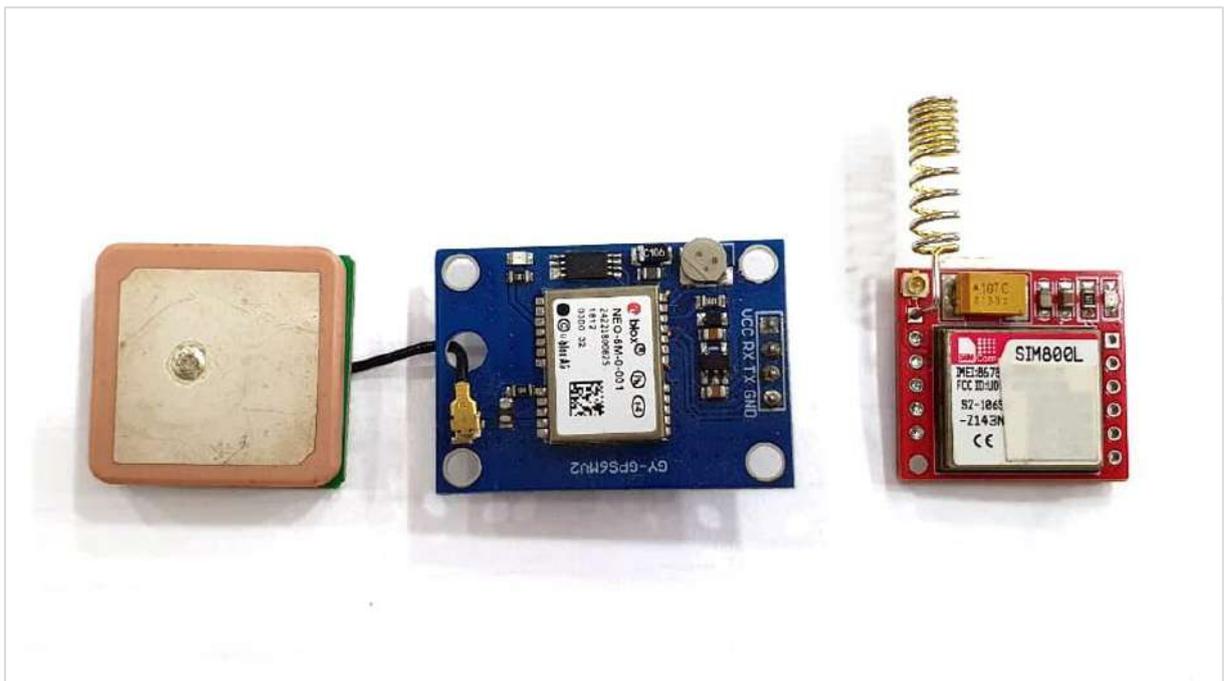
Sensores de distância do tipo ultrassom são altamente eficazes para medições de níveis de fluidos e são amplamente utilizados na indústria, sejam dentro de reservatórios fechados ou em demais ambientes abertos. Medições feitas através da análise de modulação do sinal de eco, causada pelas turbulências presentes no escoamento, em velocidades de escoamento registradas entre 1 m/s e 3 m/s mostram-se bastante satisfatórias para os fins necessários (SLONGO et al, 2016).

4.7 DATALOGGER

Inicialmente este trabalho previa a instalação de apenas uma estação meteorológica, a fim de realizar testes primários. Contudo, a proposta inicial quando este projeto foi concebido, era se obter uma rede de estações, interligadas por meio de comunicação sem fio, para que todas pudessem realizar um mapeamento do leito do rio e por consequência, obter uma melhor aquisição de informações. Considerando a quantidade de estações, assim como a possível expansão da rede para demais municípios, foi opcionalmente proposto, além de todos os sensores citados, a implementação de um módulo GPS, modelo NEO6, o qual possui uma pequena antena de cerâmica, e pode fornecer a posição de latitude e longitude da estação.

Além do posicionamento por GPS, também é possível obter a localização das estações através do módulo SIM800L que utiliza comunicação GSM, porém, não muito bem recomendada, que a maioria das estações serão instaladas em locais remotos, os quais usualmente não dispõe de uma boa cobertura de sinal de telefonia (Figura 26).

Figura 26 - GPS-NEO6 e SIM800L



Fonte: O autor (2022)

Ambos sensores supracitados são de aplicação opcional e posterior, não sendo previstos em testes neste projeto, que não afetam na captação nem na qualidade da aquisição dos dados sendo necessário considerar apenas a adição do módulo responsável pelo registro local de dados, o qual armazena o conteúdo processado em um cartão de memória SD. Para o

processamento e registro de todos os dados fornecidos pelos sensores foi utilizado o microcontrolador ESP32 o qual é bastante utilizado em redes de IoT.

Para registro dos dados no cartão SD, se faz o uso de um módulo específico (Figura 27), o qual utiliza o protocolo de comunicação SPI. Este protocolo faz a utilização de quatro GPIOs além da alimentação, sendo elas MISO, MOSI, SCK e CS, responsáveis respectivamente por dados nas duas primeiras, sinal de clock na terceira e sinal de habilitação do módulo na última (equivalente ao endereço do I2C). Este tipo de comunicação é amplamente utilizado em tecnologias embarcadas atualmente.

Figura 27 - Módulo de cartão MicroSD



Fonte: O autor (2022)

Para registro das informações no cartão se faz o uso da biblioteca “SPI.h” e a biblioteca “SD.h”, responsáveis respectivamente pelo protocolo de comunicação e pelo acesso ao cartão de memória. Em função deste módulo utilizar a comunicação SPI, deve-se informar qual o GPIO de acesso ao cartão, que neste caso é o GPIO 5, o qual é o SlaveSelect nativo da ESP32. Deve-se criar um arquivo para que as informações sejam atribuídas a ele e então vincular este a um documento de texto no formato “*.txt” presente no cartão. A partir desta etapa, o arquivo deve ser aberto em formato de escrita, os dados são adicionados um a um e o arquivo é então encerrado para escrita (Figura 28).

Figura 28 - Trecho de código do cartão de memória

```

#include <SPI.h> // Inclui a biblioteca de comunicação
#include <SD.h> // Inclui a biblioteca do cartão
File ArqLeituras; // Cria o arquivo "ArqLeituras"
const int chipSelect = SS; // Define o pino SlaveSelect

void setup() {
  SD.begin(SS); // Inicializa o cartão
}

void loop(void) { // Atribui "leituras.txt" ao "ArqLeituras" e abre para escrita
  ArqLeituras = SD.open("/leituras.txt", FILE_WRITE);
  if (ArqLeituras) { // Se estiver disponível
    ArqLeituras.print(datahora + "\t"); // Escreve a data e hora
    ArqLeituras.print(temperatura + "\t"); // Escreve a temperatura
    ArqLeituras.print(umidade + "\t"); // Escreve a umidade
    ArqLeituras.print(pressao + "\t"); // Escreve a pressao
    ArqLeituras.print(velocidade + "\t"); // Escreve a velocidade do vento
    ArqLeituras.print(direcao + "\t"); // Escreve a direção do vento
    ArqLeituras.println(nivel); // Escreve o nível do rio
    ArqLeituras.close(); // Fecha o arquivo
  }
}

```

Fonte: O autor (2022)

Ao registrar as leituras no cartão de memória, assim como ao transmitir elas, é estritamente necessário a informação de data e hora. Para que esta informação seja adquirida pela ESP32, se fez a utilização de um módulo RTC, modelo DST3231 (Figura 29), que é um relógio em tempo real de baixo consumo de energia (menos de 500 nA) e de alta precisão pois possui um cristal de oscilação de 32,768 kHz e um sensor de temperatura interno para a calibração da oscilação do cristal. Além disso, ele possui um circuito integrado responsável pela comunicação com o microcontrolador que é o próprio DS3231 e uma memória AT24C32 de 32kb para o armazenamento das informações.

Também possui uma bateria própria, modelo CR2032, de 3 V, que mantém o circuito energizado em tempo integral, independente da condição de alimentação da placa principal. A comunicação entre este módulo e a ESP32 se dá através do protocolo I2C, com endereço de acesso 0x68. Esta comunicação também permite acesso direto à memória do AT24C32 do RTC, de forma ser acessada como RAM estendida do microcontrolador. Contudo, esta extensão não se fez necessária neste projeto, uma vez que a ESP32 possui 520 kB de RAM disponível.

Figura 29 - Módulo RTC DS3231



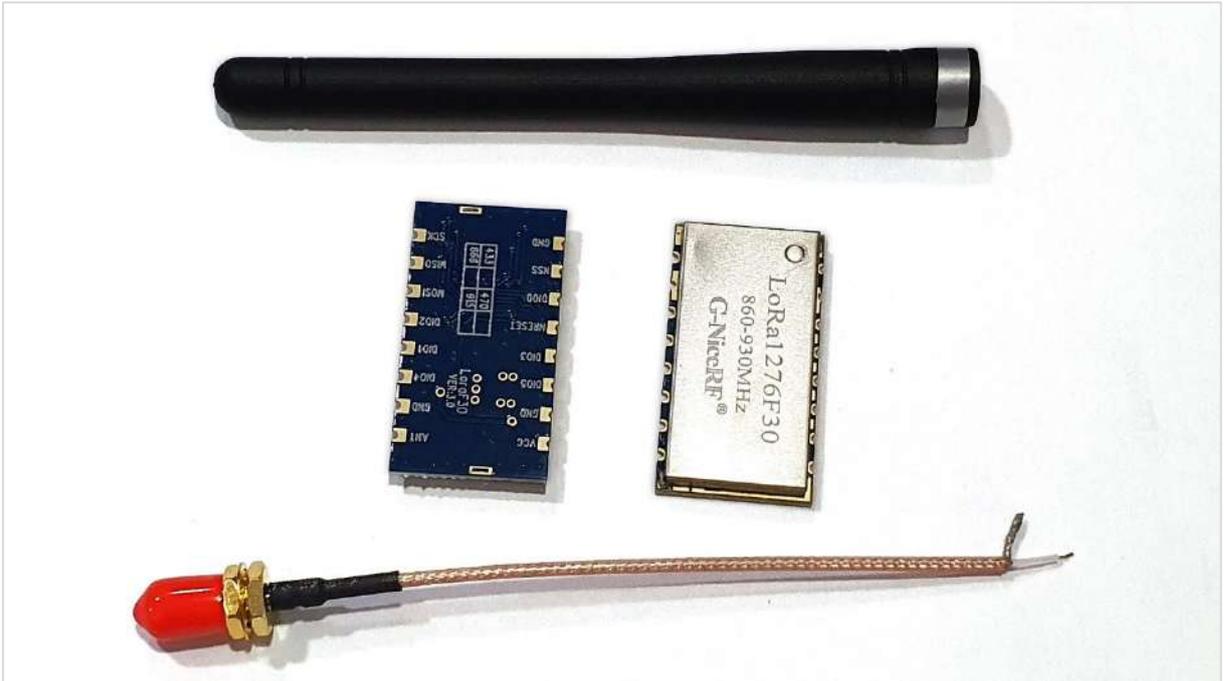
Fonte: O autor (2022)

