



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE RUSSAS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ANA LIVIA OLIVEIRA LIMA

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ARDUINO

RUSSAS

2021

ANA LIVIA OLIVEIRA LIMA

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ARDUINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, *Campus* Russas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Silvia Teles Viana.

RUSSAS

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L696e Lima, Ana Livia Oliveira.
Estação meteorológica de baixo custo utilizando arduino / Ana Livia Oliveira Lima. – 2021.
62 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas,
Curso de Engenharia Mecânica, Russas, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Silva Teles Viana.
1. Estação meteorológica . 2. Baixo custo. 3. Arduino. 4. Sensores. I. Título.

CDD 620.1

ANA LIVIA OLIVEIRA LIMA

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ARDUINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, *Campus* Russas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Silvia Teles Viana (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Camilo Augusto Santos Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Caroliny Gomes de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

À minha família.

AGRADECIMENTOS

À Deus por toda proteção e bênçãos.

Ao meu marido Johnnatan Barros pelo apoio, motivação e paciência durante essa jornada.

Aos meus pais, Júnior e Eunice, pela educação, amor e encorajamento durante toda a vida.

As minhas irmãs Sara e Lara, e ao meu sobrinho Gael, por todo o amor.

Aos meus sogros e cunhadas pelo amparo e suporte.

A professora Dra. Silvia Teles Viana, pela orientação desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Camilo Augusto Santos Costa e a Profa. Dra. Caroliny Gomes de Oliveira pela disponibilidade para participação da banca desse trabalho.

Ao Ari Lucas, Cristiane e demais, pelo apoio durante o período de testes desse projeto.

Aos colegas da turma de engenharia mecânica 2015.1.

A todos os professores, direção e demais funcionários por nos proporcionar uma graduação de qualidade.

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin.

RESUMO

O estudo do tempo atmosférico em determinada região é de grande importância para a definição do clima deste local. Com isso em vista, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma estação meteorológica de baixo custo e realizar sua instalação na Universidade Federal do Ceará - *Campus* Russas, bem como coletar os dados obtidos pelo projeto e compará-los com os dados meteorológicos fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) da estação meteorológica da cidade de Jaguaruana - CE. A plataforma escolhida para o desenvolvimento deste projeto foi o microcontrolador Arduino uno R3 e os sensores foram DHT11, BMP180 e anemômetro SV10. Os dados coletados pelos sensores foram gravados em um cartão de memória no formato de texto, ao final de cada dia de teste o cartão era removido e os dados passados para o Excel. Os testes da estação foram realizados entre os meses de janeiro e fevereiro de 2021, totalizando 13 dias. Quanto à análise e comparação dos dados da estação meteorológica de baixo custo com as informações fornecidas pelo INMET pode-se perceber que a estação de baixo custo é realmente uma proposta válida, pois mostrou resultados satisfatórios, visto que seguem uma tendência em comum, ressaltando que como são sensores de baixo custo estes apresentam uma menor precisão.

Palavras-chave: Estação Meteorológica. Baixo Custo. Arduino. Sensores.

ABSTRACT

The study of weather atmospheric in a region is importance for defining the climate of this location. With this in mind, the objective of this work was to develop a low-cost meteorological station and install it at the Federal University of Ceará - Campus Russas, as well as collect the data obtained by the project and compare them with the meteorological data provided by INMET (National Institute of Meteorology) of the meteorological station in the city Jaguaruana in Ceará. The platform chosen for the development of this project was the Arduino uno R3 microcontroller and the sensors were DHT11, BMP180 and anemometer SV10. The data collected by the sensors were recorded on a memory card in text format, at the end of each test day the card was removed and the data transfered to Excel. The station tests were done between January and February 2021, totaling 13 days. Regarding the analysis and comparison of data from the low-cost weather station with the information provided by INMET, it can be seen that the low-cost station is really a valid proposal, as it showed satisfactory results, since they follow a common trend, emphasizing that as they are low-cost sensors, they have less precision.

Keywords: Meteorological Station. Low Cost. Arduino. Sensors.

LISTA DE FIGURA

Figura 1: Placa arduino.....	21
Figura 2: IDE Arduino.....	22
Figura 3: Mapa das cidades do Vale Jaguaribe.	24
Figura 4: <i>Protoboard</i>	26
Figura 5: <i>Jumper</i> Fêmea- Fêmea.	26
Figura 6: <i>Jumper</i> Macho- Macho.	27
Figura 7: <i>Jumper</i> Macho- Fêmea.	27
Figura 8: Transdutor BMP180.....	28
Figura 9: Transdutor DHT11.	28
Figura 10: Anemômetro SV10.	29
Figura 11: Fonte.	29
Figura 12: Adaptador micro Sd.	30
Figura 13: Cartão Micro Sd.	30
Figura 14: Esquema lógico de funcionamento da estação meteorológica.....	32
Figura 15: Projeto estação meteorológica de baixo custo utilizando arduino.	33
Figura 16: Dados de Pressão no dia 08/02/2021.	35
Figura 17: Dados de Temperatura no dia 08/02/2021.	35
Figura 18: Dados Umidade relativa no dia 08/02/2021.....	36
Figura 19: Dados velocidade do vento no dia 08/02/2021.	36
Figura 20: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 21/01/2021.	51
Figura 21: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 26/01/2021.	52
Figura 22: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 27/01/2021.	53
Figura 23: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 28/01/2021.	54
Figura 24: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 29/01/2021.	55
Figura 25: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 02/02/2021.	56
Figura 26: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 04/02/2021.	57
Figura 27: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 12/02/2021.	58
Figura 28: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 15/02/2021.	59
Figura 29: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 19/02/2021.	60
Figura 30: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 22/02/2021.	61
Figura 31: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 23/02/2021.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sensores e suas variáveis mensuradas.....	31
Tabela 2 - Orçamento.	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INMET	Instituto nacional de meteorologia.
IDE	<i>Integrated Development Environment.</i>
UTC	<i>Coordinated Universal Time.</i>
GB	Gigabyte.

LISTA DE SÍMBOLOS

UR - Umidade Relativa.

P - Pressão atmosférica.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	Instrumentação.....	17
3.2	Meteorologia.....	17
3.3	Climatologia	18
3.4	Clima e tempo atmosférico	18
3.5	Elementos climáticos e fatores climáticos	18
3.6	Estação meteorológica	20
3.7	Arduino	20
3.9	Localização da estação meteorológica.....	23
4	DESENVOLVIMENTO.....	25
4.1	Classificação da pesquisa	25
4.2	Materiais	25
4.2.1	Placa Arduino uno R3.....	25
4.2.2	Protoboard.....	25
4.2.3	Jumpers	26
4.2.4	Transdutor de pressão BMP180.....	27
4.2.5	Transdutor de umidade DHT11	28
4.2.6	Transdutor de velocidade do vento Anemômetro SV10.....	28
4.2.7	Fonte	29
4.2.8	Adaptador micro SD	30
4.2.9	Cartão SD.....	30
4.3	Metodologia.....	31

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
6	CONCLUSÃO.....	37
7	TRABALHOS FUTUROS	38
	REFERÊNCIAS	39
	ANEXO A - CÓDIGO ARDUINO	41
	ANEXO B – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 21/01/2021	51
	ANEXO C – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 26/01/2021	52
	ANEXO D – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 27/01/2021	53
	ANEXO E – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 28/01/2021.....	54
	ANEXO F – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 29/01/2021	55
	ANEXO G – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 02/02/2021	56
	ANEXO H – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 04/02/2021	57
	ANEXO I – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 12/02/2021	58
	ANEXO J – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 15/02/2021.....	59
	ANEXO K – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 19/02/2021	60
	ANEXO L – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 22/02/2021.....	61
	ANEXO M – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 23/02/2021....	62

1 INTRODUÇÃO

O equilíbrio térmico do planeta vem sendo afetado devido às ações humanas como atividades industriais e agrícolas, e a queima de combustíveis fósseis. Acarretando mudanças na temperatura e o aquecimento global.

Segundo Silva e Fruett (2013), devido às mudanças do clima e tempo, tornou-se importante o monitoramento das variáveis do ambiente para que se torne possível compreender os efeitos dessas mudanças, permitindo a aplicação de medidas preditivas, adaptativas e corretivas. Então para o monitoramento mais aprimorado de variáveis locais como temperatura ambiente, pressão atmosférica e umidade, tornam-se necessárias medidas coletadas a partir de sensores instalados no próprio local de estudo. Com este propósito são utilizadas estações meteorológicas.

