

EMMA - ESTAÇÃO METEOROLÓGICA MONETARIAMENTE ACESSÍVEL

EMMA - MONETARILY ACCESSIBLE METEOROLOGICAL STATION

Arthur Henrique Dai¹ 

Yasmin Jasmin de Almeida Oliveira² 

Odair Moreira de Souza³ 

Thiago Berticelli Lô⁴ 

Resumo: Monitorar as mudanças climáticas é essencial para compreender e mitigar os impactos que elas têm sobre o bem-estar da população, nas atividades cotidianas e nos possíveis danos materiais causados por eventos climáticos extremos. Com as recentes alterações climáticas, torna-se ainda mais crucial desenvolver soluções acessíveis para acompanhamento climático em tempo real. Este projeto propõe o desenvolvimento de uma estação meteorológica de baixo custo, de fácil replicação e baseada em um sistema IoT. A estação utiliza o microcontrolador ESP32, conectado à Internet e um conjunto de sensores para monitorar variáveis climáticas. Os dados coletados são exibidos em uma página web, que permite que o usuário possa gerenciar diversos dispositivos de monitoramento personalizados, visualizando seus dados de forma gráfica e fazendo o armazenamento na nuvem, utilizando a plataforma Firestore. As variáveis monitoradas e seus respectivos sensores incluem: temperatura (DS18B20), pressão atmosférica (BMP280), umidade (DHT22) e luminosidade (fotoresistor). Como resultados tivemos a leitura correta das variáveis climáticas, bem como o tratamento e armazenamento desses dados, para a visualização e filtragem desses dados, foi desenvolvido uma página web que tem como função exibir os dispositivos cadastrados com filtros de pesquisa, assim como também exibe os dados de cada dispositivo. Assim, este projeto fornece uma solução prática e acessível para o acompanhamento climático em tempo real, utilizando tecnologia de fácil aplicação e expansível.

Palavras-chave: Sistema Embarcado, Meteorologia, Internet das Coisas, Monitoramento.

Abstract: Monitoring climate changes is essential to understand and mitigate their impacts on the well-being of the population, daily activities, and potential material damages caused by extreme weather events. With recent climate changes, it becomes even more crucial to develop accessible solutions for real-time climate monitoring. This project proposes the development of a low-cost weather station, easily replicable and based on an IoT system. The station uses the

¹ Estudante de Técnico em Informática e Ensino Médio, Instituto Federal do Paraná - Campus Cascavel, daiarthur053@gmail.com

² Estudante de Técnico em Informática e Ensino Médio, Instituto Federal do Paraná - Campus Cascavel, yasmin.almdeida.oliveira@escola.pr.gov.br.

³ Mestre em Engenharia de Software, Instituto Federal do Paraná - Campus Cascavel, odair.desouza@ifpr.edu.br.

⁴ Doutor em Engenharia Agrícola, Instituto Federal do Paraná - Campus Cascavel, thiago.lo@ifpr.edu.br.

ESP32 microcontroller, connected to the Internet, and a set of sensors to monitor climatic variables. The collected data is displayed on a web page, allowing users to manage multiple customized monitoring devices, view their data graphically, and store it in the cloud using the Firestore platform. The monitored variables and their respective sensors include temperature (DS18B20), atmospheric pressure (BMP280), humidity (DHT22), and luminosity (photoresistor). The results demonstrated accurate readings of the climatic variables, as well as proper data processing and storage. To enable data visualization and filtering, a web page was developed to display registered devices with search filters, as well as to show the data of each device. Thus, this project provides a practical and accessible solution for real-time climate monitoring, using easy-to-apply and expandable technology.

Keywords: Embedded System, Meteorology, Internet of Things, Monitoring

1 INTRODUÇÃO

A meteorologia é a ciência que estuda as condições da atmosfera por meio da observação de eventos físicos e naturais, exercendo forte influência nos estudos geográficos e sendo fundamental para diversos aspectos da humanidade, como a economia e o meio ambiente (IBM, 2012).

O monitoramento climático é importante para acompanhar as tendências de longo e curto prazo do clima. Ao analisar esses dados, é possível identificar padrões, anomalias e possíveis mudanças climáticas. Através delas, é possível realizar análise de temperatura, movimento de massas de ar, possibilidade de chuvas, focos de incêndio e queimadas. (SILVA e FRUETT, 2013).

O avanço da tecnologia trouxe uma revolução nas práticas de monitoramento climático, permitindo a coleta de dados em maior escala, com o desenvolvimento de equipamentos especializados para medir diversos parâmetros atmosféricos (GEOINOVA, 2024).

A tecnologia conhecida como Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) possibilita a troca de informações entre equipamentos, a automação dos processos cotidianos e a coleta de dados climáticos de diversas fontes e locais, sua versatilidade permite o uso em diferentes ambientes. Outro benefício importante é a praticidade na transmissão dos dados meteorológicos em tempo real, utilizando redes Wi-Fi, o que viabiliza o armazenamento em nuvem (BRUNO P. SANTOS et al., 2017).

Uma estação meteorológica local é um equipamento que fornece dados sobre as condições climáticas de uma determinada região, essas informações são cruciais para diversos setores da sociedade como na agricultura e estudos (PINHEIRO, 2022).

Atualmente, o estudo da meteorologia tem se tornado um ramo de interesse para entusiastas da tecnologia e instituições de ensino. No entanto, devido ao elevado custo dos sistemas de monitoramento, o acesso a esses recursos é limitado. Isso torna necessária a criação de ferramentas acessíveis de monitoramento climático, que devem ser viáveis economicamente, replicáveis, intuitivas e extensíveis. O nosso objetivo é criar um sistema de monitoramento acessível, foi desenvolvido um protótipo de uma estação meteorológica baseada em tecnologia IoT, utilizando sensores conectados ao microcontrolador ESP32 para monitorar variáveis climáticas. Além da solução em hardware, o sistema integra funcionalidades de armazenamento em nuvem e visualização dos dados por meio de uma página Web, permitindo o gerenciamento eficiente de múltiplos dispositivos de monitoramento, cada um equipado com diferentes conjuntos de sensores.

Os objetivos específicos deste trabalho incluem o desenvolvimento de um protótipo funcional capaz de realizar a leitura, o tratamento e o armazenamento em nuvem das variáveis climáticas monitoradas, como temperatura, umidade, pressão atmosférica e luminosidade. Além disso, contempla a criação de uma interface Web que permita a visualização e exportação dos dados coletados, oferecendo funcionalidades de filtragem por data, tipo de variável e dispositivo monitorado. Por fim, o sistema foi projetado com suporte à modularidade, garantindo a integração de sensores variados e a escalabilidade para múltiplos dispositivos. Com essa abordagem, buscou-se oferecer uma solução acessível e funcional para a coleta e análise de dados climáticos, promovendo praticidade e versatilidade para aplicações diversas.

2 DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento da estação, foi realizado o levantamento dos requisitos de hardware e software necessários para a organização do projeto e a definição dos objetivos e recursos.

Após o levantamento dos requisitos, foi desenvolvido inicialmente um protótipo virtual utilizando a plataforma Wokwi⁵. Em seguida, passou-se para a construção do primeiro protótipo físico. Para isso, foram utilizadas duas

⁵ Wokwi - Disponível em: <https://wokwi.com/> Acessado em: 11 dez 2024.

protoboards para a conexão dos sensores com o ESP32, que processa os dados e realiza a comunicação com o Firebase⁶.