4.8 TRANSMISSÃO VIA REDE LORA

Conforme descrito por IBRAHIM (2017), o ESP32 possui em sua estrutura inúmeros itens e recursos, sendo considerado o sucessor do microcontrolador ESP8266. Este microcontrolador atualmente faz parte de diversas placas de desenvolvimento, ampliando as possibilidades de profissionais desenvolverem novas soluções baseadas em WiFi e Bluetooth, contando ainda com um baixo custo e baixo consumo de energia e permitindo criar variadas aplicações de acesso remoto, *webservers* e *dataloggers*.

A transmissão dos dados sem fio deste projeto apoia-se na estrutura de comunicação LoRa, utilizando o módulo de comunicação 1276F30 de 500 mW (Figura 30) conectado a uma antena omnidirecional de 3 dBi o qual permite uma transmissão de dados com alcance de cerca de 8km em campo aberto e linha visada, mostrando-se mais do que ideal para a aplicação deste projeto, que visa uma transmissão de menor alcance (cerca de 2 km) porém sem linha visada plena. O componente responsável pela transmissão e recepção de dados com longo alcance é o chip SX1276, que também pode ser substituído pelos chips SX1277, SX1278 e SX1279. Todos esses módulos realizam a mesma função, porém assumem diferenças mínimas, uma delas é o intervalo de frequência (KURNIAWAN, 2019).

Figura 30 - Módulos LoRa 1276F30 com antena



Fonte: O autor (2022)

Em 2019, para a disciplina Antenas, foram realizados testes com este mesmo módulo, porém sem as configurações de hardware ideais, o que atenua consideravelmente o sinal, e utilizando apenas as definições default do módulo via programação, pois o domínio dos conhecimentos ainda era básico. Neste período, durante testes em campo, obteve-se uma comunicação de qualidade aceitável, com RSSI de -100 dBm e SNR de -10 dB, por aproximadamente 2 km em linha visada.

Após novos testes e novas configurações, assim como maiores a respeito deste módulo, ajustando por exemplo o *Spreading Factor* de 7 que é padrão, para 12, que utiliza um *Time On Air* maior, tem consumo mais elevado na transmissão e reduz a taxa de dados. E modificando via código de programação (Figura 31 e Figura 32) a potência de transmissão default de 17 dBm para 20 dBm, foi possível atingir quase 4 km de comunicação com linha visada sem perdas, notando-se apenas um tempo maior de transmissão, o que não apresenta preocupações para este projeto, uma vez que a transmissão das leituras tem objetivo de hora em hora.

Apesar destas configurações reduzirem a taxa de transmissão de uma forma considerável, os testes *indoor* usando o sonar, a ESP32, o módulo LoRa (Figura 33) e comparados com a utilização de uma trena a laser, indicam que as informações de leitura realizadas e transmitidas, foram recebidas sem distorções nem perdas, e com uma taxa de resposta bem significativa utilizando 125 kHz.

Figura 31 - Trecho inicial do código de comunicação LoRa

```

#include <SPI.h> // Biblioteca de comunicação
#include <LoRa.h> // Biblioteca LoRa
String outgoing; // Mensagem a ser enviada
String incoming; // Mensagem a ser recebida
byte localAddress = 0xBB; // Endereço local
byte destination = 0xFF; // Endereço de destino

void setup() {
  LoRa.setPins(2, 16, 4); // Pinos de CS, Reset e IRQ
  LoRa.begin(915E6); // Define a frequência em 915 MHz
  LoRa.setTxPower(20); // Pot. de transmissão 20dBm
  LoRa.setSpreadingFactor(12); // SF 12 (padrão é 7)
  LoRa.setSignalBandwidth(125E3); // Bandwidth de 125kHz
  LoRa.onReceive(onReceive); // Habilita interrupção
  LoRa.receive(); // Habilita modo de recepção
}

void loop() {
  sendMessage(message); // Envia mensagem
  LoRa.receive(); // Volta para modo de recepção
}

```

Fonte: O autor (2022)

Figura 32 - Trecho final do código de comunicação LoRa

```

void sendMessage(String outgoing) { // Envio
  LoRa.beginPacket(); // Inicia o pacote
  LoRa.write(destination); // Adiciona endereço de destino
  LoRa.write(localAddress); // Adiciona endereço de remetente
  LoRa.write(msgCount); // Adiciona o ID da mensagem
  LoRa.write(outgoing.length()); // Adiciona o tamanho da mensagem
  LoRa.print(outgoing); // Adiciona a mensagem
  LoRa.endPacket(); // Finaliza o pacote
  msgCount++; // Incrementa o ID
}

void onReceive(int packetSize) { // Recebimento
  if (packetSize == 0) return; // Se o pacote está vazio nada acontece
  int recipient = LoRa.read(); // Leitura do endereço do receptor
  byte sender = LoRa.read(); // Leitura do endereço do remetente
  byte incomingMsgId = LoRa.read(); // Leitura do ID
  byte incomingLength = LoRa.read(); // Leitura do tamanho da mensagem
  while (LoRa.available()) { // Enquanto houver informação
    incoming += (char)LoRa.read(); // Leitura da mensagem byte por byte
  }
}

```

Fonte: O autor (2022)

Figura 33 - Testes indoor de transmissão com LoRa



Fonte: O autor (2022)

A partir de algumas análises realizadas, a proposta era instalar este projeto no mesmo local em que se encontra uma das estações meteorológicas presentes no município, pertencente ao CEMADEN, que fica sob uma antiga ponte desativada, centralizada sobre o leito do rio. Tal proposta poderia permitir a comparação dos dados da estação atual existente com este trabalho, de forma avaliar a eficácia e fidelidade dos sensores escolhidos.

A Figura 34 mostra uma das estações de monitoramento climático presente no município, instalada após o ano de 2017, o qual teve a maior enchente registrada na história da cidade e que ocasionou muitas perdas. No canto superior esquerdo da figura, é apresentada em destaque a estação.

Figura 34 - Estação meteorológica do CEMADEN sobre antiga ponte desativada



Fonte: O autor (2021)

No local onde encontra-se a estação, é possível perceber sob a ponte em uso que faz parte da RS-239, resquícios da inundação de 2017, apresentada na Figura 35, onde troncos de árvores se acumularam ao longo do leito do rio e nas estruturas das sustentações das pontes do município, fazendo com que o fluxo de água fosse reduzido, agravando ainda mais a situação.

Figura 35 - Entulhos sob a ponte próximo à estação do CEMADEN



Fonte: O autor (2021)

A Figura 36 apresenta o detalhamento no mapa em que são mostrados os dois pontos principais deste projeto, os quais se caracterizam pela estação de monitoramento (à direita) e a central do Corpo de Bombeiros Voluntários, que seria o local de recepção da rede LoRa (à esquerda).

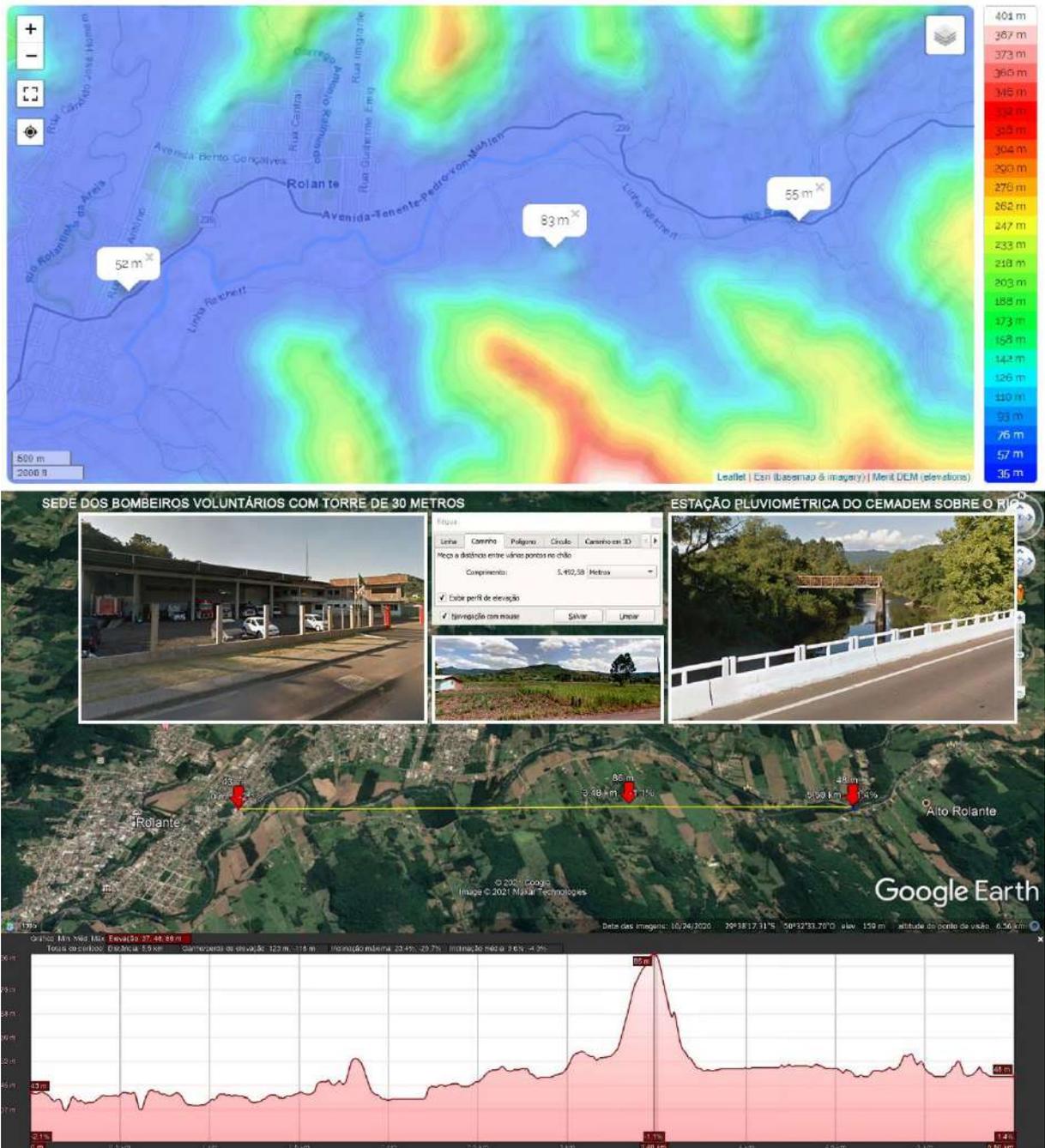
Figura 36 - Mapa dos locais principais do projeto