De acordo com Oliveira (2014) as previsões meteorológicas possibilitam à sociedade humana certa segurança quanto à ocorrência de fenômenos atmosféricos que acarretam desastres naturais, como por exemplo, alagamentos, deslizamentos e secas prolongadas. Além do que a meteorologia é de extrema importância para a logística de vários setores como agricultura, aeronáutica, navegações e turismo. Bem como, é imprescindível para estudos de viabilidade de instalações de fontes de energias alternativas como, energia solar e energia eólica e para a indústria ceramista que é bem predominante na região de aplicação deste trabalho.

Neste contexto, este trabalho visa o estudo, desenvolvimento, implantação e teste de uma estação meteorológica utilizando arduino na Universidade Federal do Ceará- *Campus Russas*.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste estudo é o desenvolvimento de uma estação meteorológica de baixo custo, visando obter dados sobre as condições climáticas da região, sendo estes: temperatura, pressão atmosférica, velocidade do vento e umidade relativa do ar. E que tais dados sirvam como base de dados para possíveis estudos a serem aplicados na região, tais como, a viabilidade de usinas solares, eólicas e de dessalinizadores solares.

2.2 Objetivos específicos

Ao decorrer da pesquisa tornou-se necessário atender alguns objetivos que delimitaram o estudo, sendo eles:

- a) fazer uma revisão bibliográfica sobre o assunto e sobre os materiais a serem utilizados no projeto;
- b) seleção do microcontrolador e sensores;
- c) desenvolvimento do código para leitura das variáveis de interesse;
- d) instalação da estação meteorológica em condições adequadas, para garantir a coleta de dados correta;
- e) analisar as informações coletadas pela estação meteorológica;
- f) comparar os dados coletados com os dados fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Instrumentação

De acordo com Instrumentação e Técnicas de Medidas (2015), a instrumentação está relacionada à utilização de instrumentos de medida e existem três tipos de aplicações da instrumentação, sendo estes: O monitoramento de processos e operações, que visa apenas a medida das grandezas físicas. O controle de processos e operações, que busca de medir as grandezas físicas visando o controle. E a análise experimental, onde se realizam experimentos e simulações visando solucionar um problema.

Segundo França (2007), no método experimental é necessário a utilização de instrumentos, assim como conhecimento para utiliza-los de forma apropriada nos experimentos e entendimento sobre técnicas de medição e de tratamento de dados.

O uso da instrumentação objetiva a obtenção da melhor qualidade dos produtos com o menor custo, otimizar os processos, aumentar a capacidade produtiva e fornecer informações importantes sobre tais processos.

3.2 Meteorologia

“A meteorologia é definida como a ciência que estuda os fenômenos que ocorrem na atmosfera, e está relacionada ao estado físico, dinâmico e químico da atmosfera, as interações entre elas e a superfície terrestre subjacente”. (INMET, 2020). Ou seja, a meteorologia é o estudo dos fenômenos da atmosfera em um prazo relativamente curto de tempo.

Colaborando com a definição já apresentada, Ynoue *et al.* (2017) define a meteorologia como ciência que estuda os variados processos que ocorrem na atmosfera e as interações desses processos com os sistemas terrestres.

Segundo INMET (2020), “a meteorologia engloba tanto tempo como clima, enquanto os elementos da meteorologia devem necessariamente estar incorporados na climatologia para torná-la significativa e científica”.

“A aplicação da Meteorologia é extensa, pois as condições atmosféricas influenciam as atividades humanas – por exemplo, tipo de moradia, vestuário, agricultura, hídricos, [...] cultura, entretenimento, sensações pessoais, entre outras”. (YNOUE *et al.*, 2017).

3.3 Climatologia

“A Climatologia se constitui como o estudo científico do clima, tratando dos padrões de comportamento da atmosfera e suas interações com as atividades humanas e também com a superfície do planeta durante um longo período de tempo.” (ROLDÃO; SANTOS, 2012, p.2).

A climatologia está relacionada ao estudo do tempo atmosférico em determinado período e a utilização de propriedades estatísticas para obter o clima de certa região.

3.4 Clima e tempo atmosférico

O tempo pode ser definido como o estado físico das condições atmosféricas, em local e momentos definidos, está relacionado a variáveis como temperatura, pressão atmosférica e umidade. O clima, por sua vez, é o estudo do tempo para determinado período cronológico de uma determinada região, levando em consideração os fenômenos que ocorram como variações climáticas ou condições que ocorram em determinada situação de tempo. (INMET, 2020; YNOUE *et al.*, 2017).

3.5 Elementos climáticos e fatores climáticos

Os elementos climáticos são as variáveis mensuráveis que caracterizam a atmosfera em um determinado local e momento, como temperatura, umidade e pressão atmosférica. Ou seja, influenciam diretamente no tempo atmosférico e no clima. Já os fatores climáticos, são condições que podem determinar ou interferir e suas principais variáveis são: latitude, altitude, solos, vegetação dentre outros. Os fatores climáticos influenciam significativamente nos elementos climáticos. (TORRES; MACHADO, 2008).

3.5.1 Temperatura

“A energia total das partículas que compõem uma parcela de ar, devido a esses movimentos aleatórios, é chamada de energia térmica. A medida da energia cinética média dos átomos e moléculas é definida como temperatura”. (YNOUE *et al.*, 2017 p. 21).

“A temperatura pode ser definida em termos do movimento das moléculas, de modo que quanto mais rápido o deslocamento mais elevado será a temperatura”. (AYOADE, 1996, p. 50).

3.5.2 Pressão atmosférica

“Denomina-se pressão atmosférica (p) ao peso exercido por uma coluna de ar, com secção reta de área unitária, que se encontra acima do observador, em um dado instante e local. Fisicamente, representa o peso que a atmosfera exerce por unidade de área”. (VAREJÃO-SILVA, 2006).

3.5.3 Umidade do ar

Para Ynoue *et al.* (2017), pode ser definida pela relação da umidade absoluta com o ponto de saturação, ou seja, é a relação entre a quantidade de vapor de água presente na atmosfera com a quantidade máxima de vapor de água que o ar pode reter.

3.5.4 Latitude

“Latitude é a distância medida em graus de qualquer ponto da superfície terrestre até a linha do Equador. [...] A latitude é inversamente proporcional à temperatura, então, quanto maior for à latitude mais baixa será a temperatura de uma região.” (OLIVEIRA, 2014, p. 37).

3.5.5 Altitude

“É a altura de referência (metros) de um ponto qualquer, situado sobre a superfície terrestre, em relação ao nível do mar. [...] Quanto maior a altitude, menor será a retenção de calor pela absorção dos gases na atmosfera terrestre.” (SOUZA; MIRANDA, 2013).

3.6 Estação meteorológica

“As estações meteorológicas são os equipamentos que realizam o registro de fenômenos climáticos. Essas estações coletam e analisam os dados e, desse modo, o clima local ou da região é definido”. (MUNDO CLIMA, 2017).

Segundo Galina e Verona (2004), as estações meteorológicas podem ser classificadas, de um modo geral, em: estações meteorológicas convencionais e estações meteorológicas automáticas.

Como afirma o MUNDO CLIMA (2017), as estações meteorológicas convencionais necessitam para monitoramento, a presença diária do observador para a coleta dos dados. Organizando as informações e criando um banco de dados das variáveis apuradas.

Para Galina e Verona (2004), as estações meteorológicas automáticas possuem a coleta de dados automatizada. Neste tipo de estação as informações são captadas através dos sensores, possibilitando armazenamento e processamento dos dados através de programas computacionais.

3.7 Arduino

“O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar”. (ARDUINO, 2018).

Segundo Mcroberts (2011, p.22), “arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele”. O arduino é um sistema que interage com o ambiente através do hardware e software, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Placa arduino.

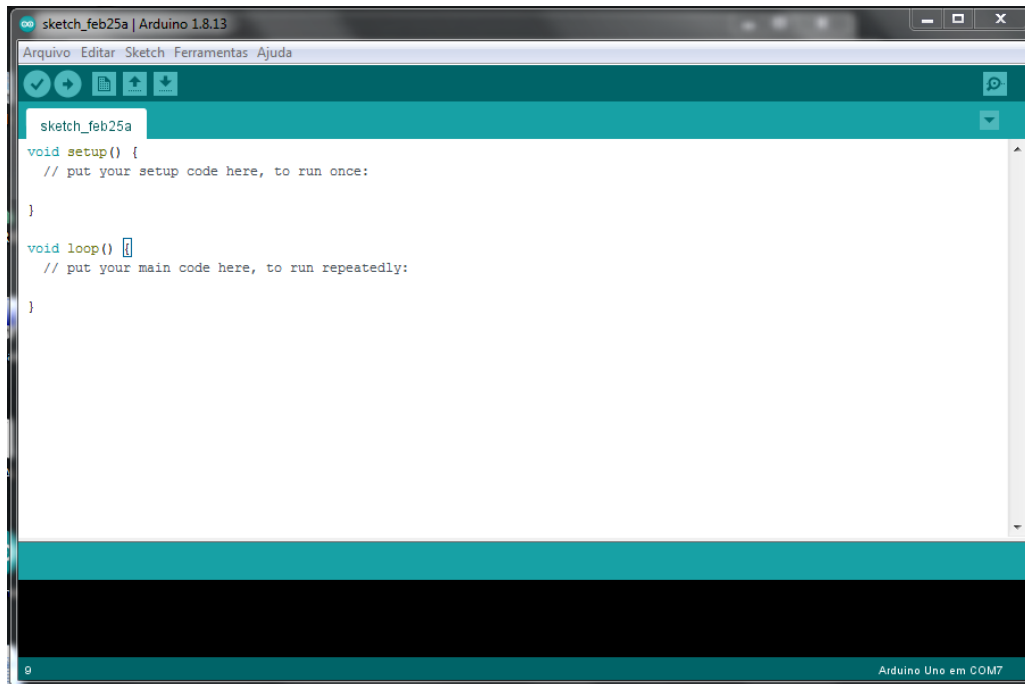


Fonte: Arduino, 2020.