O Firestore Database, que é um banco de dados em tempo real da plataforma Firebase, foi utilizado para o armazenamento dos dados meteorológicos. Posteriormente, foi construída uma interface Web para a visualização gráfica dos dados, com recursos que permitem a filtragem com base em parâmetros definidos pelo usuário (horas, dias, meses e anos), possibilitando o acesso em tempo real de qualquer dispositivo cadastrado no banco de dados.

2.1 Fundamentação Teórica

2.1.1 Estação Meteorológica

Uma estação meteorológica serve como uma ferramenta essencial para monitorar e coletar dados climatológicos como temperatura, umidade, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, índice pluviométricos, entre outras grandezas climáticas (VIANELLO, 2011).

Essas estações desempenham um importante papel em várias áreas, como agricultura, estudos ambientais e planejamento de diversas atividades. Além disso, os dados coletados podem ser utilizados para pesquisas científicas e estudos de longo prazo sobre mudanças climáticas e padrões meteorológicos (VIANELLO, 2011).

2.1.2 Grandezas climáticas

O clima é definido como as características da atmosfera, inferidas de observações contínuas durante um longo período.

A temperatura é definida pelas moléculas do ambiente, quanto maior a velocidade do deslocamento das moléculas, maior a temperatura. Umidade é determinada pela quantidade de vapor d'água contido na atmosfera, embora sendo um elemento do clima muito importante para a meteorologia, a umidade representa apenas 2% da massa total da atmosfera e 4% de seu volume (AYOADE, JOHNSON OLANIYI.4. ed. 1996).

⁶ FireBase - Disponível em: <https://firebase.google.com/> Acessado em: 09 dez 2024.

2.1.3 Sistemas Embarcados e Internet das Coisas (IoT)

Os sistemas embarcados são um conjunto de hardware e software projetados para executar uma tarefa específica dentro de um sistema maior. São projetados para serem compactos, confiáveis e eficientes, sendo capazes de lidar com restrições de espaço e recursos, como memória e processamento limitado. Eles possuem uma ampla gama de aplicações, incluindo automóveis, dispositivos médicos, aparelhos eletrônicos, sistemas de segurança e muito mais (RODRIGUES EVANDRO, et al, 2013).

A Internet das Coisas (*IoT - Internet of Things*) pode ser entendida como uma rede de objetos físicos equipados com sensores, software e outras tecnologias, com o objetivo de se conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas pela internet. Suas aplicações estão fortemente voltadas à automação, como em casas inteligentes, agricultura inteligente, veículos, entre outros (BRUNO P. SANTOS, et al, 2017).

2.1.4 Placa microcontrolada ESP32

O microcontrolador ESP32 é um elemento versátil, muito utilizado em sistemas embarcados e IoT, principalmente em projetos onde é necessário a coleta e manipulação de dados. Possui Wi-Fi e Bluetooth integrados, o que elimina a necessidade de utilizar módulos separados, gerando uma economia de tempo e custo. Outra característica é que a placa possui 34 pinos configuráveis, dos quais 22 são pinos digitais que podem ser configurados como entrada ou saída e 12 pinos analógicos que são utilizados para ler sinais analógicos (ESPRESSIF INC., 2018).

Para a construção da estação meteorológica, o microcontrolador ESP32 é utilizado como o cérebro da estação, se comunicando com os sensores e demais módulos, fazendo o processamento e o envio dos dados coletados para o armazenamento em nuvem por meio do Wi-Fi integrado.

2.1.5 Conjunto de Sensores

O componente DS18B20 é um sensor digital que realiza medições de temperatura na faixa de -55° a 125°C em ambiente seco, úmido ou submerso. O sensor utiliza o protocolo One-Wire, ou seja, a sua comunicação é feita através de um único fio de dados, além do VCC e do GND (MAXIM, 2020).

O sensor GY-BMP280 pode ser utilizado para medir a pressão atmosférica e a temperatura. Apesar das duas variáveis fornecidas, neste trabalho, ele é utilizado para medir somente a pressão atmosférica, devido a sua menor precisão para a medição da temperatura, quando comparado ao DS18B20 (MAXIM, 2017).

O Resistor Dependente de Luz (*Light Dependent Resistor* - LDR) é um sensor do tipo resistor variável que permite mensurar a quantidade de luz no ambiente de acordo com a variação de sua resistência elétrica (PELLISON, tadeu, 2020).

O sensor de umidade e temperatura DHT22 é um dispositivo eletrônico que permite medir a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente. Neste trabalho, é somente utilizado para coleta dos dados da umidade relativa do ar, uma vez que o sensor DS18B20 fornece maior faixa de medição da temperatura (ADAFRUIT, 2019).

O Quadro 1 apresenta algumas das características dos sensores utilizados.

Quadro 1. Características dos sensores utilizados.

Grandeza mensurada	Sensor	Faixa de medição	Precisão
Pressão	GY-BMP280	300 a 1100 hPa	±0,12 hPa
Temperatura	GY-BMP280	-40 a 85 °C	±1.0 °C
Temperatura	DS18B20	-55°C a +125°C	±0.5°C
Umidade	DHT22	0% a 100%	±2% UR (Umidade Relativa)
Umidade	DHT22	-40 a 80 °C	±0.5 °C
Iluminação	LDR KY-018	100Ω a 10 KΩ	±5Ω

Fonte: Elaboração própria, com dados extraídos da documentação dos fabricantes.

2.1.6 Plataforma Firestore Database

A plataforma Firestore Database, desenvolvida pelo Google, inclui uma variedade de ferramentas e recursos como atualizações em tempo real, autenticação de usuários, hospedagem de arquivos e análises de dados em um único local. Sendo reconhecida por sua capacidade de se expandir com o

crescimento do aplicativo, o que significa que ele pode suportar desde projetos relativamente pequenos até aplicativos de grande escala com muitos usuários (CLOUD FIRESTORE, 2024).

Neste projeto a plataforma é utilizada como banco de dados para as variáveis meteorológicas, sendo realizada a integração do ESP32, armazenando os dados meteorológicos com segurança e a disponibilidade de acessá-los em tempo real de qualquer lugar. Desta forma, a visualização e análise dos dados coletados é simplificada.

2.1.7 Tratamento do Dados Coletados

O microcontrolador realiza as leituras dos sensores e armazena esses dados, onde após certo tempo, configurável, é calculada a média dos dados e enviados ao banco de dados Firestore.

Para testes e por conta da falta de tempo, a coleta dos dados é feita a cada 10 segundos no microcontrolador e a média e o envio ao banco de dados é a cada 30 segundos.

2.1.7 Visualizador dos dados

O visualizador de dados foi desenvolvido utilizando as tecnologias HTML, CSS e Javascript. A construção seguiu o modelo *Model*, *View* e *Controller* (MVC).

O *Model* foi usado para separar as funções que fazem a conexão e alteração nos dados do banco Firestore, além da criação de objetos para melhor manejo das informações.

O *View* é utilizado para separar as funções que tenham como objetivo exibir algo na tela, como por exemplo a função de gerar os gráficos e exibir as informações dos dispositivos. Usa imports do *Model* para obter informações necessárias do banco.