Fonte: O autor (2021)

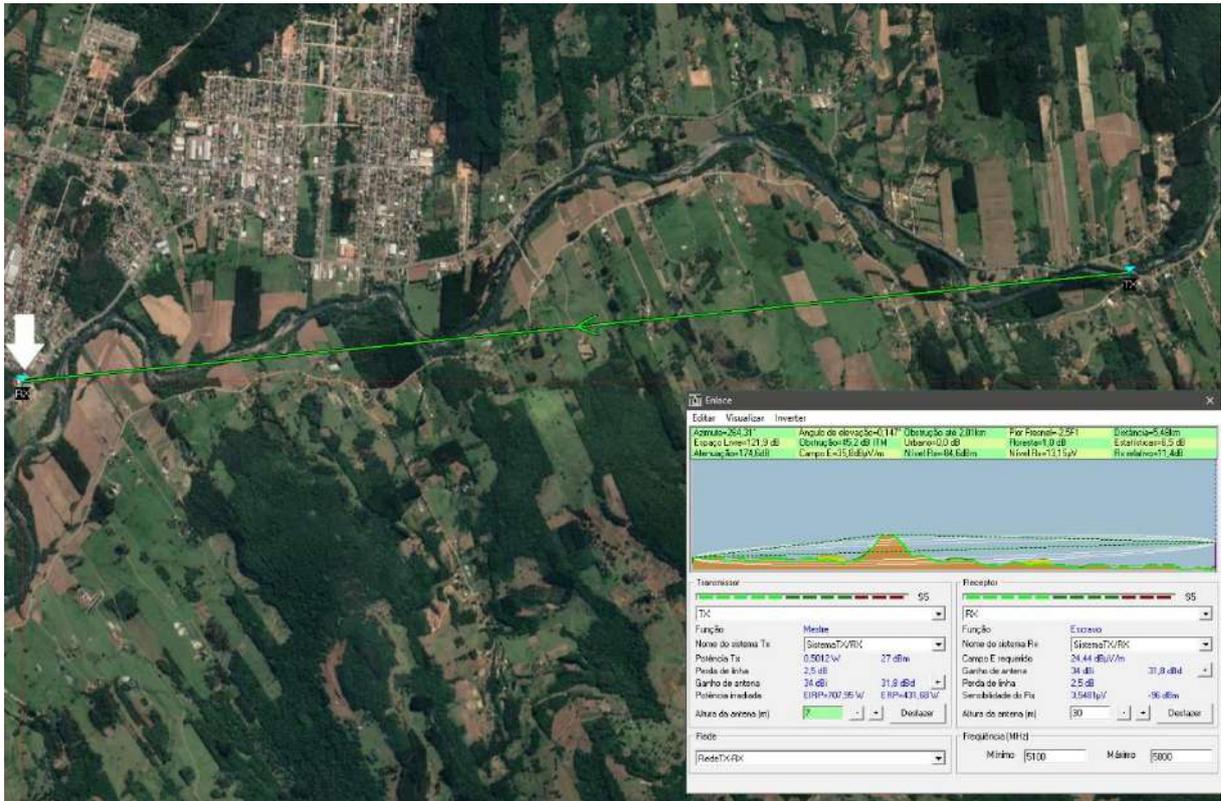
A Figura 37 apresenta o mapa de relevo da região, demonstrando previamente que a rede LoRa tem grande chance de ser estabelecida com sucesso, assim como a Figura 38 apresenta a viabilidade de comunicação entre os pontos, obtida através do software Radiomobile.

Figura 37 - Mapa de relevo



Fonte: Google Earth (2021)

Figura 38 - Análise de sinal utilizando o software Radiomobile



Fonte: O autor (2021)

4.9 GATEWAY E RECEPÇÃO DE DADOS

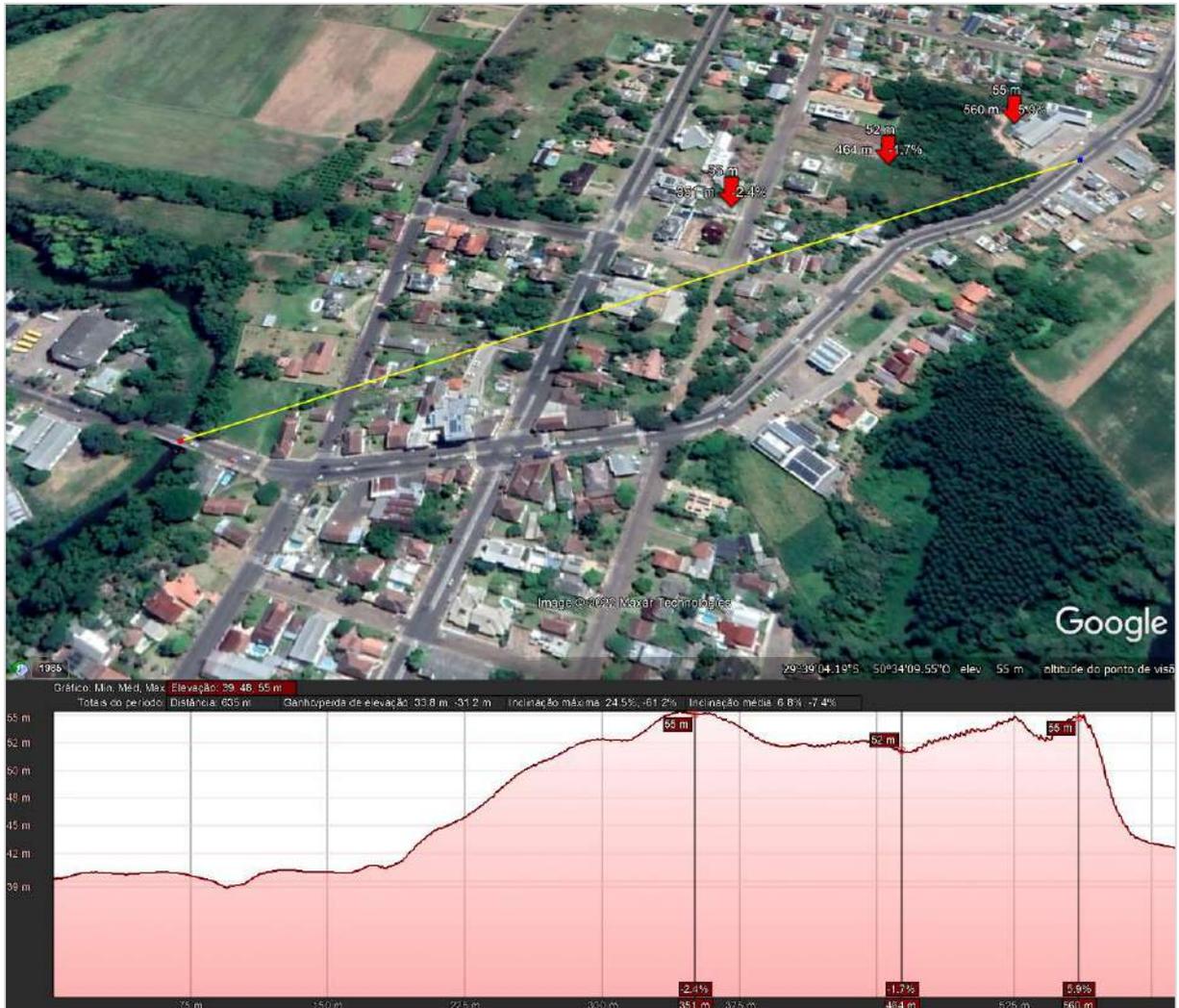
A recepção dos dados é feita pelo módulo LoRa, conectado a um microcontrolador ESP32, a qual estaria situada na torre de comunicação existente na sede do CBVR. Após os sinais serem recebidos, decodificados e processados, eles são encaminhados a um *gateway* que dará acesso à informação, como por exemplo, um servidor de dados para IoT, podendo ser apenas um endereço de IP local, na própria central ou então um servidor externo para comunicação via MQTT, o qual se faz a necessidade de comunicação via internet. Tais variantes de acesso são opcionais e podem ser avaliadas posteriormente a conclusão do projeto, uma vez que este não prevê tal caso.