Para Brauer *et al.* (2013), o arduino pode ser descrito como uma unidade de processamento que tem a capacidade de aferir através de sensores, ligados em seus terminais de entrada, as variáveis do ambiente, sendo estas informações processadas computacionalmente. E que pode ainda atuar sobre algum outro elemento conectado ao terminal de saída.

Para programar o arduino, a fim de que ele realize o desejado, utiliza-se o IDE (*Integrated Development Environment*) do Arduino, que é um software livre, baseado na linguagem C. Como mostra a Figura 2.

Figura 2: IDE Arduino.



Fonte: Autor, 2021.

“O IDE permite que você escreva um programa de computador, que é um conjunto de instruções passo a passo, das quais você faz o upload para o Arduino. Seu Arduino, então, executará essas instruções, interagindo com o que estiver conectado a ele”. (MCROBERTS, 2011 p.24).

3.8 Sensores

“Literalmente, podemos definir a palavra sensor como “aquilo que sente”. Na eletrônica, um sensor é conhecido como qualquer componente ou circuito eletrônico que permita a análise de uma determinada condição do ambiente”. (PATSKO, 2006, p. 1). Ou seja, os sensores são componentes que possibilitam a identificação e interpretação das informações do ambiente o qual o sistema está inserido e transforma tais informações em dados.

Ainda segundo Patsko (2006 p.1), “apesar de ser imensa a variedade de sensores eletrônicos, podemos dividi-los basicamente em dois tipos: sensores analógicos e sensores digitais. Essa divisão é feita de acordo com a forma a qual o componente responde à variação da condição”.

Para Martinazzo e Orlando (2016), assim como para Fonseca (2006), os sensores analógicos são aqueles que podem ter como resposta infinitos valores em um intervalo determinado. Já os sensores digitais só podem assumir dois valores, normalmente, 0 ou 1, verdadeiro ou falso, e são utilizados geralmente para indicar algo com base em uma referência.

3.9 Localização da estação meteorológica

A estação meteorológica desenvolvida neste projeto foi instalada na Universidade Federal do Ceará *Campus* Russas. Localizada a 162 km da capital Fortaleza, e faz parte da microrregião do baixo Jaguaribe.

A cidade de Russas possui coordenadas geográficas de latitude (S) 4° 56' 25" e longitude (WGr) 37° 58' 33" e altitude de 20,51m. (IPECE, 2009).

Os dados coletados nesse projeto serão comparados aos dados obtidos no INMET da estação meteorológica de Jaguaruana- CE. A cidade possui coordenadas geográficas de latitude (S) 4° 50' 02" e longitude (WGr) de 37° 46' 52" e altitude de 20,0m. (IPECE, 2009).

A Figura 3 a seguir mostra as cidades do Vale Jaguaribe, com o objetivo de mostrar as disposições das cidades relevantes para esse estudo.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Classificação da pesquisa

A pesquisa classificou-se quanto sua finalidade como aplicada, visto que foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim de ser aplicada em um projeto prático, e que tal projeto produzirá conhecimentos específicos sobre tal campo de estudo.

Quanto aos objetivos se apresentam de caráter descritivo, pois os resultados obtidos do projeto serão apenas registrados e analisados, sem interferência nos mesmos. A abordagem é classificada como quantitativa, pois os resultados podem ser quantificados para ser realizada a análise. Por fim, quanto ao procedimento classifica-se como bibliográfico, pois o estudo e projeto realizado foram embasados por materiais já publicados, como, livros e artigos.

4.2 Materiais

Nesta seção serão apresentados os itens e especificações dos componentes utilizados na estação meteorológica de baixo custo deste projeto.

4.2.1 Placa Arduino uno R3

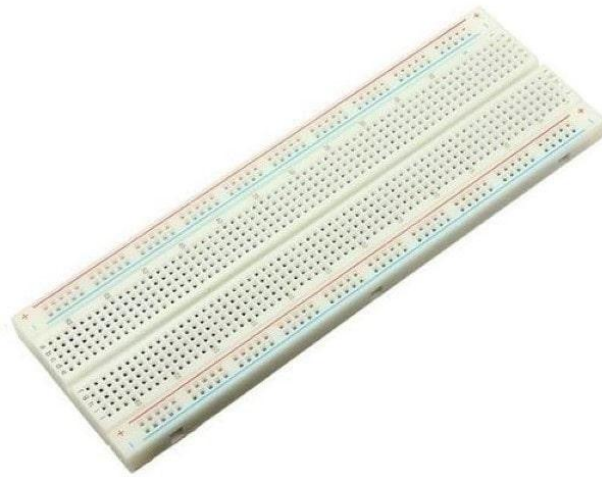
O Arduino Uno R3 é uma placa que possui o microcontrolador ATmega328P integrado, ainda possui 14 pinos digitais que podem ser utilizados como entrada ou saída, 6 entradas analógicas, botão de reinicialização e conector de alimentação .

”Ele contém todo o necessário para suportar o microcontrolador; basta conectá-lo a um computador com um cabo USB ou ligá-lo a um adaptador CA/CC ou bateria”. (ARDUINO, 2020).

4.2.2 Protoboard

Para Rocha *et al.* (2017?), *protoboard* ou matriz de contato, Figura 4, é uma base para a criação de circuitos eletrônicos. A mesma contém furos ligados na vertical e horizontal, e apresenta conexões condutoras, dispensando uso de solda, utilizando para tais conexões os *jumpers*.

Figura 4: *Protoboard*.



Fonte: FilipeFlop, 2021.

4.2.3 *Jumpers*

Os *jumpers* são pequenos condutores metálicos, compostos basicamente por um fio metálico envolto por um isolante. Sua finalidade é conectar pontos distintos do circuito eletrônico, provendo a interligação entre a placa Arduino e os sensores. (ROCHA *et al.*, 2017?)

A seguir são mostrados os jumpers com conexão *jumper* fêmea – fêmea, jumper macho - macho e *jumper* macho – fêmea, respectivamente Figura 5, Figura 6 e Figura 7.

Figura 5: *Jumper* Fêmea- Fêmea.



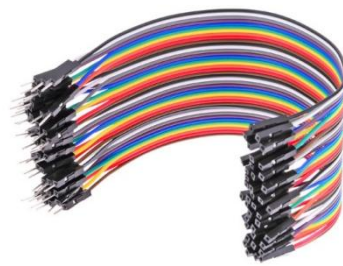
Fonte: FilipFlop, 2021.

Figura 6: *Jumper Macho- Macho.*



Fonte: FilipFlop, 2021.

Figura 7: *Jumper Macho- Fêmea.*



Fonte: FilipFlop, 2021.

4.2.4 Transdutor de pressão BMP180

O transdutor BMP180, Figura 8, é capaz de mensurar a pressão atmosférica e temperatura do ambiente. Sua faixa de leitura de pressão varia entre 30.000 a 110.000 Pa, sua faixa de temperatura de trabalho é de -40 a 85 °C e sua precisão é de ± 6 Pa.

Figura 8: Transdutor BMP180.

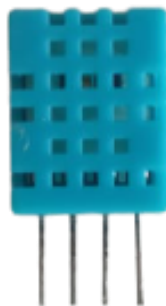


Fonte: Autor, 2021.

4.2.5 Transdutor de umidade DHT11

O transdutor DHT11, Figura 9, é um sensor de temperatura e umidade, que permite fazer leituras de temperaturas na faixa de 0 a 50 °C e de umidade entre 20 a 90%, com precisão de medição de temperatura: $\pm 2,0$ °C e precisão de umidade de medição: $\pm 5,0\%$ UR.

Figura 9: Transdutor DHT11.