Por fim, o *Controller*, como o próprio nome já diz, controla o site, faz uso de funções do *Model* e do *View*, fazendo o controle de informações de entrada do usuário e saída de exibição de dados.

O sistema de construção MVC (*Model*, *View* e *Controller*) é uma forma de organizar o desenvolvimento de sistemas, separando as responsabilidades para facilitar o entendimento, a manutenção e o crescimento do projeto. Essa

separação ajuda a deixar o código mais organizado e permite que partes diferentes do sistema sejam trabalhadas separadamente.

3. ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA

3.1 Requisitos do Sistema

Requisitos do Sistema são as especificações para descrever as funções e restrições do sistema a ser desenvolvido, detalhando o que o sistema deve fazer, se comportar e quais são suas limitações. Os requisitos funcionais e não funcionais do sistema podem ser vistos no Quadro 2 e 3, respectivamente.

3.1.1 Requisitos Funcionais

Quadro 2. Requisitos Funcionais do Sistema.

Nº	Nome	Descrição
#RF01	Obter dados	O sistema deve obter e registrar os dados de temperatura, umidade, pressão atmosférica e luminosidade a partir dos sensores conectados.
#RF02	Calibrar sensores	O sistema deve calibrar automaticamente os sensores para ajustar sua precisão, reduzindo a margem de erro nas medições. O processo utilizará as bibliotecas próprias dos sensores.
#RF03	Conectar com Wi-fi	O sistema deve estabelecer uma conexão com a rede Wi-Fi para enviar os dados coletados à nuvem.
#RF04	Armazenar dados	Os dados coletados pelos sensores devem ser armazenados no banco de dados Firestore Database.
#RF05	Parametrizar o tempo de exportação	O sistema deve permitir ao usuário parametrizar o intervalo de tempo entre os envios de dados ao banco de dados.
#RF06	Exportar dados	O sistema deve exportar os dados armazenados no formato .CSV, possibilitando análises offline.
#RF07	Gerenciar Dispositivos	O sistema deve permitir que o usuário gerencie os dispositivos de monitoramento, com funcionalidades de adicionar, editar e remover dispositivos.
#RF08	Gerar Gráficos	O sistema deve gerar gráficos com os dados coletados, permitindo filtros por período e por tipo de sensor.

Fonte: Dos Autores.

3.1.2 Requisitos Não-Funcionais

Quadro 3. Requisitos Não Funcionais do Sistema

Nº	Nome	Descrição
#RNF01	Tempo de resposta	O sistema deve apresentar um tempo de resposta rápido para garantir a entrega eficiente dos dados coletados e a exibição em tempo real.
#RNF02	Baixo custo	O projeto (hardware e software) deve ser economicamente acessível, utilizando componentes de baixo custo sem comprometer a funcionalidade.
#RNF03	Confiabilidade	O sistema deve ser testado para garantir alta confiabilidade.
#RNF04	Segurança	O sistema deve implementar medidas de segurança, como a autenticação para proteger informações sensíveis.
#RNF05	Código e Documentação Disponíveis	O código-fonte e a documentação do projeto devem ser disponibilizados gratuitamente para outros usuários.
#RNF06	Expansividade	O sistema deve ser modular e expansível, permitindo a integração de novos sensores e dispositivos com facilidade.
#RNF07	Replicabilidade	O projeto deve ser de fácil replicação, com instruções claras para montagem, programação e uso, visando sua aplicação por pessoas com diferentes níveis de conhecimento técnico.

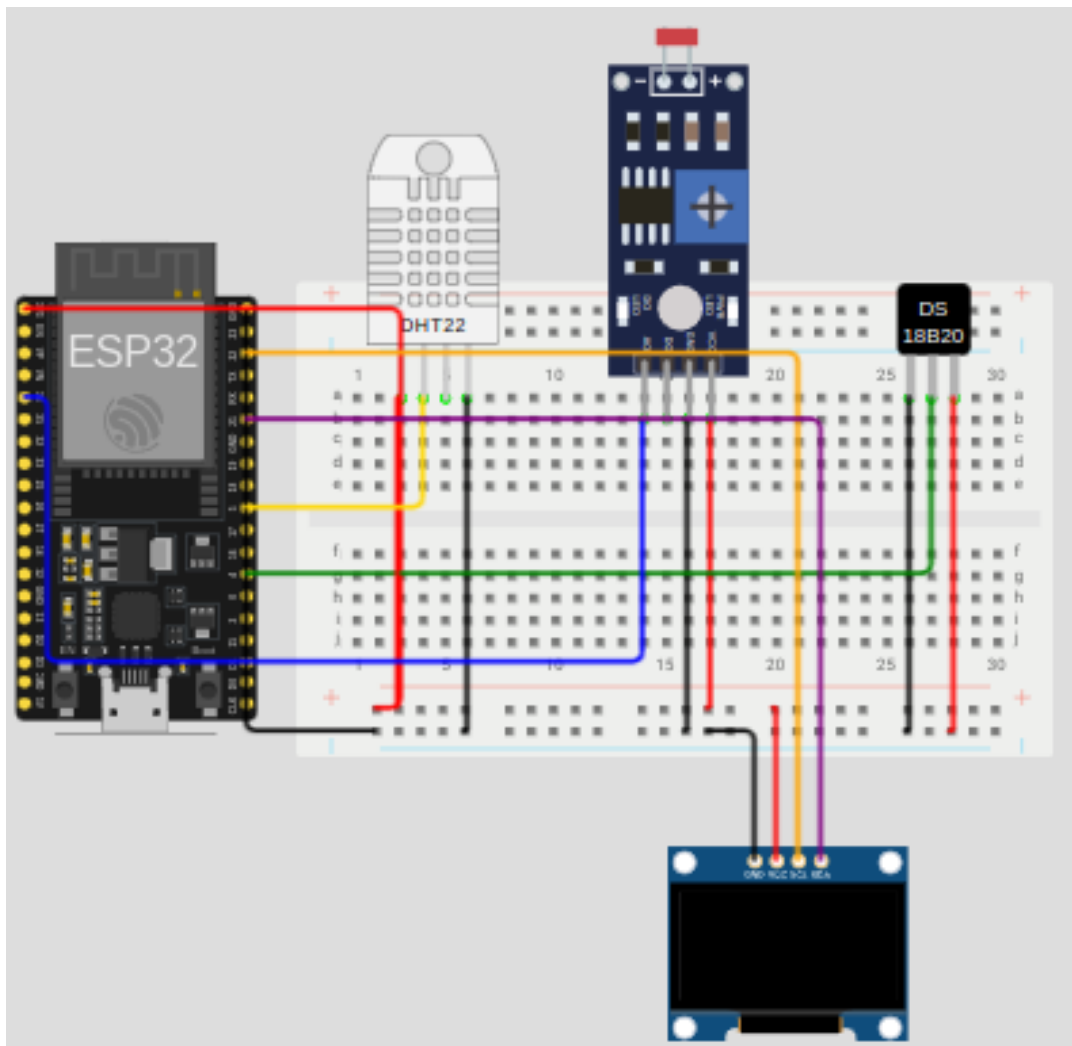
Fonte: Dos Autores.