Após os dados serem alocados no servidor, as informações poderão ser avaliadas e gerenciadas tanto por uma equipe de profissionais capacitados, quanto por uma rede neural artificial, capaz de antecipar ocorrências climáticas através de padrões e estatísticas computacionais, como por exemplo um processamento utilizando TensorFlow.

Infelizmente nesta etapa não foi possível realizar a instalação da antena receptora junto ao módulo na torre existente por medidas legais de acesso e que demandariam maior tempo. Sendo assim, a recepção foi testada em solo o que prejudicou significativamente a recepção do

senal. Em função disso, a estação de monitoramento foi trazida para uma outra ponte, mais próxima da estação de recepção, a fim de validar a transmissão de longo alcance (Figura 39).

Figura 39 - Mapa mostrando nova localização e relevo

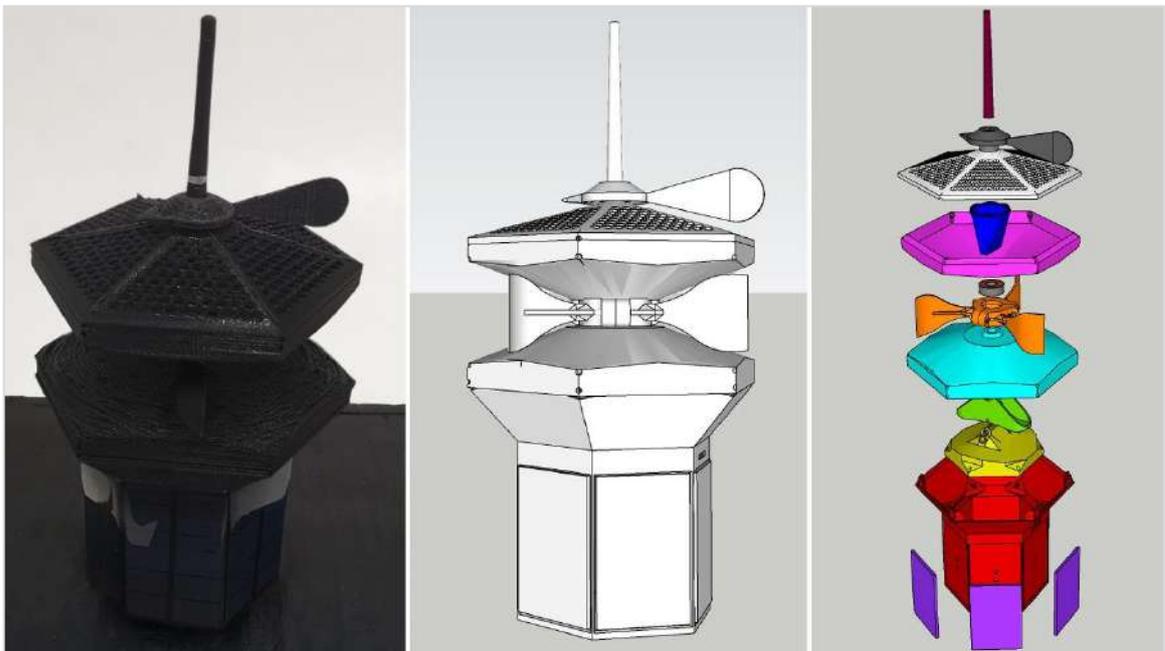


Fonte: Google Earth (2022)

5 RESULTADOS

Ao longo do curso de Eng. Eletrônica, diversos desafios foram propostos e inúmeras oportunidades de aprendizado ocorreram. Muitas foram para enriquecimento e aprofundamento nos conceitos que dizem respeito a este trabalho, tanto em teoria quanto prática. O apreço pela eletrônica por tantos anos, também corroborou para a facilidade na utilização dos módulos e sensores bem como a programação destes para junto ao microcontrolador, fazendo com que os resultados das medições viessem a ser validados satisfatoriamente durante o período de testes, permitindo assim concluir a estrutura física através da utilização de placas de circuito impresso, módulos e impressão 3D, conforme o projeto inicial (Figura 40).

Figura 40 - Estação finalizada e modelo 3D



Fonte: O autor (2022)

No que diz respeito a transmissão de dados, boa parte do conhecimento necessário foi de igual forma adquirido durante algumas disciplinas, contudo a aplicação prática da tecnologia LoRa se mostrou mais desafiadora, uma vez que esta tecnologia é recente e não provê muita documentação de aplicação em âmbito nacional, principalmente quando se tratam de módulos programáveis. Apesar disso, o desempenho da transmissão apresentou sucesso desde o início, apenas crescendo seu aprimoramento no decorrer dos estudos e testes e ampliando a área de alcance. Lamentavelmente não foi possível atingir a distância planejada no escopo inicial, em função da falta de autorização necessária para instalação da antena de recepção na torre já existente. Sendo necessário realizar apenas as medições e recepções em solo (Figura 41), as

quais reduziram significativamente o alcance. Porém esta circunstância não prejudicou de nenhuma forma a apresentação dos dados, que se deu através de emulação de um servidor web, acessado via WiFi da própria ESP32 (Figura 42).

Figura 41 - Estação realizando medições na ponte mais próxima



Fonte: O autor (2022)

Figura 42 - Tela do WebServer no celular



Fonte: O autor (2022)

6 CONCLUSÕES

Como apresentado no primeiro capítulo deste trabalho, apesar de todo o empenho realizado pelas entidades de proteção civil, ainda existem diversas situações de risco e danos, ocasionadas por represamentos e inundações, sem que haja uma tomada de medidas eficaz o suficiente para prevenir estas circunstâncias em tempo.

Restringindo o enfoque para o aspecto de medição instantânea e transmissão destas informações, este projeto apresenta grandes resultados através da estrutura montada para o monitoramento das situações climáticas e se mostra promissor para a aplicação efetiva em campo realizando-se alguns ajustes.

Através deste trabalho, foi possível validar os conhecimentos de diversas competências dentro do ramo da eletrônica e ainda os aplicar de forma útil para com a sociedade. De forma que as informações lidas e transmitidas vão permitir prever de forma antecipada futuras eventualidades climáticas proporcionando um maior tempo de ação às autoridades responsáveis.

Podemos considerar para um futuro próximo, a confecção de outras unidades deste protótipo de forma trabalharem como rede integrada, bem como a instalação correta da antena de recepção na torre, a fim de se obter o alcance desejado.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **About Us**. c2020. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>. Acesso em: 08 Ago. 2021.

AUGUSTIN, Aloÿs., et al. **A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things**, Paris, França, set. 2016. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/16/9/1466/htm>>. Acesso em: 26 Set. 2021

BARCELLOS, Priscila da Cunha Luz; SILVA, Fabricio Polifke da; VISSIRINI, Fernanda Santa Bárbara; MAGALHÃES, Camila de Assis; TERRA, Juliana Marques; DUTRA, Marcos Rezende Ferreira; AMARAL Igor Cunha França do. **Diagnóstico Meteorológico dos Desastres Naturais Ocorridos nos Últimos 20 Anos na Cidade de Duque de Caxias**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/hrJJCvKV5MMqfsYx5QG7BbC/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 12 Set. 2021.

BRASIL. **Conselho Diretor da Agência Nacional de Telecomunicações**. Resolução n. 680, de 27 de junho de 2017. Diário Oficial da União, 29 de junho de 2017. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2017/936-resolucao-680>. Acesso em: 08 Ago. 2021.

CAMPBELL, E. C., TANNER, B. D. **Structured design in automated weather stations**. In: WEISS, A. (Ed.). Computer techniques and meteorological data applied to problems of agriculture and forestry: a workshop. Anaheim: American Meteorological Society, 1981. cap. 1, p. 5-18.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. 2 ed. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento/Departamento de Defesa Civil, 1998, 173p. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/GLOSSARIO-Dicionario-Defesa-Civil.pdf>> Acesso em: 12 Set. 2021

CENTRO DE MONITORAMENTO E ALERTA DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN. **Série de dados dos pluviômetros**. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/>>. Acesso em: 12 Set. 2021.

CEPED - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil**. 2013. Disponível em: https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/rio_grande_do_sul.pdf. Acesso em: 22 Ago. 2021.

CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES - COBRADE. 2012. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/defesa-civil/legislacoes>>. Acesso em: 12 Set. 2021.

COSSINI, Fabio. **LoRaWAN: uma rede alternativa para a Internet das Coisas**, São Paulo, Brasil, nov. 2016. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/tlcbtr/resource/TLC-BR_Mini_Paper_Ano_12_N_274_IoT.pdf?lang=en_us>. Acesso em: 26 Set. 2021

COSTA, Mauricio Dalla. **Central meteorológica microcontrolada de baixo custo**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <<http://www.pb.utfpr.edu.br/publicacoes/coenc/OC4-0.html>> Acesso em: 03 Out. 2021.

COUDÉ, Roger. **Radiomobile Software to amateur radio and humanitarian use**. Disponível em: <<https://www.signalintegrityjournal.com/articles/843-rfi-and-receiversensitivity-analysis-in-mobile-electronic-devices>> Acesso em: 22 Ago. 2021.

FERRANTI, Jonathan de; HORMANN, Christoph. **STRM DIGITAL ELEVATION DATA - South America**. Disponível em: <<http://viewfinderpanoramas.org/dem3.html#hgt>> Acesso em: 03 Out. 2021.

GOOGLE. **TENSORFLOW - Uma plataforma completa de código aberto para machine learning**. Disponível em: <<https://www.tensorflow.org/?hl=pt-br>> Acesso em: 08 Ago. 2021.

IBRAHIM, Dogan. IBRAHIM, Ehmet. **The Official ESP32 Book**. 1. ed. London: Elektor International Media B.V., 2017. Disponível em: <<https://www.elektor.com/the-official-esp32-book-e-book>> Acesso em: 03 Out. 2021.

KLAUCK, Kelder. **Redes LoRa para Internet das Coisas**. Novo Hamburgo, RS, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas de Informação) - Universidade Feevale. Acesso em: 26 Set. 2021.

KUREK, R.K.M. **Análise das Inundações do Vale do Taquari/RS como Subsídio à Elaboração de um Modelo de Previsão**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFSM_de760f2130810e11681bee0e43706c71> Acesso em: 12 Set. 2021.