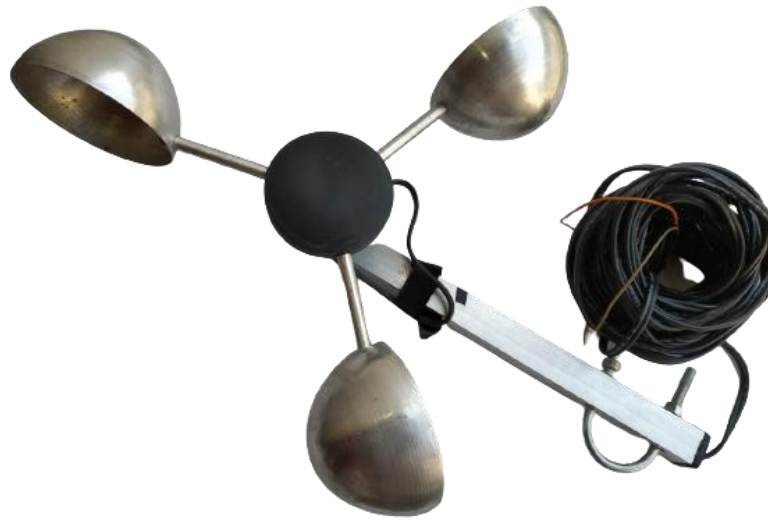


Fonte: Autor, 2021.

4.2.6 Transdutor de velocidade do vento Anemômetro SV10

O transdutor anemômetro SV10, Figura 10, é do tipo copo e é utilizado para mensurar a velocidade do vento, possui três copos produzidos em alumínio de alta durabilidade. Sua temperatura de trabalho varia entre -40°C e 80°C, e sua medição máxima do vento é de 120km/h.

Figura 10: Anemômetro SV10.



Fonte: Autor, 2021.

4.2.7 Fonte

A fonte utilizada neste projeto, Figura 11, foi a fonte chaveada utilizada para equipamentos como rede computadores, tabletes e celulares. Com as seguintes especificações:

- a) tensão de entrada: 100V-240V 50/60Hz (bivolt);
- b) tensão de saída: 9V, 1A (1000mA);
- c) comprimento do cabo: 90 cm.

Figura 11: Fonte.



Fonte: Autor, 2021.

4.2.8 Adaptador micro SD

O adaptador micro SD, Figura 12, foi necessário para que os dados da estação pudessem ser gravados no cartão de memória. As configurações desse componente são:

- a) tensão de operação: 3,3 ou 5V;
- b) tensão de alimentação: 5V;
- c) dimensões: 41 x 21 mm.

Figura 12: Adaptador micro Sd.



Fonte: Autor, 2021.

4.2.9 Cartão SD

O cartão de memória micro SD, Figura 13, utilizado foi um SanDisk de capacidade de 4 GB, para o armazenamento das informações obtidas pela estação meteorológica.

Figura 13: Cartão Micro Sd.



Fonte: Autor, 2021.

4.3 Metodologia

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre meteorologia e estações meteorológicas a fim de compreender a importância do assunto abordado e sobre a necessidade/aplicabilidade do projeto.

Posteriormente foi realizado pesquisa/orçamento sobre quais os sensores que melhor se aplicariam ao projeto da estação meteorológica, buscando também os melhores custos-benefícios. Os sensores selecionados serão mostrados na Tabela 1 a seguir, com suas respectivas variáveis mensuradas.

Tabela 1: Sensores e suas variáveis mensuradas.

Sensor	Variável
BMP180	Pressão atmosférica
DHT11	Temperatura e umidade
Anemômetro SV10	Velocidade do vento

Fonte : Autor, 2020.

Na Tabela 2, foram listados os materiais necessários para a construção da estação e realizado o orçamento total do projeto:

Tabela 2: Orçamento.

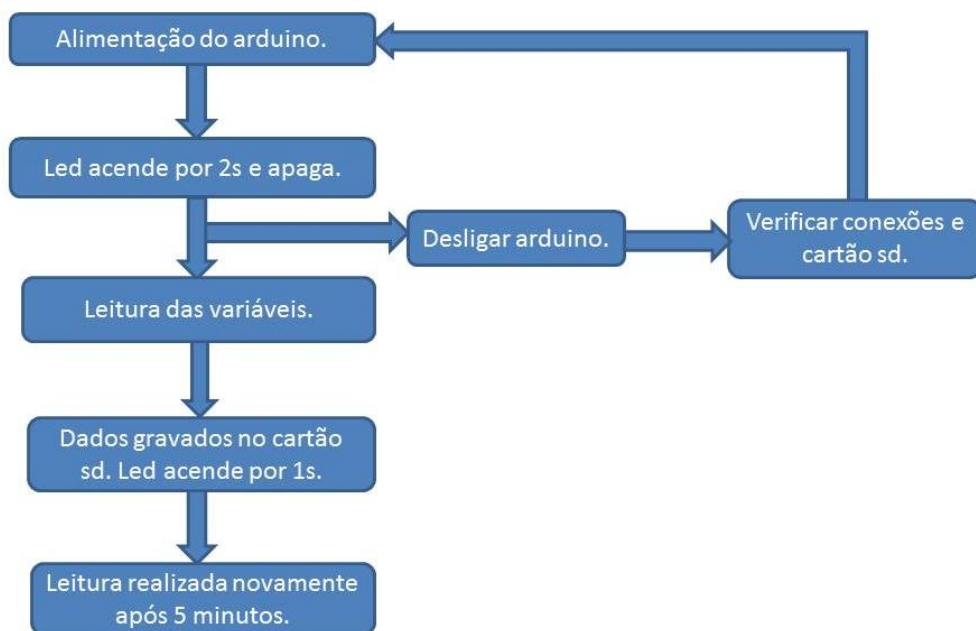
Componentes	Valor (R\$)
Placa Arduino uno R3	55,71
Protoboard	17,21
Jumpers(M-M/ F-F/ F-F)	35,86
Sensor DTH11	15,23
Sensor BMP180	18,84
Anemômetro SV10	209,80
Fonte 9V	18,82
Módulo adaptador cartão micro SD	12,90
Cartão micro SD 4GB	28,90
Resistores	1,40
Fita isolante	4,69
Led	0,30
TOTAL	419,66

Fonte: Autor 2021.

Como mostrado no t3pico 3.7, a plataforma escolhida para o desenvolvimento do projeto foi o arduino que possui um hardware e software f3ceis de manusear e possui compatibilidade com sensores de baixo custo. Neste projeto foram utilizadas as bibliotecas Adafruit-BMP085 e DHT.

O software desenvolvido neste projeto foi elaborado pelo autor deste trabalho com a contribui33o de um professor de arduino. O c3digo foi armazenado na placa arduino uno R3 e est3 dispon3vel no anexo A. O Arduino possui mem3ria de programa3o n3o vol3til, ou seja, mesmo que a alimenta3o seja cessada ao final de cada dia de teste o c3digo continuar3 funcionando posteriormente quando acionado. Na Figura 14 a seguir 3 representado um esquema l3gico do funcionamento do projeto.

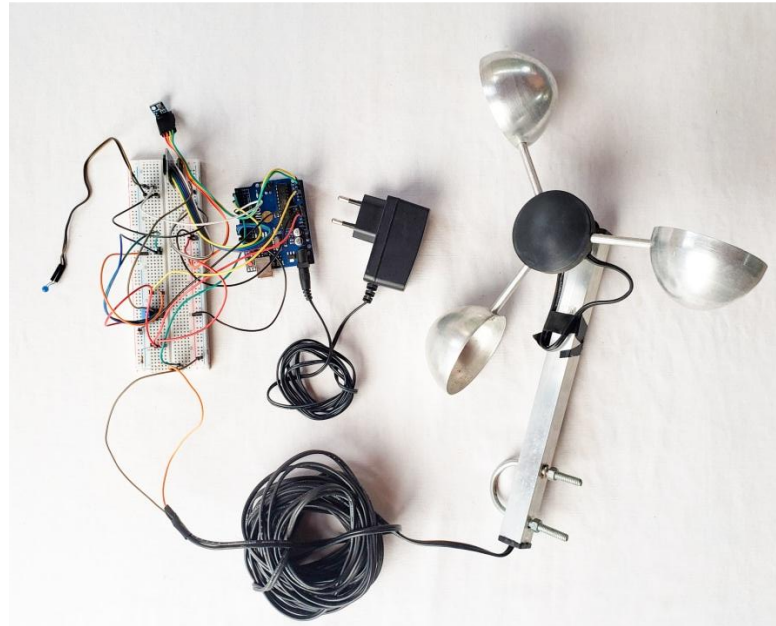
Figura 14: Esquema l3gico de funcionamento da esta3o meteorol3gica.



Fonte: Autor, 2021.