4. Resultados

4.1 Protótipo do hardware

Na Figura 01 é apresentado o projeto do circuito, feito em um simulador digital. Da esquerda para a direita, estão os seguintes componentes: Microcontrolados ESP32, os sensores DHT-22; LDR KY-018; DS18B20 e o SSD1306 OLED display.

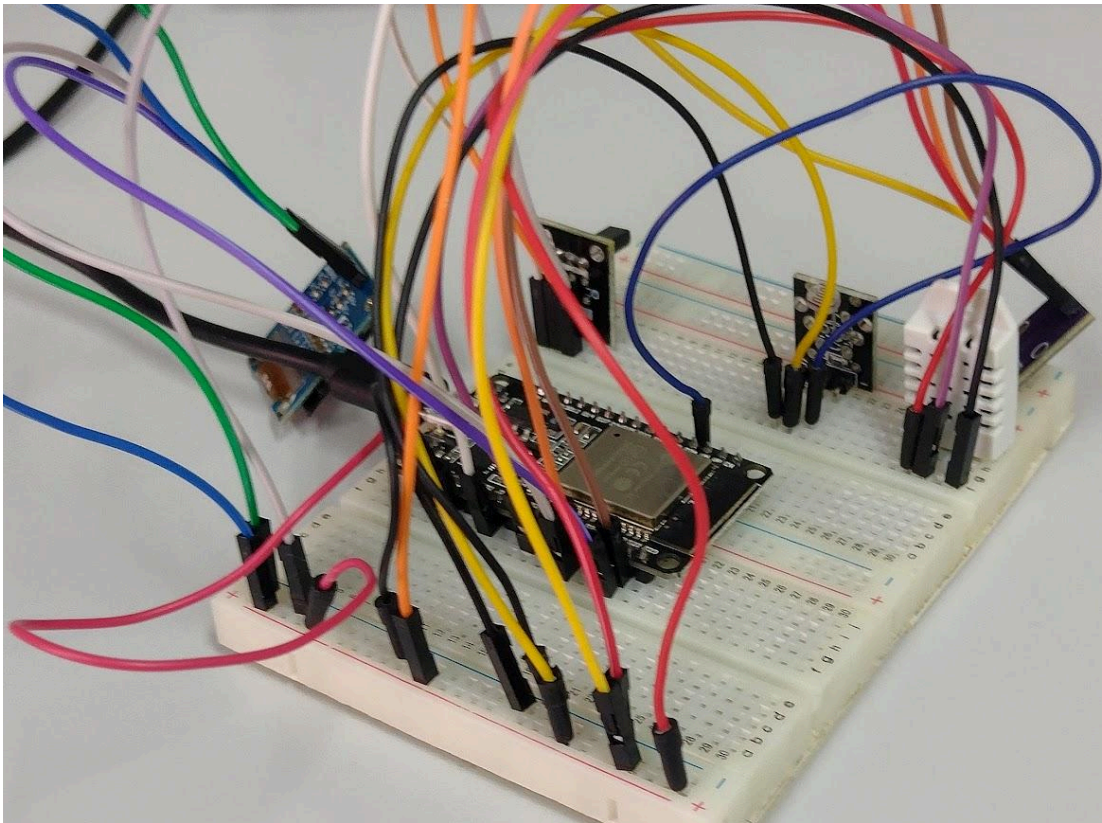
Figura 01. Circuito de Hardware desenvolvido.



Fonte. Elaboração própria, utilizando o Wokwi.com.

Com base no protótipo virtual foi desenvolvido o primeiro protótipo físico do projeto, o qual utiliza duas placas protoboards para conectar os sensores e o display ao microcontrolador, como mostra a Figura 02.

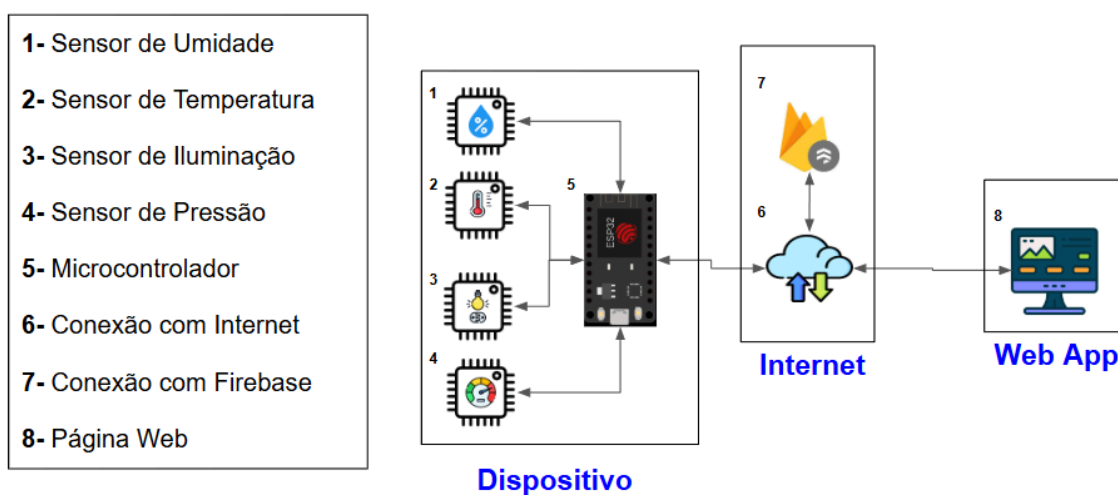
Figura 02. Imagem do protótipo desenvolvido.



Fonte: Dos autores.

A Figura 03 mostra uma representação mais simples da arquitetura do sistema, fazendo o uso de um único dispositivo.

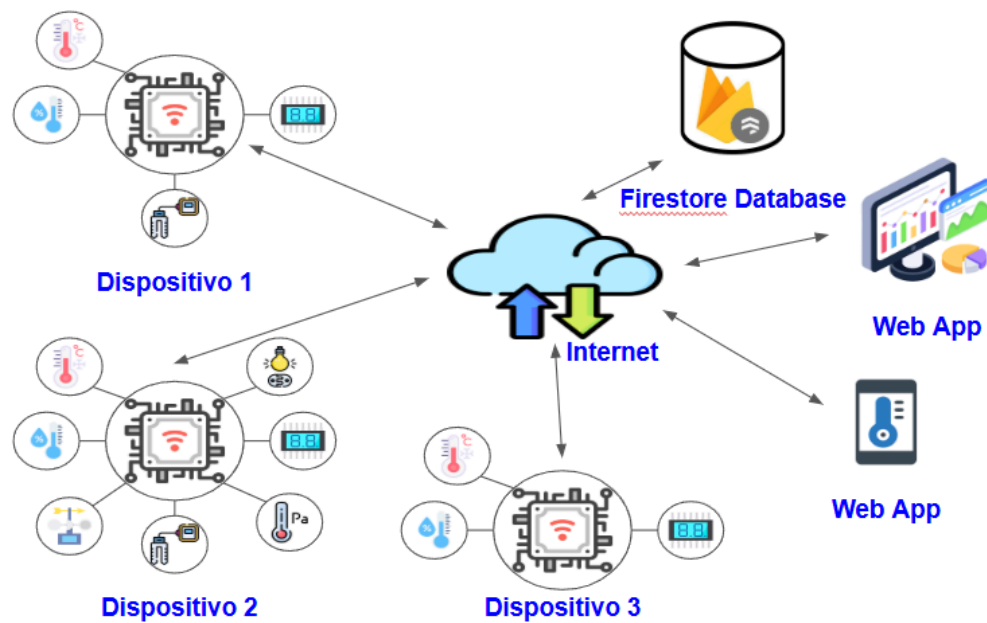
Figura 03. Arquitetura do sistema com um único dispositivo



Fonte: Elaboração própria, usando o google apresentações.