MARIN, F.R. **Introdução ao uso de sistemas automáticos de aquisição de dados na agrometeorologia**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2005, 28 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 56).

MOURA, Renner Martins de et al. **Estação Meteorológica de Baixo Custo: Uma contribuição para o monitoramento meteorológico das cidades**. 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24119/1/Esta%C3%A7aoMeteorologicaBaixo.pdf>> Acesso em: 03 Out. 2021

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

RECKZIEGEL, B.W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005**. Dissertação de Mestrado. PPGG. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007. 261 p. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_06-11/BernadeteReckziegel.pdf>. Acesso em: 12 Set. 2021.

SAITO, Silvia Midori. **Desastres naturais: conceitos básicos**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia_saito.pdf>. Acesso em: 08 Ago. 2021.

SCOGNA, Antonio Ciccomancini et al. **RFI and Receiver Sensitivity Analysis in Mobile Electronic Devices**. Signal Integrity Journal. Disponível em: <<https://www.signalintegrityjournal.com/articles/843-rfi-and-receiversensitivity-analysis-in-mobile-electronic-devices>> Acesso em: 03 Out. 2021.

SEIBERT, J.; MORÉN, A.S. **Reducing systematic errors in rainfall measurements using a new type rain gauge**. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v.98-99, p.341-348, 1999.

SILVA, M. A. V. **Meteorologia e climatologia**. Recife: INMET, 2005. Disponível em: <https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf> Acesso em 03 Out. 2021.

SLONGO, Juliano S; OFUCHI, Cesar Y; NEVES, Flávio. **Medição de Velocidade de Escoamentos Monofásicos Turbulentos por Análise de Modulação de Sinais Ultrassônicos**. 12th International Conference on Industry Applications (INDUSCON), Curitiba. Disponível em: <cpgei.ct.utfpr.edu.br/PB4-0.html> Acesso em: 03 Out. 2021.

TAGLIAFERRE, C. et al. **Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis-BA**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 103-111, 2010.

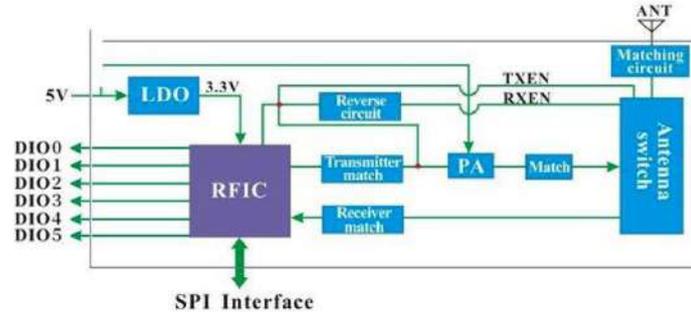
TANNER, B.D. **Automated weather stations**. Remote Sensing Reviews. v. 5, n. 1, p. 73-98. 1990. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/02757259009532123>> Acesso em: 22 Ago. 2021.

WERNER, Thiago. **Uso da tecnologia LoRaWAN para o monitoramento de dados ambientais**. 2018. Disponível em: <https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/7/77/TCC290_Thiago_Werner.pdf> Acesso em: 26 Set. 2021.

XAVIER, Aline Rodrigues; SCHMITT, Jairo Lizandro. **Monitoramento da temperatura e da precipitação na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos**. [Anais...], Novo Hamburgo, RS, 5., Novo Hamburgo, RS. Disponível em: <<https://www.feevale.br/Comum/midias/5b67e5af-7672-4302-af0a-41dbd044f929/SEMIN%C3%81RIO%20DE%20INICIA%C3%87%C3%83O%20CIENT%C3%8DFICA%20FAPERGS%202018.pdf>>. Acesso em: 12 Set. 2021.

YNOUE, Rita Yuri et al. **Meteorologia: noções básicas**. Oficina de Textos, 2017. Disponível em: <http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Meteorologia-noco-es-basicas_DEG.pdf> Acesso em: 03 Out. 2021.

Anexo 2 – Datasheet LoRa

G-NiceRFwww.nicerf.com**LoRa1276F30****4. Block Diagram****5. Electrical Characteristics**

Note: LoRa1276F30(868/915MHz) is 500mW power.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition
Working Condition					
Working voltage range	3	5	6.5	V	
Temperature voltage	-40		85	°C	
Current Consumption					
RX current		< 13		mA	@5V
TX current		400	450	mA	@27dBm@868 MHz
Sleep current		< 10		uA	
RF Parameter					
Frequency range	848	868	888	MHz	@868MHz
	900	915	940	MHz	@915MHz
Data rate	1.2		300	Kbps	FSK
	0.018		17.353	Kbps	LoRa
Output power	21		27	dBm	
Receiving sensitivity		-122		dBm	@FSK data=1.2 Kbps Fdev=50 KHz
		-139		dBm	@LoRa BW=62.5 KHz SF = 12 CR=4/5

Note: According to the design of the module, the maximum bit of register 0x09 must be set as 1.

PaSelect must be set 1;

RegPaConfig (0x09)	Bit	Field	rw	Value	Description
RegPaConfig (0x09)	7	PaSelect	rw	0x00	Selects PA output pin 0 → RFO pin. Output power is limited to +14 dBm. 1 → PA_BOOST pin. Output power is limited to +20 dBm
	6-4	MaxPower	rw	0x04	Select max output power: Pmax=10.8+0.6*MaxPower [dBm]
	3-0	OutputPower	rw	0x0f	Pout=Pmax-(15-OutputPower) if PaSelect = 0 (RFO pin) Pout=17-(15-OutputPower) if PaSelect = 1 (PA_BOOST pin)

Anexo 3 – Datasheet DS3231

DS3231

Extremely Accurate I²C-Integrated
RTC/TCXO/Crystal

General Description

The DS3231 is a low-cost, extremely accurate I²C real-time clock (RTC) with an integrated temperature-compensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device as well as reduces the piece-part count in a manufacturing line. The DS3231 is available in commercial and industrial temperature ranges, and is offered in a 16-pin, 300-mil SO package.

The RTC maintains seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. Two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output are provided. Address and data are transferred serially through an I²C bidirectional bus.

A precision temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the status of V_{CC} to detect power failures, to provide a reset output, and to automatically switch to the backup supply when necessary. Additionally, the RST pin is monitored as a pushbutton input for generating a μ P reset.

Benefits and Features

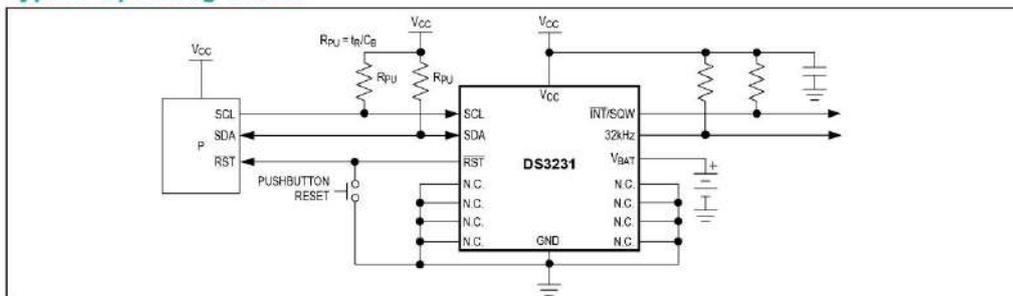
- Highly Accurate RTC Completely Manages All Timekeeping Functions
 - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year, with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
 - Accuracy ± 2 ppm from 0°C to +40°C
 - Accuracy ± 3.5 ppm from -40°C to +85°C
 - Digital Temp Sensor Output: $\pm 3^\circ\text{C}$ Accuracy
 - Register for Aging Trim
 - RST Output/Pushbutton Reset Debounce Input
 - Two Time-of-Day Alarms
 - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Interface Connects to Most Microcontrollers
 - Fast (400kHz) I²C Interface
- Battery-Backup Input for Continuous Timekeeping
 - Low Power Operation Extends Battery-Backup Run Time
 - 3.3V Operation
- Operating Temperature Ranges: Commercial (0°C to +70°C) and Industrial (-40°C to +85°C)
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized

Applications

- Servers
- Telematics
- Utility Power Meters
- GPS

Ordering Information and Pin Configuration appear at end of data sheet.

Typical Operating Circuit



Underwriters Laboratories is a registered certification mark of Underwriters Laboratories Inc.

Anexo 4 – Datasheet GY-US42V

I2CXL-MaxSonar® - EZ™ Series

MB1202: I2CXL-MaxSonar-EZ0

The I2CXL-MaxSonar-EZ0 is the highest sensitivity and widest beam sensor of the I2CXL-MaxSonar-EZ sensor series. The wide beam makes this sensor ideal for a variety of applications including people detection, autonomous navigation, and wide beam applications.

MB1202-000 MB1202-040 I2CXL-MaxSonar®-EZ0™ Beam Pattern

Sample results for measured beam pattern are shown on a 30-cm grid. The detection pattern is shown for dowels of varying diameters that are placed in front of the sensor.