Os dados obtidos pela esta3o ficam salvos no cart3o de mem3ria no formato de texto, assim ao final de cada dia de teste essas informa33es s3o passadas para o computador e tratadas no Excel. A Figura 15 a seguir mostra o projeto montado com todos os componentes.

Figura 15: Projeto estação meteorológica de baixo custo utilizando arduino.



Fonte: Autor, 2021.

Devido a memória de programa do Arduino uno R3 ser pequena (32kB), a quantidade de sensores utilizado neste projeto foi limitada e os códigos desenvolvidos para o mesmo, foram enxutos. Buscou-se obter o máximo de informações com os equipamentos disponíveis.

Os testes com a estação meteorológica foram realizados no horário de 08:00h às 17:00h, iniciando dia 21/01/2021 até o dia 23/02/2021, totalizando 13 dias de testes. As informações medidas na estação meteorológica do projeto foram comparadas aos dados meteorológicos disponibilizados pelo INMET da estação meteorológica localizada em Jaguaruana, a 29 km de distância da Universidade Federal do Ceará- *Campus* Russas, onde a estação meteorológica de baixo custo foi instalada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições foram realizadas do dia 21/01/2021 ao dia 23/02/2021, com um total de 13 dias. Os testes tinham início às 08:00h e término às 17:00h com intervalo de tempo entre as medições de 5 minutos. Ao fim do dia os dados armazenados no cartão de memória no formato de texto eram transferidos para o Excel, ao fim dos testes foram comparados os resultados do projeto com os dados obtidos pelo INMET da estação meteorológica de Jaguaruana - CE.

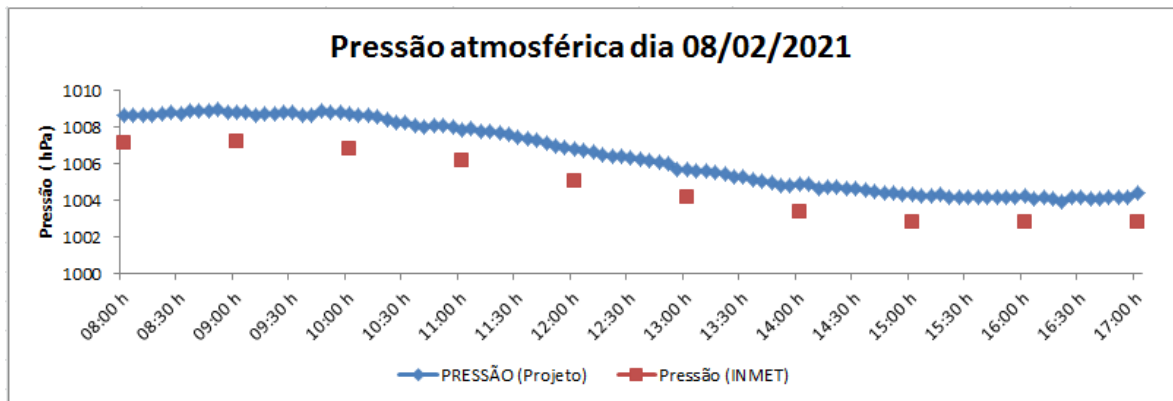
Os dados obtidos pelo INMET da estação meteorológica de Jaguaruana - CE têm intervalos de medição de 1h e os horários são registrados com referência no UTC (*Coordinated Universal Time*), ou seja, coordenada de tempo universal com relação ao meridiano de Greenwich, o que corresponde a 3 horas a mais em relação ao horário de Brasília.

Neste tópico do trabalho serão apresentados os resultados de um dia de teste, sendo que os demais serão disponibilizados em anexo ao fim deste, com o propósito de não carregá-lo visualmente.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos pelo projeto e pelo INMET para análise e apuração de que realmente os sensores estavam realizando medições realísticas.

A Figura 16 mostra os resultados de pressão atmosférica obtidos no dia 08/02/2021, pode-se observar que as informações coletadas pelos sensores da estação do projeto seguem uma tendência comum. O desvio delas pode ser devido o fato de serem cidades próximas, mas não a mesma, e também pelo fato que os sensores utilizados no projeto são sensores de baixo custo e conseqüentemente com precisões inferiores ao da estação do INMET. O erro percentual variou entre 0,14% e 0,19%.

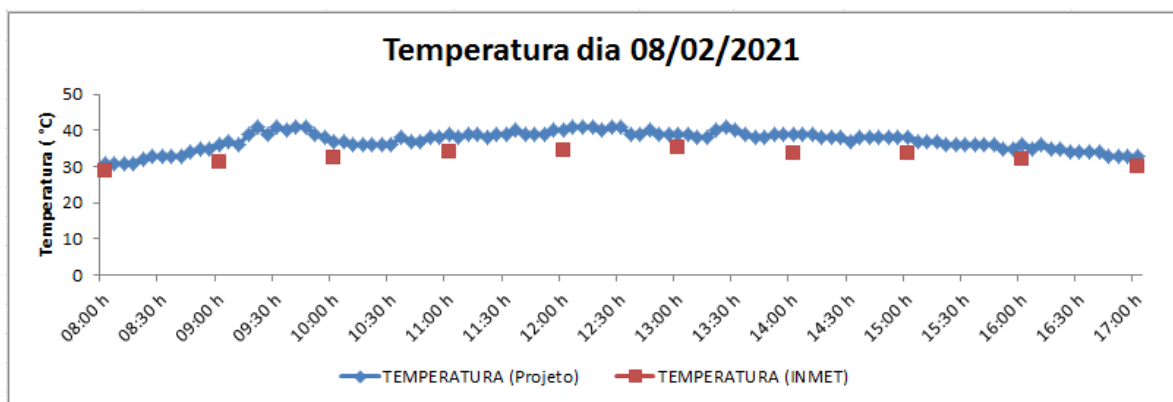
Figura 16: Dados de Pressão no dia 08/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.

A Figura 17 mostra os resultados de temperatura do dia 08/02/2021, nota-se que os dados obtidos também apresentam disposições semelhantes. O erro percentual variou de 8,01% (às 08:00h) a 16,42% (às 14:00h).

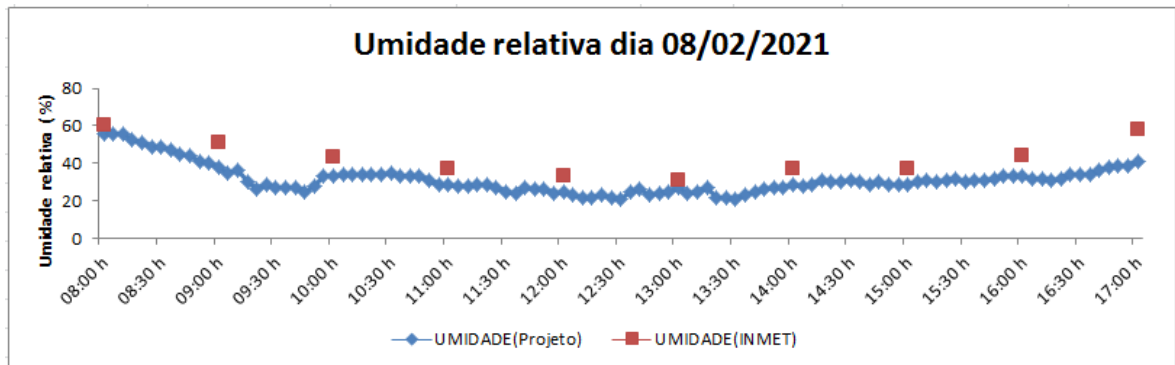
Figura 17: Dados de Temperatura no dia 08/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.

A Figura 18 mostra os resultados de umidade relativa do dia 08/02/2021, nota-se que os dados obtidos também têm comportamentos que se assemelham. Mas como já citado anteriormente devemos considerar as localizações das estações e a qualidade dos sensores. O erro percentual variou entre 6,67% (às 08:00h) e 29,31% (às 17:00h).

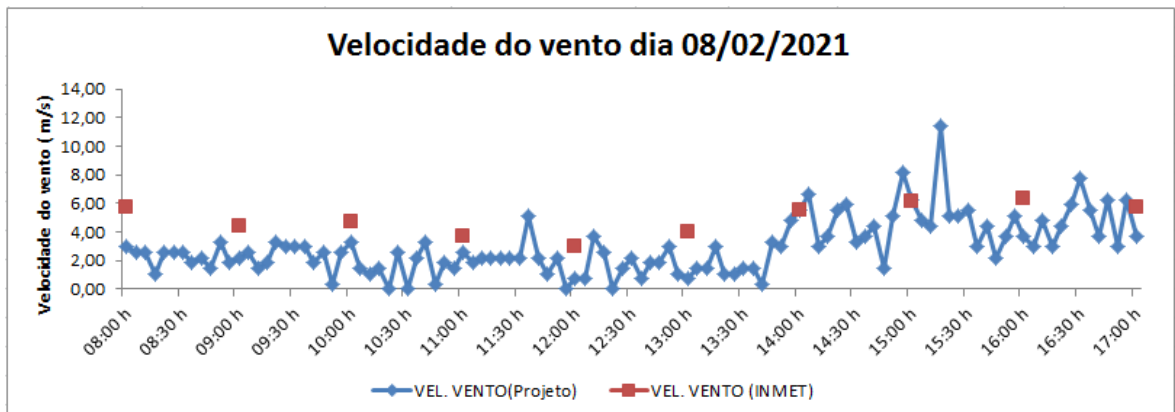
Figura 18: Dados Umidade relativa no dia 08/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.