A Figura 04 mostra uma representação mais complexa da arquitetura do sistema, tendo 3 dispositivos heterogêneos conectados ao sistema, mostrando que o sistema consegue lidar com a possibilidade de expansão de dispositivos.

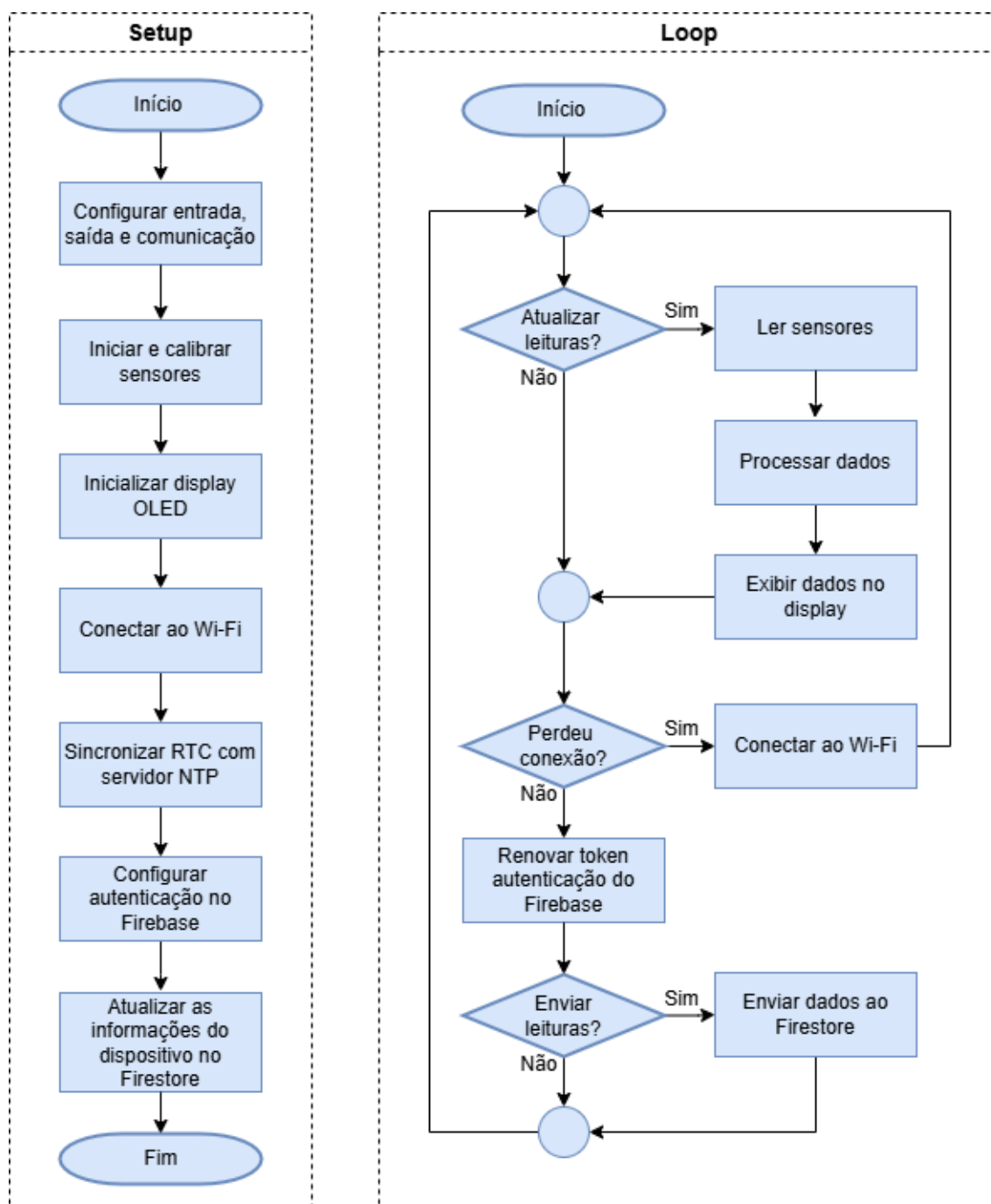
Figura 04. Arquitetura do sistema com múltiplos dispositivos.



Fonte: Elaboração própria, google apresentações.

A Figura 05 mostra o fluxograma simplificado do software embarcado.

Figura 05. Fluxograma do software embarcado.



Fonte. Elaboração própria, utilizando o draw.io.

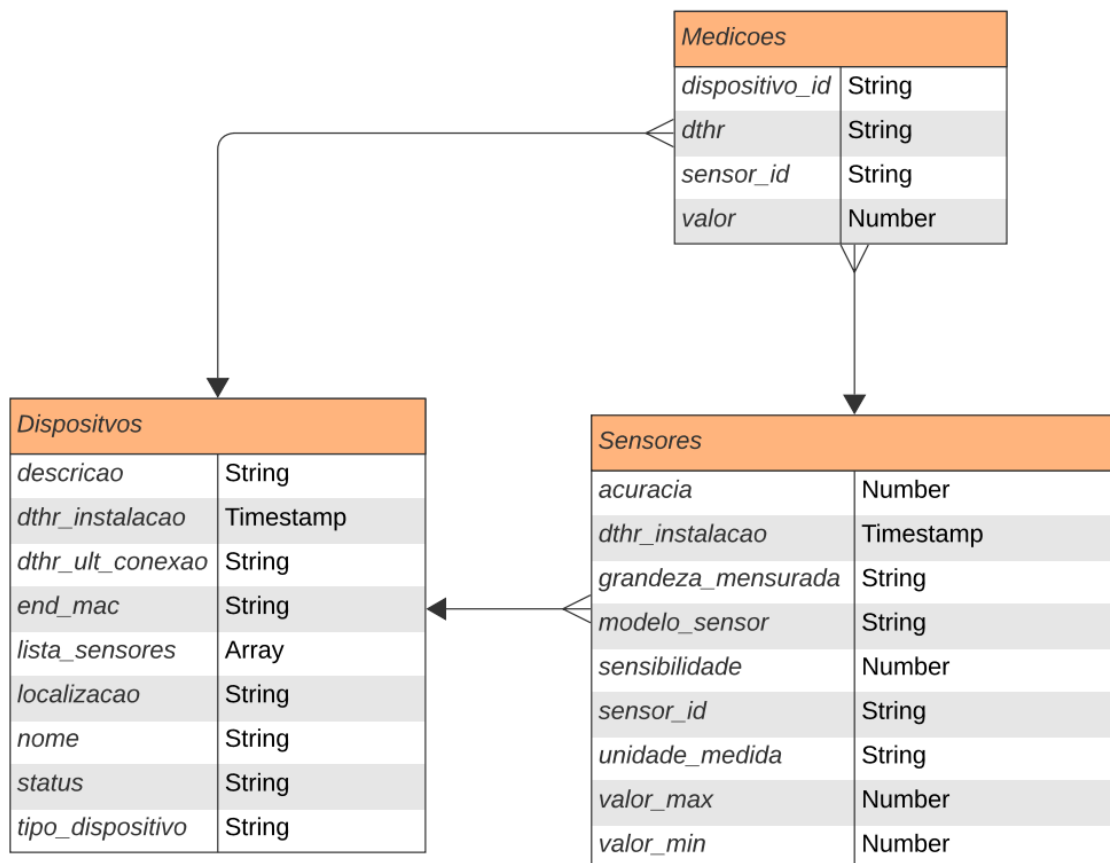
4.2 Armazenamento dos dados

A base de dados do Firestore foi dividida em 3 coleções. A coleção “dispositivos” armazena os dispositivos cadastrados, enquanto os documentos desta coleção guardam as seguintes informações: data e hora de instalação, última conexão com o banco, endereço MAC, sensores utilizados, localização,