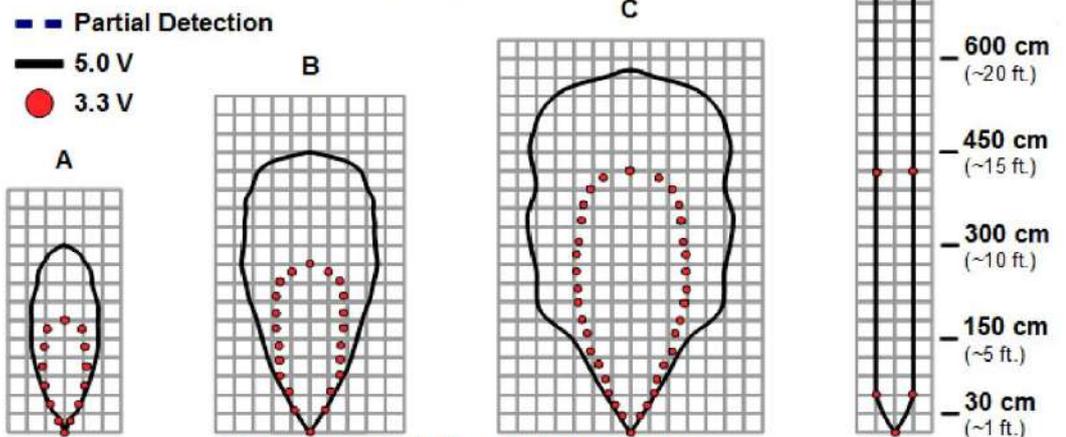
A 6.1-mm (0.25-inch) diameter dowel

B 2.54-cm (1-inch) diameter dowel

C 8.89-cm (3.5-inch) diameter dowel

D 11-inch wide board moved left to right with the board parallel to the front sensor face. This shows the sensor's range capability.

Note: For people detection the pattern typically falls between charts A and B.



Beam Characteristics are Approximate

Beam Patterns drawn to a 1:95 scale for easy comparison to our other products.

MB1202 Features and Benefits

- Widest and most sensitive beam pattern in I2CXL-MaxSonar-EZ line
- Low power consumption
- Easy to use interface
- Will pick up the most noise clutter of any of the sensors in I2CXL-MaxSonar-EZ line
- Detects smaller objects
- Best sensor to detect soft object in I2CXL-MaxSonar-EZ line

- Can be powered by many different types of power sources
- Can detect people up to approximately 14 feet

MB1202 Applications and Uses

- Great for people detection
- Security
- Motion detection
- Landing flying objects
- Useable with battery power
- Autonomous navigation
- Educational and hobby robotics
- Collision avoidance



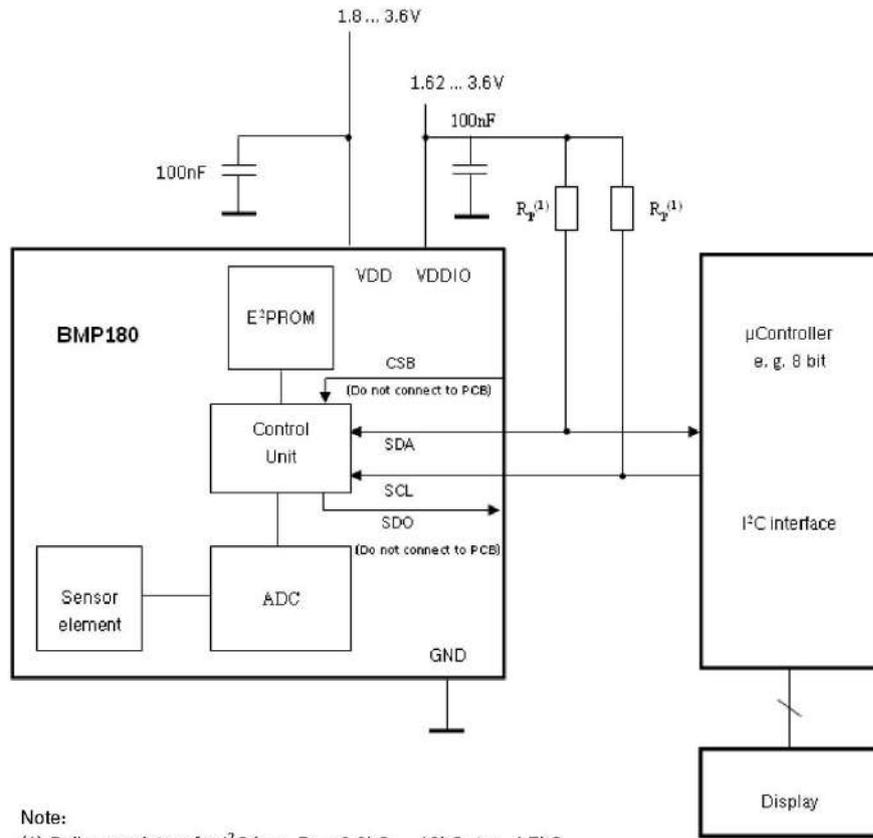
Copyright 2005 - 2021 MaxBotix Incorporated Patent 7,679,996

MaxBotix Inc., products are engineered and assembled in the USA

Page 9
Web: www.maxbotix.com
PD11848k

Anexo 5 – Datasheet BMP180

	Data sheet BMP180	Page 10
---	-----------------------------	---------



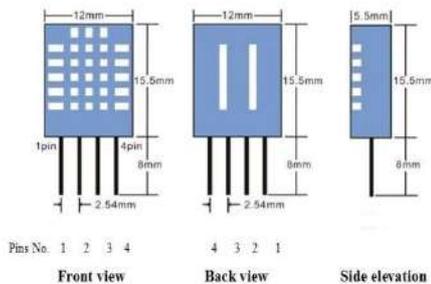
Note:
 (1) Pull-up resistors for I²C bus, R_p = 2.2kΩ ... 10kΩ, typ. 4.7kΩ

Figure 2: Typical application circuit

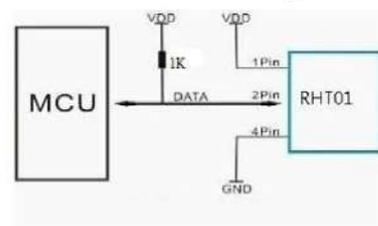
Anexo 6 – Datasheet DHT11

AOSONG

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



5. Electrical connection diagram:



6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-5.5V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

Aosong 1-wire bus is used for communication between MCU and DHT11. (Aosong 1-wire bus is specially designed by Aosong Electronics Co., Ltd., it's different from Maxim/Dallas 1-wire bus, so it's incompatible with Dallas 1-wire bus.)

Illustration of Aosong 1-wire bus:

DATA=16 bits RH data+16 bits Temperature data+8 bits check-sum

Example: MCU has received 40 bits data from DHT11 as

<u>0010 0001</u>	<u>0000 0000</u>	<u>0001 1010</u>	<u>0000 0000</u>	<u>0011 1011</u>
Integral part of RH	Decimal part of RH	Integral part of T	Decimal part of T	check sum

Remarks: The decimal part of RH and T is always 0000 0000.

Here we convert integral part of RH from binary system to decimal system,

0010 0001 → 33

Binary system Decimal system, **RH=33%RH**

Here we convert integral part of T from binary system to decimal system,

0001 1010 → 26

Binary system Decimal system, **T=26 Celsius**

Sum=0010 0001+0000 0000+0001 1010+0000 0000=0011 1011

Check-sum=the last 8 bits of Sum=0011 1011

When MCU send start signal, DHT11 change from standby-status to running-status. When MCU finishes sending the start signal, DHT11 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity and temperature to MCU. Without start signal from MCU, DHT11 will not give response signal to MCU. One start signal for one response data from DHT11 that reflect the relative humidity and temperature. DHT11 will change to standby status

- 2 -

Aosong Electronics Co., Ltd.

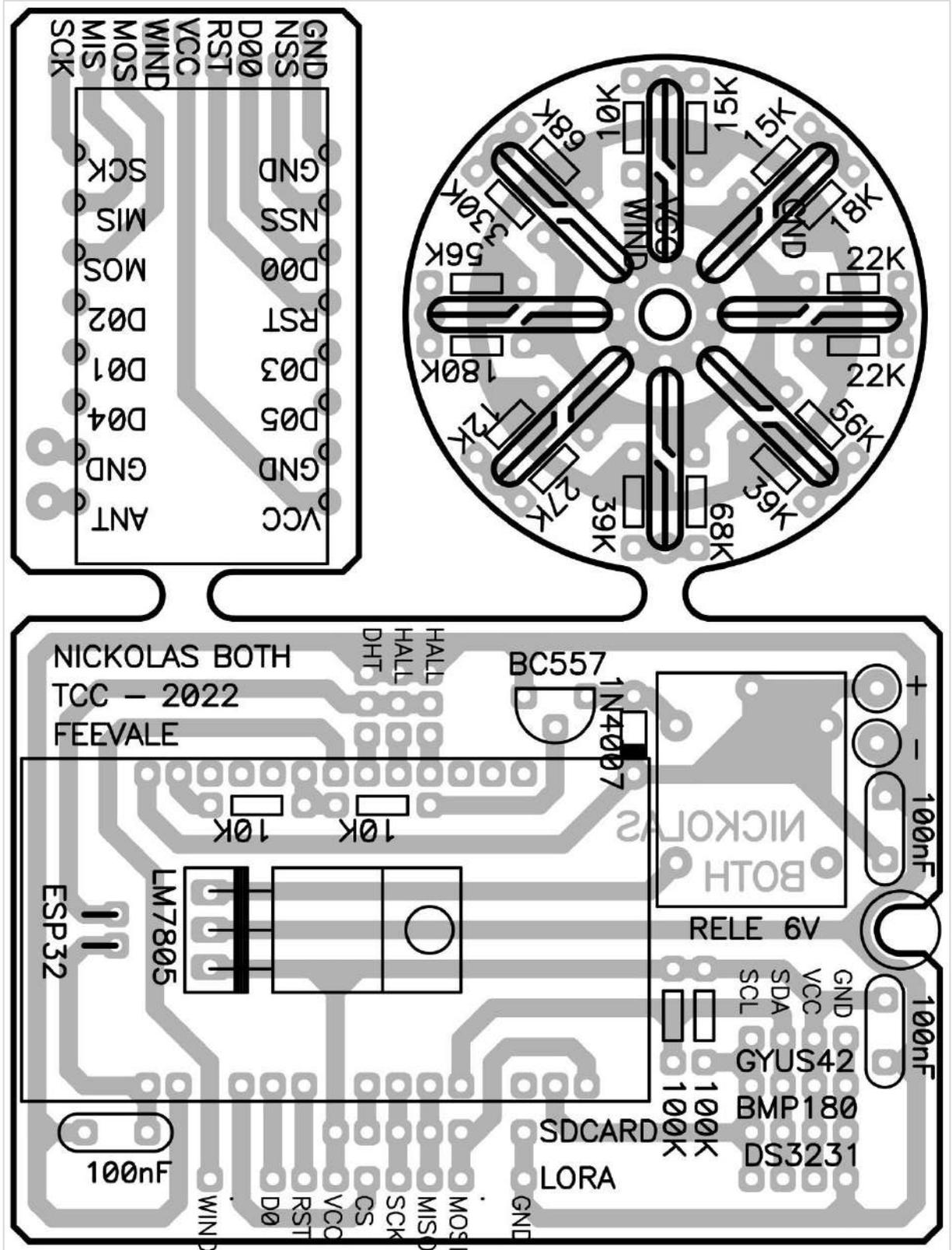
<http://www.aosong.com>

Thomas Liu (Sales Manager)