A Figura 19 mostra os resultados de velocidade do vento do dia 08/02/2021, pode-se verificar que dentre as variáveis mensuradas, a velocidade do vento foi a que menos seguiu o padrão de sua variável correspondente medida pelo INMET. Isto pode ser decorrência da presença de vegetação, construções, que podem servir de obstáculos. E também devido ao fato de Jaguaruana ser uma cidade mais próxima ao litoral do que Russas. O erro percentual variou entre 0,76% (às 14:00h) e 81,53% (às 13:00h).

Figura 19: Dados velocidade do vento no dia 08/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.

6 CONCLUSÃO

A partir da análise e comparação dos dados obtidos, foi possível concluir que a elaboração de uma estação meteorológica de baixo custo utilizando arduino é realmente uma proposta viável, pois apresentaram valores reais, quando comparados ao do INMET.

Quanto aos dados coletados obteve-se resultado satisfatório considerando os dados de pressão atmosférica com erro percentual variando entre 0,14% e 0,19%, os resultados de temperatura com erro percentual entre 8,01% e 16,42% e os de umidade relativa com erro percentual variando entre 6,67% e 29,31%. Os únicos dados que se distanciaram um pouco do comportamento foram os de velocidade do vento com erro percentual variando entre 0,76% (às 14:00h) e 81,53%, mas vale ressaltar que não se tratam do mesmo local de coleta (são cidades diferentes) e os sensores do projeto são de baixo custo e conseqüentemente possuem precisões inferiores aos sensores da estação meteorológica do INMET.

Considerando a proposta inicial de construir uma estação de baixo custo, obteve-se um resultado favorável, pois o valor gasto no projeto foi de R\$ 419,66, e estações meteorológicas para compra possuem um preço elevado, a estação de menor custo para compra na internet custa em média 1500,00 reais, mas existem estações meteorológicas que chegam a custar mais de 20.000,00 reais. Tornando assim, o projeto acessível para aplicações locais, como comunidades ou pequenas cidades, para fins como, estudo para viabilidade de instalação de usinas solares e eólicas, e dessalinizadores solares.

7 TRABALHOS FUTUROS

Embora os objetivos desse projeto tenham sido alcançados, no andamento do mesmo, observaram-se alguns pontos que podem passar por melhorias futuramente. Algumas melhorias sugeridas são:

- a) utilização de microcontrolador com maior capacidade, para que seja possível incluir a leitura de mais variáveis climáticas;
- b) transmissão de dados via wifi, para que não seja necessário a presença do operador para a coleta de dados ao final de cada dia;
- c) incluir um sistema de alimentação através de placa solar, para que mesmo que ocorra falta de energia elétrica o sistema continue em funcionamento.

REFERÊNCIAS

ARDUINO UNO R3, [Sem título], fotografia digital, color. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ARDUINO, **O que é arduino?**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 14 dez 2020.

ARDUINO. **ARDUINO-UNO-REV3**. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 14 dez. 2020

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução: Maria Juraci Zani dos Santos. ed.4ª, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

Como funciona e quais as vantagens da estação meteorológica?, **MUNDO CLIMA**, 17 de maio de 2017. Disponível em: <http://blog.mundoclima.com.br/como-funciona-e-quais-as-vantagens-da-estacao-meteorologica/>. Acesso em: 14 dez. 2020.

FILIFEFLOP, [Sem título], fotografia digital, color. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/jumpers-femea-femea-x40-unidades/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

FILIFEFLOP, [Sem título], fotografia digital, color. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/jumpers-macho-femea-x40-unidades/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

FILIFEFLOP, [Sem título], fotografia digital, color. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/jumpers-macho-macho-x40-unidades/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

FILIFEFLOP, [Sem título], fotografia digital, color. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/protoboard-830-pontos/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

FONSECA, Fabrício Ramos da. **SENSORES**. 2006.

FRANÇA, Fernando A.. **Instrumentação e Medidas: grandezas mecânicas**. UNICAMP, 2007.

HOLZ, Edson; CAMPIGOTO, Evandro. **Desenvolvimento de uma estação meteorológica microcontrolada para monitoramento de variáveis climáticas**. 2019.

INMET. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=meteorologia_basica. Acesso em: 27 jan. 2020.

INMET. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=tempo_clima. Acesso em: 27 jan. 2020.

INSTRUMENTAÇÃO e Técnicas de Medida. UFRJ, 2015.

IPECE. **Ceará ocupa o 13º lugar no ranking energético nacional e tem como principais matrizes de energia a termelétrica e a eólica.** Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/2018/12/12/ceara-ocupa-o-13o-lugar-no-ranking-energetico-nacional-e-tem-como-principais-matrizes-de-energia-a-termeletrica-e-a-eolica/>. Acesso em: 23 fev. 2021.

MARTINAZZO, Claodomir; ORLANDO, Tailan. **COMPARAÇÃO ENTRE TRÊS TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURA EM ASSOCIAÇÃO COM ARDUÍNO.** 2016.

MCROBERTS, Michael. **ARDUINO BÁSICO.** Novatec Editora, 2011, p. 22,24.

OLIVEIRA, Evaldo Vieira de. **METEOROLOGIA APLICADA.** Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia-Pernambuco, 2014.

OLIVEIRA, Evaldo Vieira de. **METEOROLOGIA APLICADA.** Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia-Pernambuco, 2014, p. 37.

PATSKO, Luís Fernando. **TUTORIAL Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores.** 2006, p. 1.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **METODOLOGIA DO TRABALHO CIENTÍFICO: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2ª ed., editora Feevale, Rio Grande do Sul, 2013.

ROCHA, Fabiano *et al*, **Protótipo de micro estação meteorológica para pesquisa de dados atmosféricos na região do Pantanal Matogrossense,** Mato Grosso, 2017?.

ROLDÃO, Aline de Freitas; SANTOS, Juliana Gonçalves. **A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE CLIMATOLOGIA.** Uberlândia, 2012.

Secretaria das cidades, [Sem título], mapa, color, 2015. Disponível em: <https://www.cidades.ce.gov.br/2015/12/09/componentes-do-programa/>. Acesso em: 06 de abr 2021.

SILVA, Marcel Salvioni da; FRUETT, Fabiano. **REDE DE SENSORES SEM FIO DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL.** Campinas, 2013.

SOUZA, Lucio de; MIRANDA Ricardo A. C. de. **Climatologia Geográfica.** V.1, Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2013.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Recife, 2006, p. 111.

VIANA, Cláudia M. Pontes *et al*. **PERFIL BÁSICO MUNICIPAL JAGUARUANA.** Fortaleza, 2009.

VIANA, Cláudia M. Pontes *et al*. **PERFIL BÁSICO MUNICIPAL RUSSAS.** Fortaleza, 2009.