nome, tipo de dispositivo e seu status. A coleção “medições” armazena as medições que os dispositivos realizaram, mostrando o id do dispositivo, data e hora de medição e qual o valor da medição. Por fim, a coleção “sensores” armazena um documento para cada sensor, o documento é nomeado de acordo com o modelo e utilidade do sensor. Este documento tem os seguintes dados: acurácia do sensor, data e hora de instalação, grandeza mensurada, modelo, sensibilidade, id do sensor, unidade de medida, valor máximo e valor mínimo de leitura.

A Figura 06 mostra o diagrama do banco de dados de uma forma não relacional.

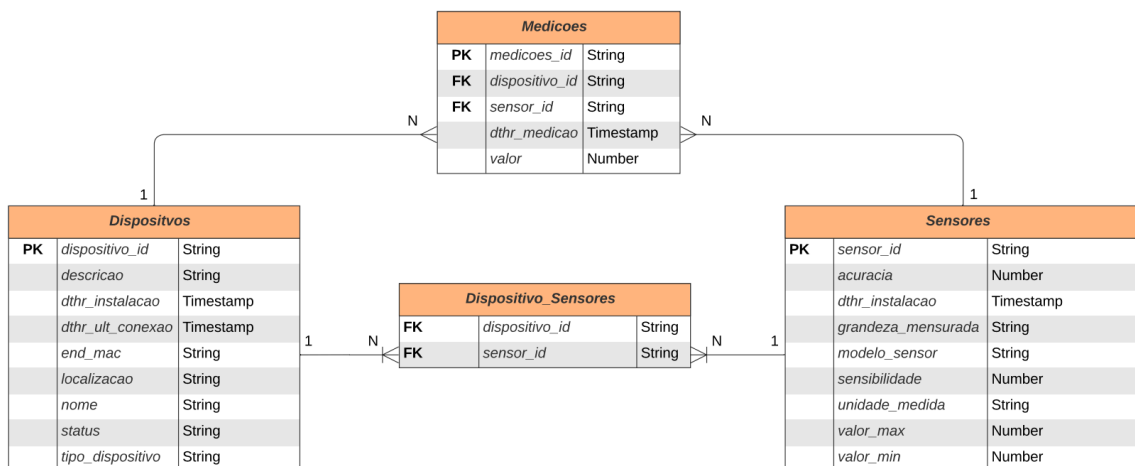
Figura 06. Diagrama do banco de dados.



Fonte. Elaboração própria, utilizando o lucidchart.

A Figura 07 exibe o diagrama do banco de dados de uma forma mais parecida com um banco de dados relacional.

Figura 07. Diagrama do banco de dados.



Fonte. Elaboração própria, utilizando o lucidchart.

Isso mostra que apesar de o Firestore Database não ser um banco de dados relacional, ele foi criado de maneira que se assemelha a um banco de dados relacional, para que fique mais legível a estrutura e caso necessário a conversão para um modelo de banco de dados relacional essa estrutura facilita a conversão.

4.3 Visualizador Web

Foi desenvolvida uma página Web para a visualização dos dados coletados, esta página fornece gráficos temporais que representam a variação dos valores observados ao longo do tempo. Além disso, é possível aplicar filtros de datas, períodos e sensores específicos para melhor visualização.

Este módulo de visualização tem acesso direto à plataforma Firebase para tornar possível o acesso aos dados. A Figura 07 é a página inicial do site, onde pode-se visualizar as estações cadastradas.

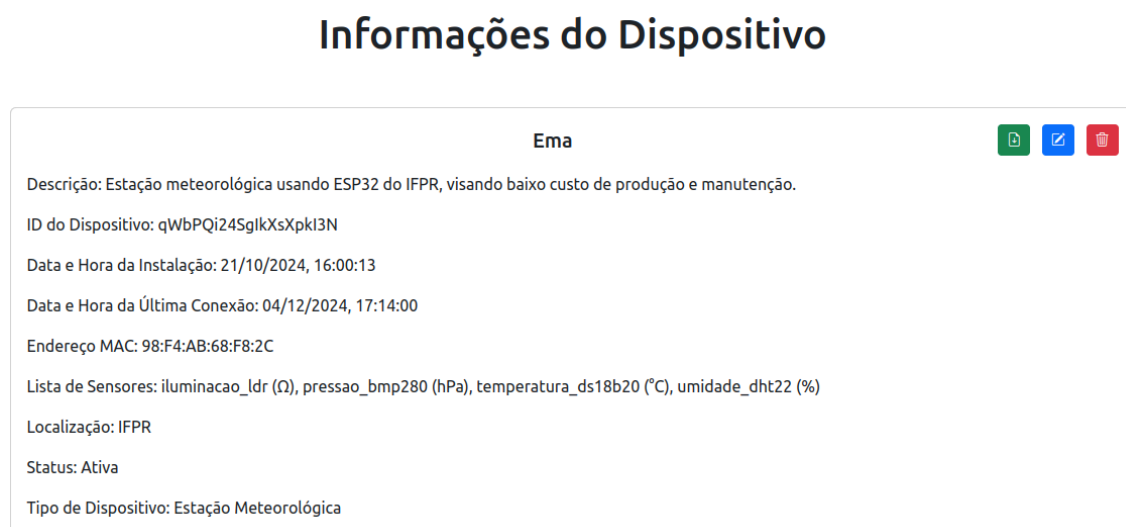
Figura 07. Tela da página web com estações gerenciadas pelo usuário.



Fonte. Dos autores.

A Figura 08 apresenta a página de descrição com todos os dados do dispositivo.