Email: thomasliu198518@aliyun.com, sales@aosong.com

APÊNDICE

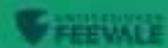
Apêndice 1 – Layout da placa



ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA PARA AVALIAÇÃO DE EVENTOS EXTREMOS E PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS

NICKOLAS AUGUSTO BOTH

ORIENTADOR: ME. EWERTON ARTUR CAPPELATTI



INTRODUÇÃO

- CRESCIMENTO DAS REGIÕES URBANAS SEM INFRAESTRUTURA PLANEJADA
- ONDE ISSO É COMUM, JÁ EXISTE PREPARO DAS EQUIPES DE EMERGÊNCIA
- TOMADA DE AÇÕES PREVENTIVAS DEVEM SER REALIZADAS O QUANTO ANTES



OBJETIVOS GERAIS

PREVER COM ANTECEDÊNCIA SITUAÇÕES CLIMÁTICAS DE RISCO A CERCA DO RIO DOS SINOS
E FORNECER UMA BASE DE DADOS PARA EQUIPES DE SOCORRO E POPULAÇÃO
A FIM DE EVITAR PREJUÍZOS CAUSADOS POR DESASTRES NATURAIS



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

DESENVOLVER UMA ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO A SER POSICIONADA ACIMA DO LEITO DO RIO
REALIZAR MEDIÇÕES METEOROLÓGICAS, PLUVIOMÉTRICAS E FLUVIOMÉTRICAS
ARMAZENAR ESTES DADOS E TRANSMITIR PARA UMA CENTRAL
ATRAVÉS DE REDE LORA DE FORMA AUTÔNOMA
CONCENTRAR UMA BASE DE DADOS



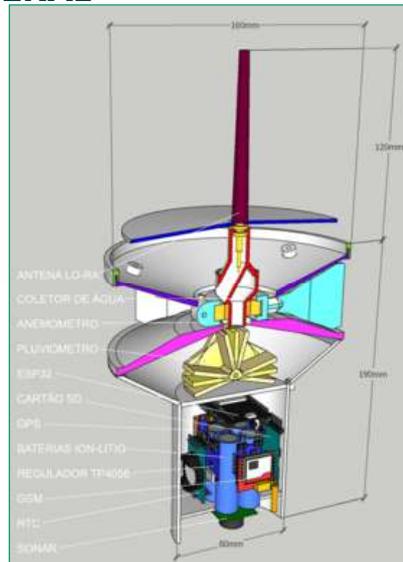
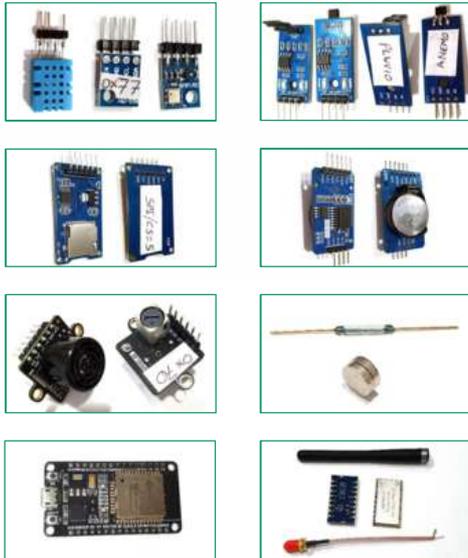
DESASTRES NATURAIS



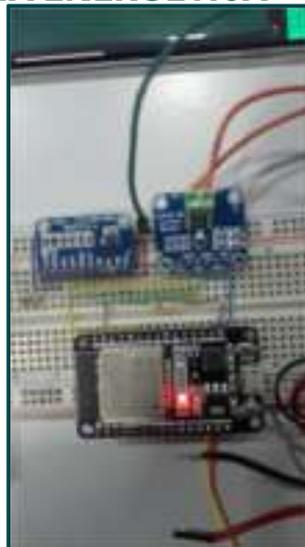
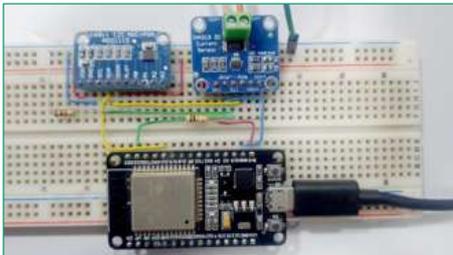
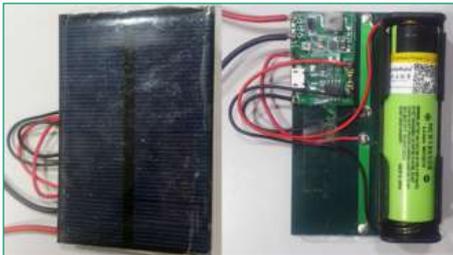
DESASTRES NATURAIS



VISÃO GERAL



AUTONOMIA ENERGÉTICA



AUTONOMIA ENERGÉTICA

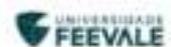
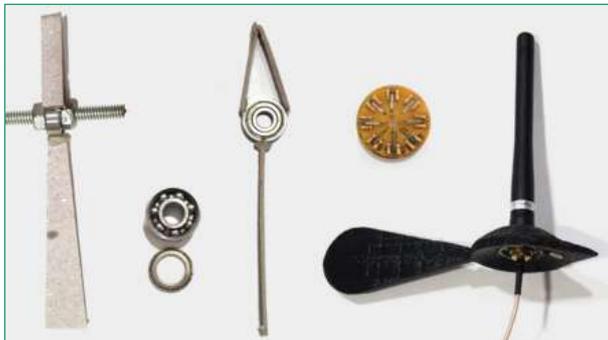
Consumidor	Watt	Voltagem
MP3	200	12V
LCD	120	5V
DETECTE	50	5V
ARMADOR	10	5V
REELI. R. 12V	10	5V
RELI. 12V	10	5V
LA. PRA. SENSOR	50	5V
BATERIA	1000	5V



Consumidor	Watt	Voltagem
Consumo de MP3 (12V)	200	12V
Consumo de LCD (5V)	120	5V
Consumo de DETECTE (5V)	50	5V
Consumo de ARMADOR (5V)	10	5V
Consumo de REELI. R. 12V (5V)	10	5V
Consumo de RELI. 12V (5V)	10	5V
Consumo de LA. PRA. SENSOR (5V)	50	5V
Consumo de BATERIA (5V)	1000	5V
Consumo de MP3 (12V)	200	12V
Consumo de LCD (5V)	120	5V
Consumo de DETECTE (5V)	50	5V
Consumo de ARMADOR (5V)	10	5V
Consumo de REELI. R. 12V (5V)	10	5V
Consumo de RELI. 12V (5V)	10	5V
Consumo de LA. PRA. SENSOR (5V)	50	5V
Consumo de BATERIA (5V)	1000	5V



ANEMÔMETRO E BIRUTA

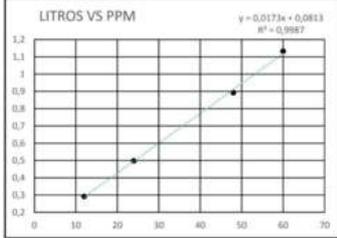


PLUVIÔMETRO

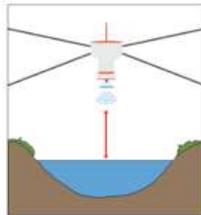


TEMPO (s)	PESO (Kg)	PPM	PESO - 0,72	MEDIA
60	1,905	60	1,1850	1,132
60	2,110	60	1,3900	
60	1,540	60	0,8200	
60	1,610	48	0,8900	0,892
60	1,685	48	0,9650	
60	1,540	48	0,8200	
60	1,220	24	0,5000	0,498
60	1,225	24	0,5050	
60	1,210	24	0,4900	
60	1,000	12	0,2800	0,292
60	1,025	12	0,3050	
60	1,010	12	0,2900	