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

ANEXO A - CÓDIGO ARDUINO

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <Adafruit_BMP085.h>
```

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <SD.h>
```

```
#include "dht.h"
```

```
Adafruit_BMP085 bmp;
```

```
//BMP180
```

```
int temperatura = 0;
```

```
int altitude1 = 0;
```

```
int pressao = 0;
```

```
//DHT11
```

```
const int pinoDHT11 = A2; //PINO ANALÓGICO UTILIZADO PELO DHT11
```

```
const int pinoLUZ = 7; //PINO ANALÓGICO UTILIZADO PELO DHT11
```

```
dht DHT; //VARIÁVEL DO TIPO DHT
```

```
// Pin definitions

# define Hall sensor 2    // Pino digital 2

// Constants definitions

const float pi = 3.14159265;    // Numero pi

int period = 5000;    // Tempo de medida(miliseconds)

int delaytime = 2000;    // Time between samples (miliseconds)

int radius = 147;    // Raio do anemometro(mm)

// Variable definitions

unsigned int Sample = 0; // Sample number

unsigned int cont = 0; // Quantidade de vezes que o sensor magnetic passou no sensor

unsigned int RPM = 0;    // Revolutions per minute

float speedwind = 0;    // Valocidade do Vento (m/s)

float windspeed = 0;    // Valocidade do Vento (km/h)

//Pino de conexão do pino CS do modulo

const int chipSelect = 4;

void setup() {

//Iniciando serial

Serial.begin(9600);
```

```
Serial.println("Iniciando...");
```

```
pinMode(2, INPUT);
```

```
digitalWrite(2, HIGH);
```

```
Serial.println("Iniciando...");
```

```
pinMode(pinoLUZ, OUTPUT);
```

```
digitalWrite(pinoLUZ, HIGH);
```

```
//BMP180
```

```
bmp.begin();
```

```
delay(2000);
```

```
//Inicia a comunicacao com o modulo SD
```

```
if (!SD.begin(chipSelect)){
```

```
    Serial.println("Falha ao acessar o cartao !");
```

```
    Serial.println("Verifique o cartao/conexoes e reinicie o Arduino...");
```

```
    return;
```

```
}
```

```
Serial.println("Cartao iniciado corretamente !");
```

```
Serial.println();
```

```
digitalWrite(pinoLUZ, LOW);
```

```
delay(2000);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  /*
```

```
    Sensor BMP180
```

```
  */
```

```
  //Temperatura();
```

```
  //Altitude();
```

```
  //Pressao();
```

```
  Serial.println("-----");
```

```
  Serial.print("| BMP180- ALT: ");
```

```
  Serial.print(bmp.readAltitude());
```

```
  Serial.print(" m");
```

```
  Serial.print(" PRES: ");
```

```
  Serial.print(bmp.readPressure());
```

```
  Serial.print(" Pa");
```

```
  Serial.println(" -");
```

```
  Serial.println("-----");
```

```
  //---
```

```
  DHT.read11(pinoDHT11); //LÊ AS INFORMAÇÕES DO SENSOR
```

```
  Serial.println("-----");
```

```
Serial.print("| DHT11-- TEMP: ");  
  
Serial.print(DHT.temperature,0);  
  
Serial.print(" °C");  
  
Serial.print(" -- UMID: ");  
  
Serial.print(DHT.humidity,0);  
  
Serial.print("%");  
  
Serial.println(" ---|");  
  
Serial.println("-----");  
  
//----  
  
windvelocity();  
  
Serial.println("-----");  
  
Serial.print("| ANE - C.R: ");  
  
Serial.print(cont);  
  
Serial.print("; RPM: ");  
  
RPMcalc();  
  
Serial.print(RPM);  
  
Serial.println(" -----|");  
  
Serial.print("| VELOC: ");  
  
WindSpeed();  
  
Serial.print(windspeed);  
  
Serial.print(" [m/s] - ");  
  
SpeedWind();  
  
Serial.print(speedwind);
```

```
Serial.println(" [km/h] --|");

Serial.println("-----");

File dataFile = SD.open("archivo.txt", FILE_WRITE);

if (dataFile){

    Serial.println("| Archivo encontrado!");

    dataFile.println("|-----INICIO-----|");

    //DatosBMP180

    dataFile.println("|--- Datos BMP180 ---|");

    dataFile.print("| Pres: ");

    dataFile.print(bmp.readPressure());

    delay(1000);

    dataFile.println("Pa");

    dataFile.print("| Altitude: ");

    dataFile.print(bmp.readAltitude());

    dataFile.println("m");

    delay(2000);

    //DatosDHT11

    dataFile.println("|--- Datos DHT11 ---|");

    dataFile.print("| Temperatura: ");

    dataFile.print(DHT.temperature,0);
```

```
dataFile.println("°C");

dataFile.print("| Umidade: ");

dataFile.print(DHT.humidity,0);

dataFile.println("%");

//DadosANEMOMETRO

dataFile.println("|-- Dados ANEMOMETRO -|");

dataFile.print("| Contagem de Rotacao: ");

dataFile.print(cont);

dataFile.print("; RPM: ");

dataFile.print(RPM);

dataFile.print("; Velocidade: ");

dataFile.print(windspeed);

dataFile.print(" [m/s] - ");

dataFile.print(speedwind);

dataFile.println(" [km/h] ");

dataFile.println("|-----FIM-----|");

dataFile.close();

Serial.println("| Dados gravados! -----|");

}else{

digitalWrite(pinoLUZ, HIGH);
```



```
Serial.println("| Arquivo não encontrado!");  
}
```

```
digitalWrite(pinoLUZ, LOW);  
  
delay(100);  
  
digitalWrite(pinoLUZ, HIGH);  
  
delay(100);  
  
digitalWrite(pinoLUZ, LOW);  
  
delay(300000);  
  
}
```

```
void Temperatura(){  
  
    temperatura = bmp.readTemperature(); //TEMPERATURA  
  
}
```

```
void Pressao(){  
  
    pressao = bmp.readPressure(); //PRESSÃO  
  
}
```

```
void Altitude(){
```

```
altitude1 = bmp.readAltitude(); //ALTITUDE APROXIMADA
}

// Medir a velocidade do vento
void windvelocity(){
    speedwind = 0;
    windspeed = 0;

    cont = 0;

    attachInterrupt(0, addcount, RISING);

    unsigned long millis();

    long startTime = millis();

    while(millis() < startTime + period) {
    }
}

void addcount(){
    cont++;
}

int RPMcalc(){
    return RPM =((cont)*60)/(period/1000); // Calculo de rotações por minuto(RPM)
}
```

```
void WindSpeed(){
```

```
    windspeed = ((4 * pi * radius * RPM)/60) / 1000; // Calculo da velocidade do vento em m/s
```

```
}
```

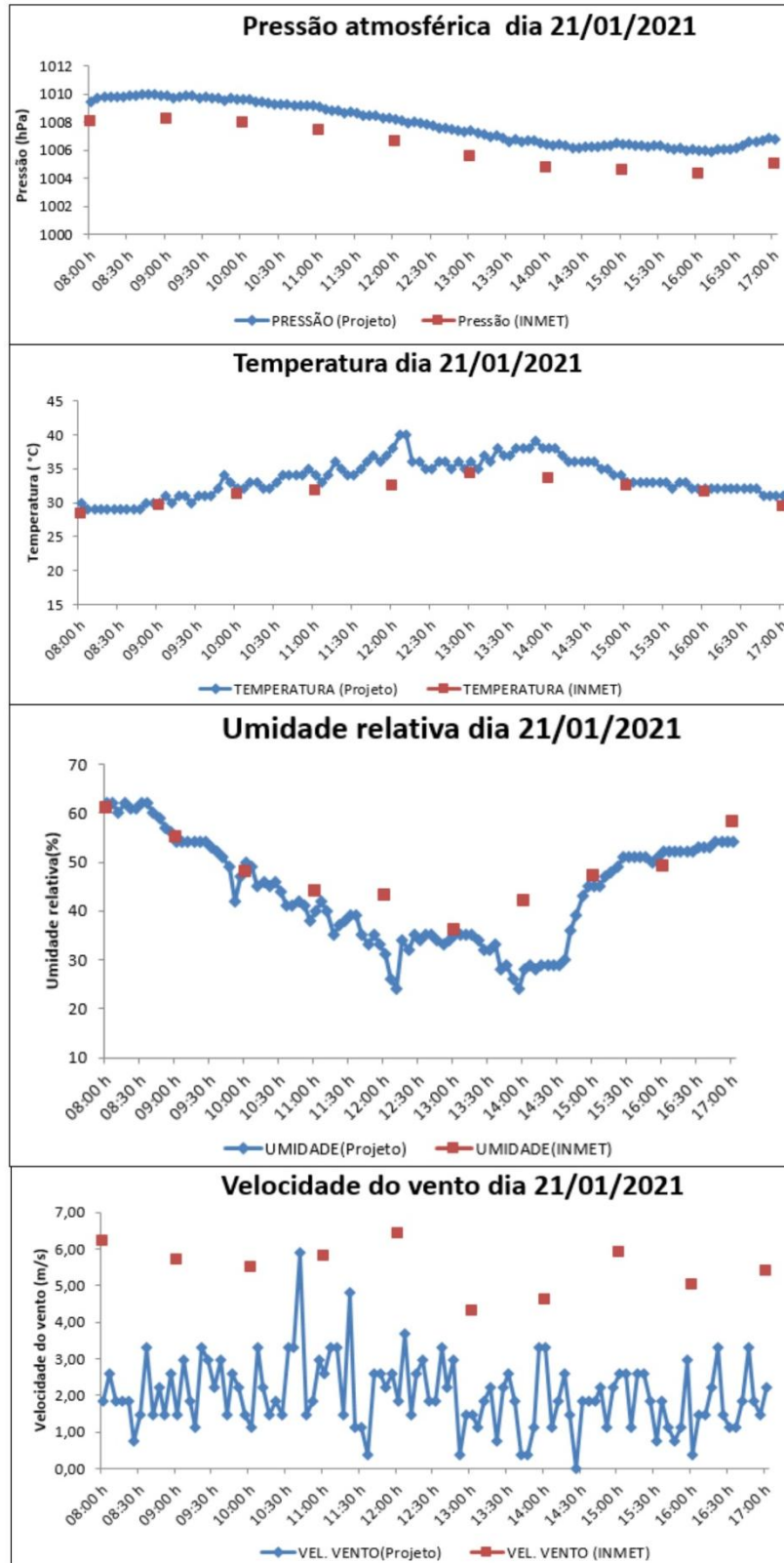
```
void SpeedWind(){
```

```
    speedwind = (((4 * pi * radius * RPM)/60) / 1000)*3.6; // Calculo da velocidade do vento  
em km/h
```

```
}
```