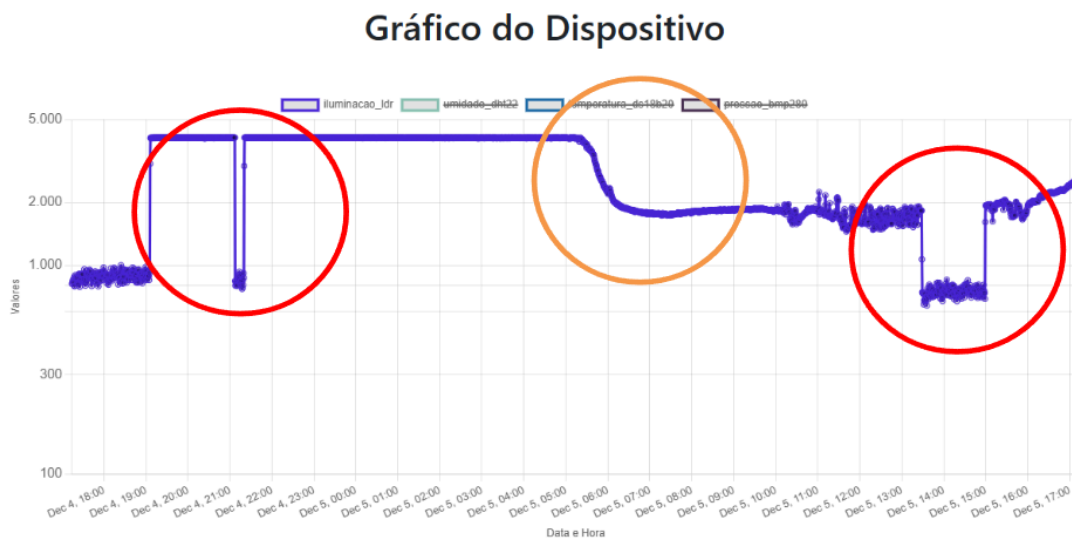
Figura 08. Informações do dispositivo Ema



Fonte. Dos autores.

A Figura 09 mostra a representação gráfica dos dados de iluminação, sendo o sensor um fotoresistor, ou seja, quanto maior o valor menor a iluminação e o gráfico tem 2 pontos interessantes, sendo eles a curva da iluminação ao amanhecer que está circulado em laranja e a queda dos valores ao ligar as luzes circulados em vermelho.

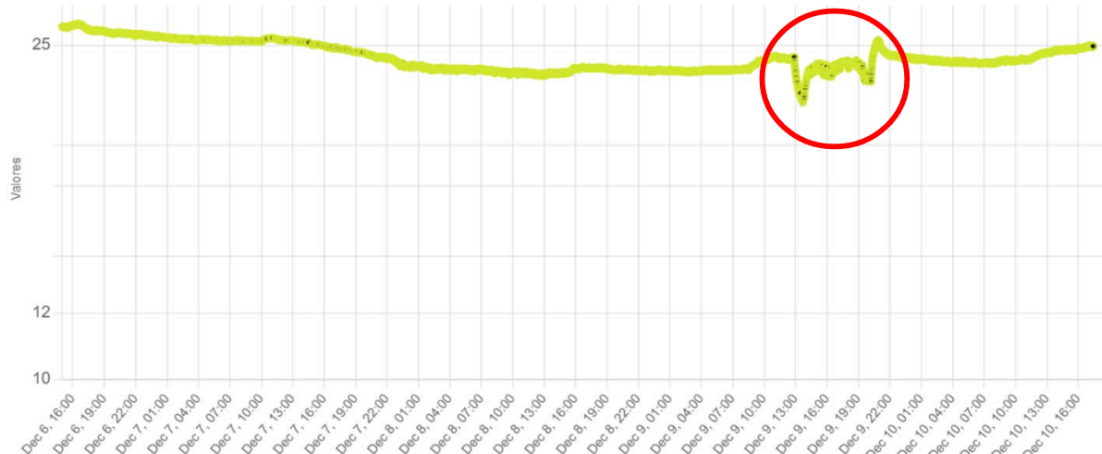
Figura 09. Gráfico com os valores da iluminação do LDR.



Fonte. Dos autores.

A Figura 10, exibe de forma gráfica os dados coletados da temperatura em graus celsius, tendo uma maior variação durante o dia 09 de dezembro de 2024, sendo referente ao ar condicionado ligado durante o projeto de robótica que ocorre toda segunda-feira.

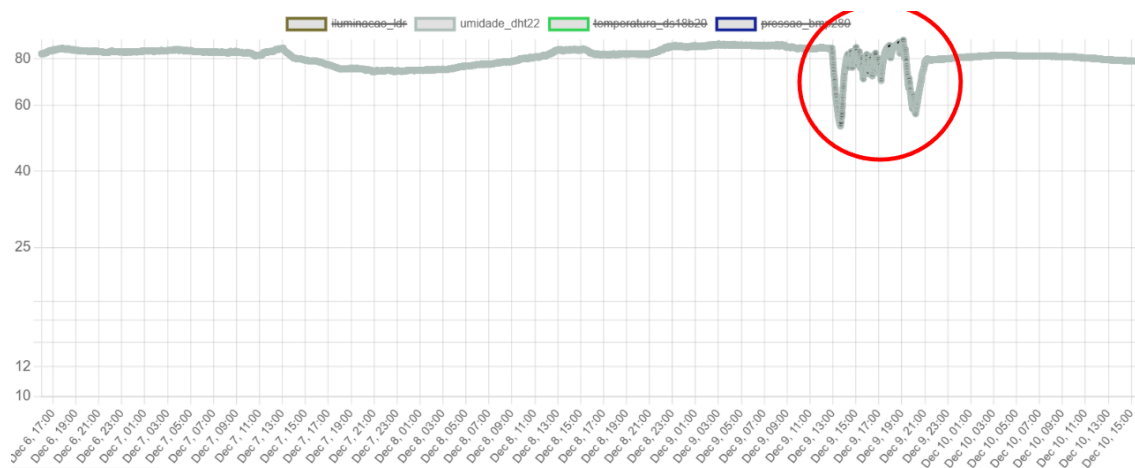
Figura 10. Gráfico com os valores da temperatura do DS18B20.



Fonte. Dos autores.

A Figura 11, mostra de forma gráfica dos dados coletados da umidade, no mesmo dia e horário da figura anterior, há uma variação que remete ao ar condicionado deixando o ar mais seco.

Figura 11. Gráfico com os valores da umidade do DHT22.

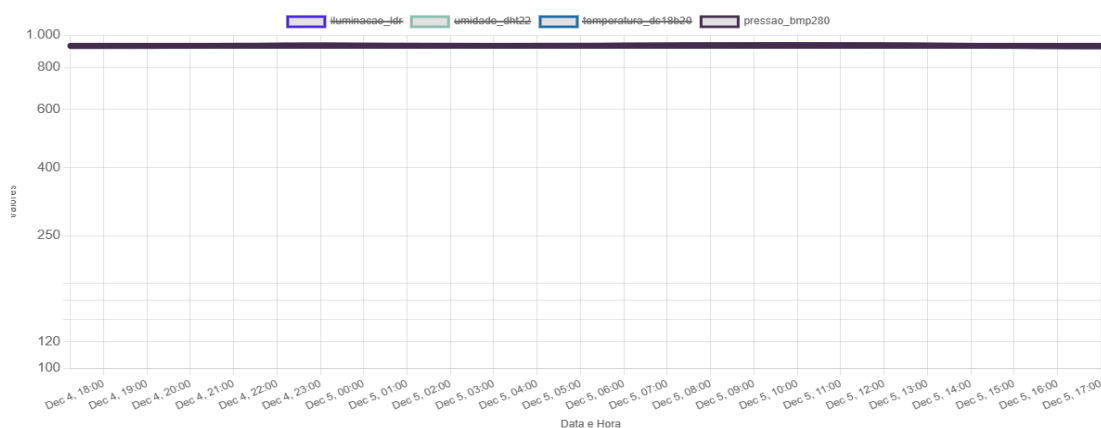


Fonte. Dos autores.