PULSO/MIN	60	48	24	12
LITROS	1,132	0,892	0,498	0,292



SONAR GY-US42V2



LORA 1276F30 - OUTDOOR



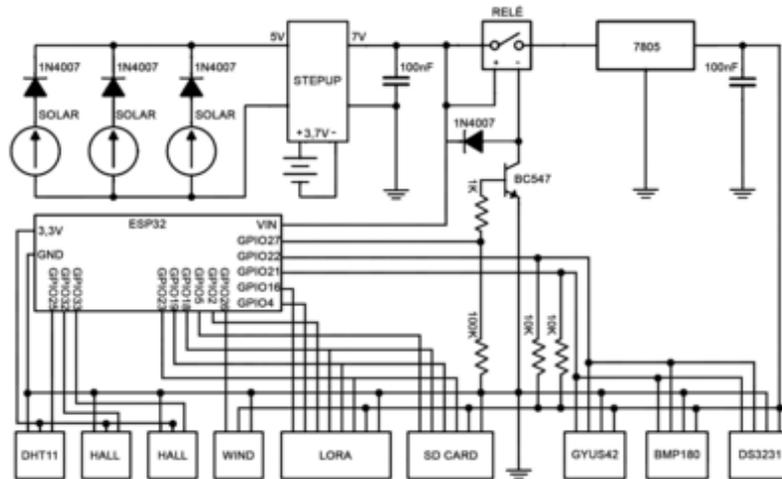
UNIVERSIDADE
FEEVALE

LORA 1276F30 - INDOOR

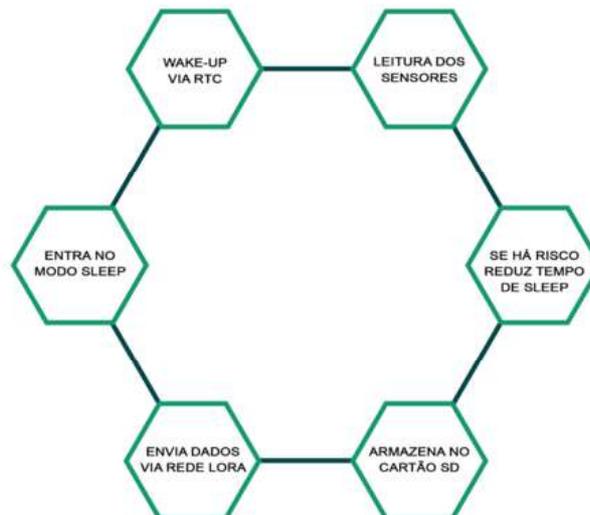


UNIVERSIDADE
FEEVALE

DIAGRAMA ELETRÔNICO



FLUXOGRAMA DA PROGRAMAÇÃO

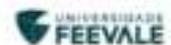
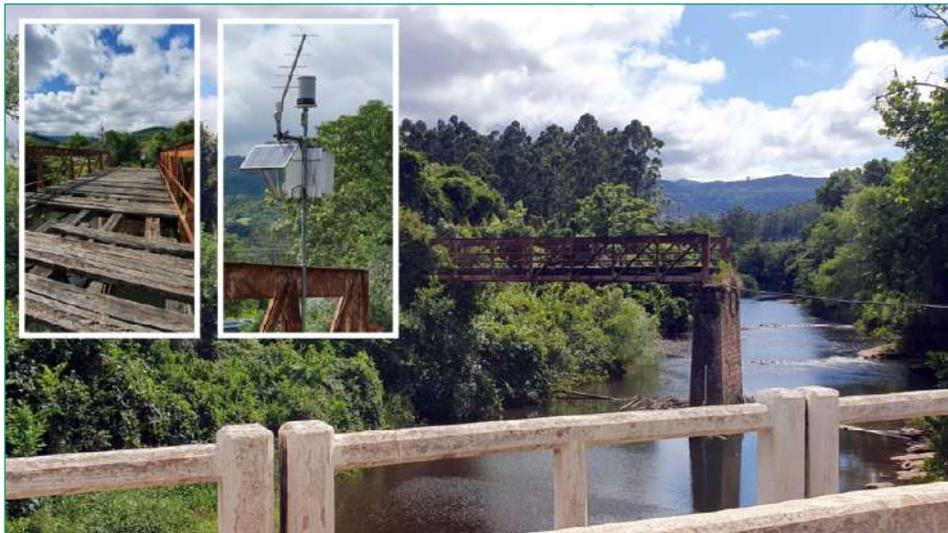


CUSTOS E INVESTIMENTOS

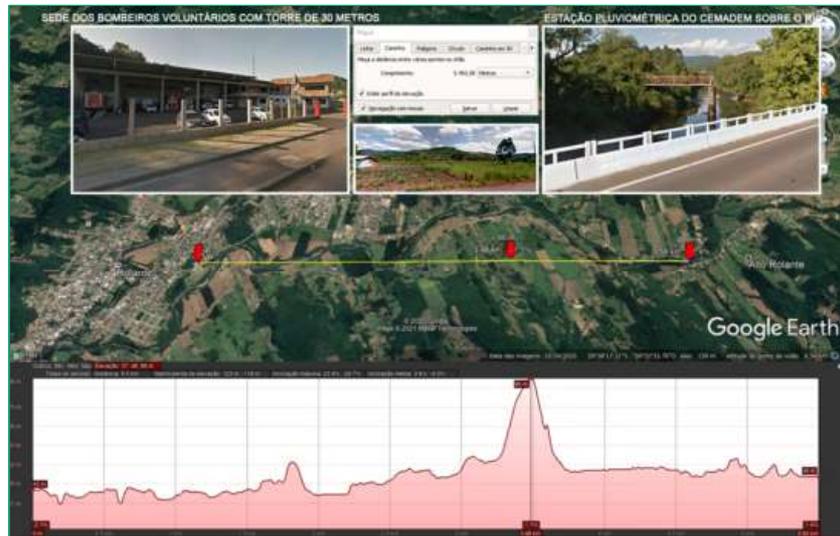
ITEM	VALOR (BRASIL)	QTD	VALOR TOTAL	VALOR (CHINA)	QTD	VALOR TOTAL
Módulo RTC DS3231 Real Time 3.3v5v com bateria	R\$ 35,00	1	R\$ 35,00	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
Sensor De Distância Ultrassônica DYN4D 720cm Potavik Apis	R\$ 150,00	1	R\$ 150,00	R\$ 30,00	1	R\$ 30,00
Sensor de Umidade e Temperatura DHT11	R\$ 15,00	1	R\$ 15,00	R\$ 5,00	1	R\$ 5,00
Sensor de Pressão Atmosférica Barômetro BMP180 HW 5M6 0Y 4R	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00	R\$ 3,00	1	R\$ 3,00
Módulo Sensor Magnético de Efeito Hall 3144 Arduino	R\$ 12,00	2	R\$ 24,00	R\$ 1,00	2	R\$ 2,00
Módulo Leitor / Gravador de Cartão Micro SD	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00	R\$ 2,00	1	R\$ 2,00
Cartão de memória SanDisk 60GB R5-0160-021MA Ultra com adaptador SD 16GB	R\$ 15,00	1	R\$ 15,00	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00
Mini Panel / Placa / Caixa de Energia Solar Fotovoltaica 5v 200mA 1w	R\$ 25,00	3	R\$ 75,00	R\$ 15,00	3	R\$ 45,00
Módulo Carregador e Step Up com Saída Ajustável DC-DC 4.5 a 34v para Bateria 18650	R\$ 15,00	1	R\$ 15,00	R\$ 4,00	1	R\$ 4,00
Case Suporte / Soquete para 1 Bateria 18650	R\$ 10,00	1	R\$ 10,00	R\$ 1,00	1	R\$ 1,00
Sistema NCR 18650 Original 3.7v 3400mAh (Lito Recarregável Lítio - Sem Pino rs) =	R\$ 80,00	1	R\$ 80,00	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00
Módulo LoRa 915MHz 500mW LoRa 1270F30 LoRaF30 +27dBm	R\$ 150,00	2	R\$ 300,00	R\$ 85,00	2	R\$ 170,00
Placa Esp32 com Wi 4, Bluetooth Esp32s1a Dual Core - Dev Kit v1	R\$ 55,00	1	R\$ 55,00	R\$ 50,00	1	R\$ 50,00
IMPRESSÃO 3D (POR KG DE PLA)	R\$ 120,00	0,85	R\$ 102,00	R\$ 120,00	0,85	R\$ 102,00
TOTAL			R\$ 774,00			R\$ 280,00
ITENS ADICIONAIS (VERSÃO 2):						
Esp32 Cam EspCam W8 Bluetooth com câmera inclusa	R\$ 85,00	1	R\$ 85,00	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00
Placa Esp32 Wroom 20u W8 Bluetooth Com Antena Externa	R\$ 100,00	1	R\$ 100,00	R\$ 30,00	1	R\$ 30,00
Câmera esp32s1a 160 graus, 24 pinos, 75mm	R\$ 50,00	1	R\$ 50,00	R\$ 18,00	1	R\$ 18,00
Módulo led infravermelho 3a 850nm com lente	R\$ 16,00	1	R\$ 16,00	R\$ 5,00	1	R\$ 5,00
TOTAL			R\$ 236,00			R\$ 88,00



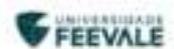
LOCAL PLANEJADO



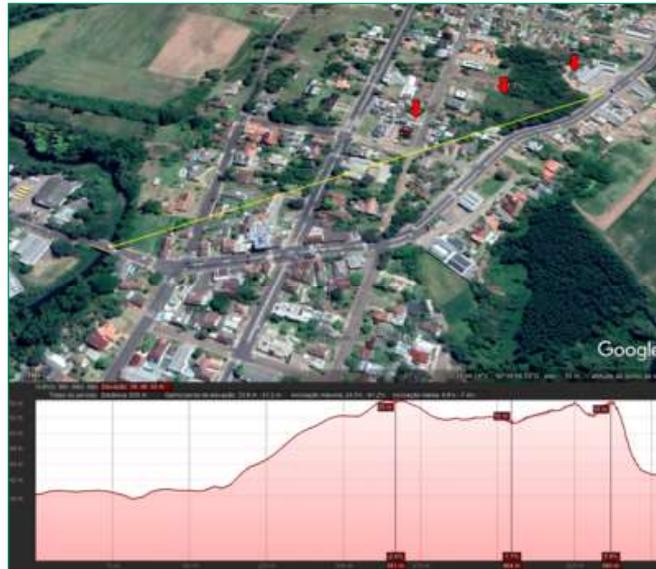
LOCAL PLANEJADO



LOCAL PLANEJADO



RESULTADOS



RESULTADOS



RESULTADOS



RESULTADOS



CONCLUSÕES

Restringindo o enfoque para o aspecto de medição instantânea e transmissão destas informações, este projeto apresenta grandes resultados através da estrutura montada para o monitoramento das situações climáticas e se mostra promissor para a aplicação efetiva em campo realizando-se alguns ajustes.

Através deste trabalho, foi possível validar os conhecimentos de diversas competências dentro do ramo da eletrônica e ainda os aplicar de forma útil para com a sociedade. Possibilitando assim prever de forma antecipada futuras eventualidades climáticas proporcionando um maior tempo de ação às autoridades responsáveis.



TRABALHOS FUTUROS



CONSIDERAÇÕES FINAIS

11 ANOS DE FEEVALE