A Figura 12, exibe de forma gráfica dos valores obtidos da pressão atmosférica, não houve uma variação visível mantendo-se na casa dos 930 hectopascals (hPa).

Figura 12. Gráfico com os valores da pressão atmosférica do BMP280.

Gráfico do Dispositivo



Fonte. Dos autores.

5. Considerações finais

Apesar de estações meteorológicas apresentarem custo elevado, é possível desenvolver um sistema de monitoramento acessível economicamente, utilizando tecnologia IoT e elementos do arduino, sendo também replicável e expansível, o que torna possível que projetos futuros possam incluir novos sensores e dispositivos diferentes.

Os objetivos de leitura, tratamento, visualização e armazenamento dos dados foram alcançados, o microcontrolador fez a leitura e tratamento dos

dados, o armazenamento é feito no banco de dados Firestore. A página web fez bem o trabalho de mostrar as informações de forma gráfica e ajudar no gerenciamento dos dispositivos.

Como trabalho futuro queremos expandir a quantidade de variáveis climáticas, bem como o número de dispositivos conectados ao sistema, além de também implementar um sistema de autenticação para maior segurança.

REFERÊNCIAS

ADAFRUIT. **DHT22 - AM2302, temperature and humidity sensor**. 2019.

Disponível em: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/DHT22.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.

AGSOLVE. **Estações meteorológicas para qualidade do ar e do clima**. nov. 2010. Disponível em:

<https://www.agsolve.com.br/noticias/4013/estacoes-meteorologicas-para-qualidade-do-ar-e-do-clima>. Acesso em: 8 de setembro de 2024.

AYOADE, John O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p. Disponível em:

<https://www2.ufmg.edu.br/governadorvaladares/pesquisa/laboratorio-de-climatologia/livros/ayoad-j-o-introducao-a-climatologia-para-os-tropicos.pdf>.

Acesso em: 15 de outubro de 2024.

BRUNO P. SANTOS, et al. **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**. 8 abr. 2017. Disponível em:

<https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 29 de ago. 2024.

CLOUD FIRESTORE. ago. 2024. Disponível em:

<https://firebase.google.com/docs/firestore>. Acesso em: 19 ago. 2024.

COMPONENTS101. set. 2018. **Módulo GY-BMP280**. Disponível em:

<https://components101.com/sensors/gy-bmp280-module>. Acesso em: 29 ago. 2024

CURTO CIRCUITO. LOCATELLI, CAROLINE. fev. 2019. **Como utilizar o DS18B20**. Disponível em:

<https://curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20Arduino/como-utilizar-o-ds18b20>. Acesso em: 29 ago. 2024.

ELECTRONIC CLINIC. FAHAD, SHAHZADA. **UV detection Sensor with Arduino, GY1145 or SI1145 digital UV Index**. Disponível em:

<https://www.electronicclinic.com/uv-detection-sensor-with-arduino-gy1145-or-si1145-digital-uv-index/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

ESPRESSIF INC. **ESP32 Series Datasheet**. 2018. Disponível em:

<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1243003/ESPRESSIF/ESP32.html>. Acesso em: 9 setembro. 2024.

IBM. **O que é meteorologia?**. 19 de jun. 2024. Disponível em <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/meteorology>. Acesso em: 26 de dez. 2024.

K&F CONCEPT. **Qual É O Objetivo Da Estação Meteorológica ?**. jan. 2024. Disponível em: https://br.kentfaith.com/blog/article_qual-É-o-objetivo-da-estação-meteorológica_1425. Acesso em: 8 de setembro de 2024.

LISBOA, VICTOR GABRIEL CORDEIRO. **Protoboard**. setembro 2015. Disponível em: https://www.uel.br/pessoal/ernesto/arduino/00_Protoboard.pdf. Acesso em: 29 ago. 2024.

LOPEZ, J.C.B.; VILLARUZ, H.M. **Low-cost weather monitoring system with online logging and data visualization. In: Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), Cebu City, Philippines, 2015. Anais[...]** Piscataway, Nova Jersey: **International Conference on. IEEE**. 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7393170>. Acesso em: 9 setembro. 2024.

MAKERSUPPLIES. **KY-018 Photoresistor Module (Light Dependent Resistor)**. Disponível em: <https://arduinomodules.info/ky-018-photoresistor-module/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

MAXIM INTEGRATED. **DS18B20: Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer**. 2020. Disponível em: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>. Acesso em: 08 set. 2024.

PINHEIRO CLEUSA. **CATI Regional Barretos: estações meteorológicas beneficiam populações rural e urbana**. 30 jun. 2022. Disponível em: <https://www.cati.sp.gov.br/portal/imprensa/noticia/cati-regional-barretos:-estacoes-meteorologicas-beneficiam-populacoes-rural-e-urbana>.

RODRIGUES EVANDRO, PEDÓ RICARDO, Tedesco L.P. **SISTEMAS EMBARCADOS E SUA APLICAÇÃO DA INDÚSTRIA**. 2013. Disponível em: <https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/wspi/article/view/10821/1205>. Acesso em: 29 de ago. 2024.

SILVA, MARCEL SALVIONI DA; FRUETT, FABIANO. **REDE DE SENSORES SEM FIO DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL. Campinas**. 2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.01.13/doc/p1706.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2024.

SENSITEC. **como-uma-estacao-meteorologica-otimiza-producao-agricola**. mai. 2024. Disponível em: <https://sensitec.com.br/como-uma-estacao-meteorologica-otimiza-producao-agricola/>. Acesso em: 8 de setembro de 2024.

USINAINF. STRAUB, MATHEUS GEBERT. **Indicador de Direção do Vento com Arduino Melhorando sua Estação Meteorológica**. 2019. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/indicador-de-direcao-do-vento-com-arduino-melhorando-sua-estacao-meteorologica/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

VIANELLO LEITE RUBENS.

indicador-de-direcao-do-vento-com-arduino-melhorando-sua-estacao-meteorologica. 2011. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/publicacoesDigitais/aestacaometeorologicae-seuobservador.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2024

WATELETRONICS.COM. ***What is a Light Dependent Resistor and Its Applications***. jul. 2010. Disponível em: <https://www.watelectronics.com/light-dependent-resistor-ldr-with-applications/>. Acesso em: 29 de agosto de 2024.

ANEXOS

O Anexo 1

Mostra os valores e as especificações técnicas dos sensores que foram usados no projeto. Esses sensores foram escolhidos por serem precisos e compatíveis com o sistema. Eles são responsáveis por medir iluminação, temperatura, umidade e pressão.

Anexo I - Valores e informações técnicas dos sensores utilizados no projeto.

Grandeza mensurada	Sensor	Faixa de medição	Precisão	Valor	Data
Pressão	GY-BMP280	300 a 1100 hPa	$\pm 0,12$ hPa	R\$20,99	12 de set. de 2024
Temperatura	DS18B20	-55°C a +125°C	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	R\$18,00	12 de set. de 2024
Umidade	DHT22	0% a 100%	$\pm 2\%$ UR (Umidade Relativa)	R\$33,16	12 de set. de 2024
Iluminação	LDR KY-018	100 Ω a 10 K Ω	$\pm 5\Omega$	R\$15,00	12 de set. de 2024
Total(R\$)	R\$87,15				

Fonte: Dos autores, com pesquisa nos sites dos fabricantes.