ANEXO B – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 21/01/2021

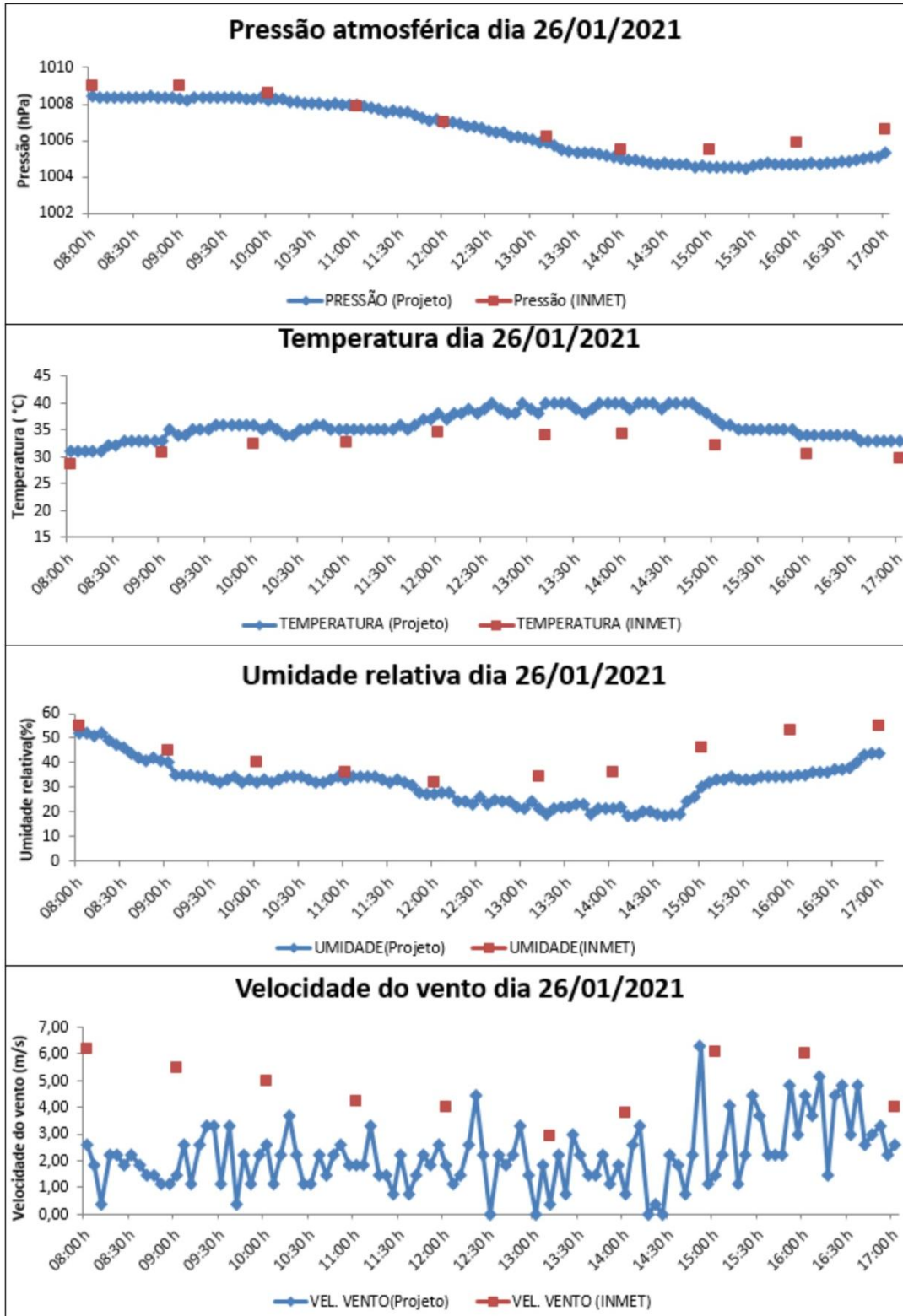
Figura 20: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 21/01/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO C – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 26/01/2021

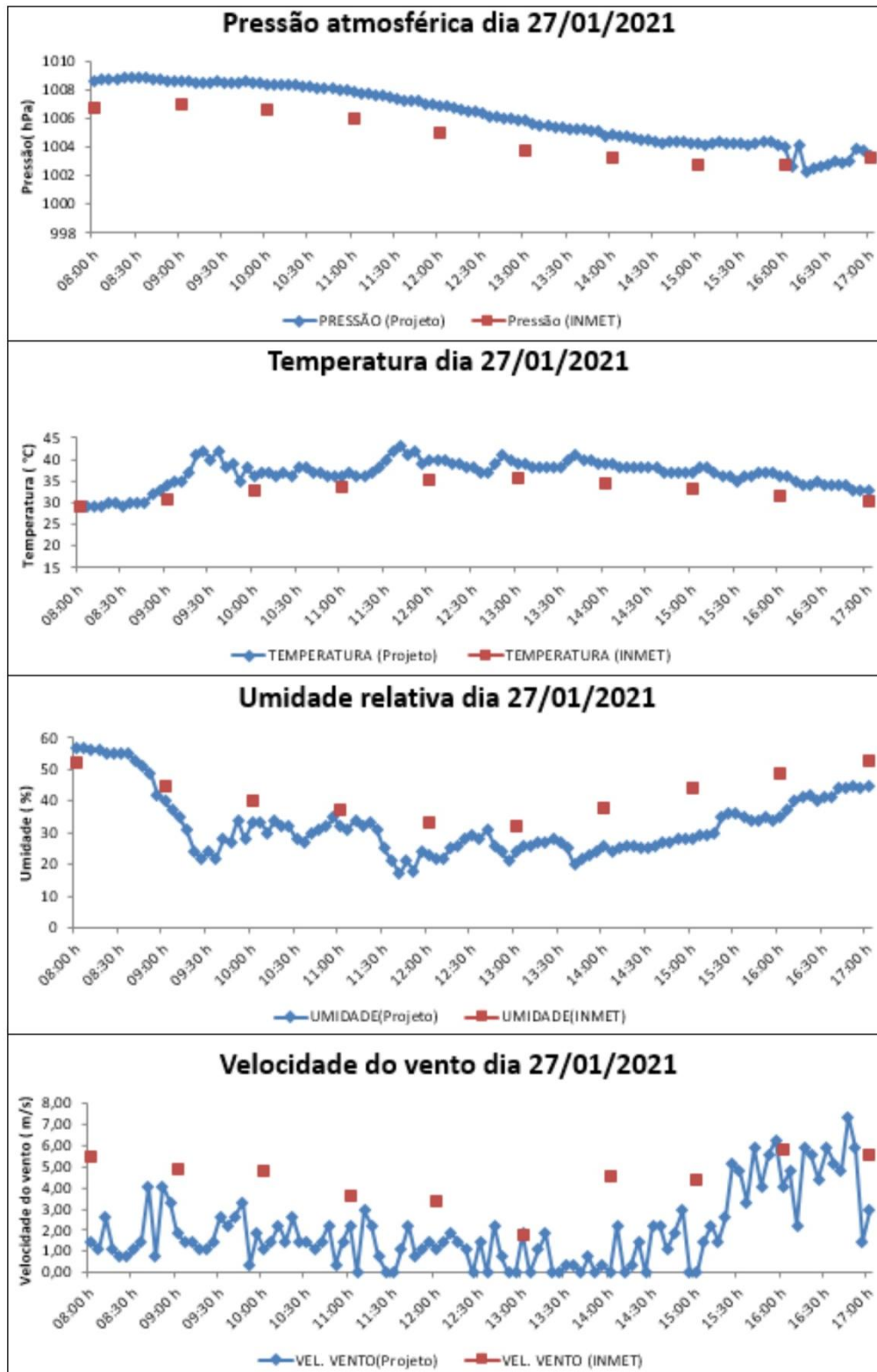
Figura 21: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 26/01/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO D – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 27/01/2021

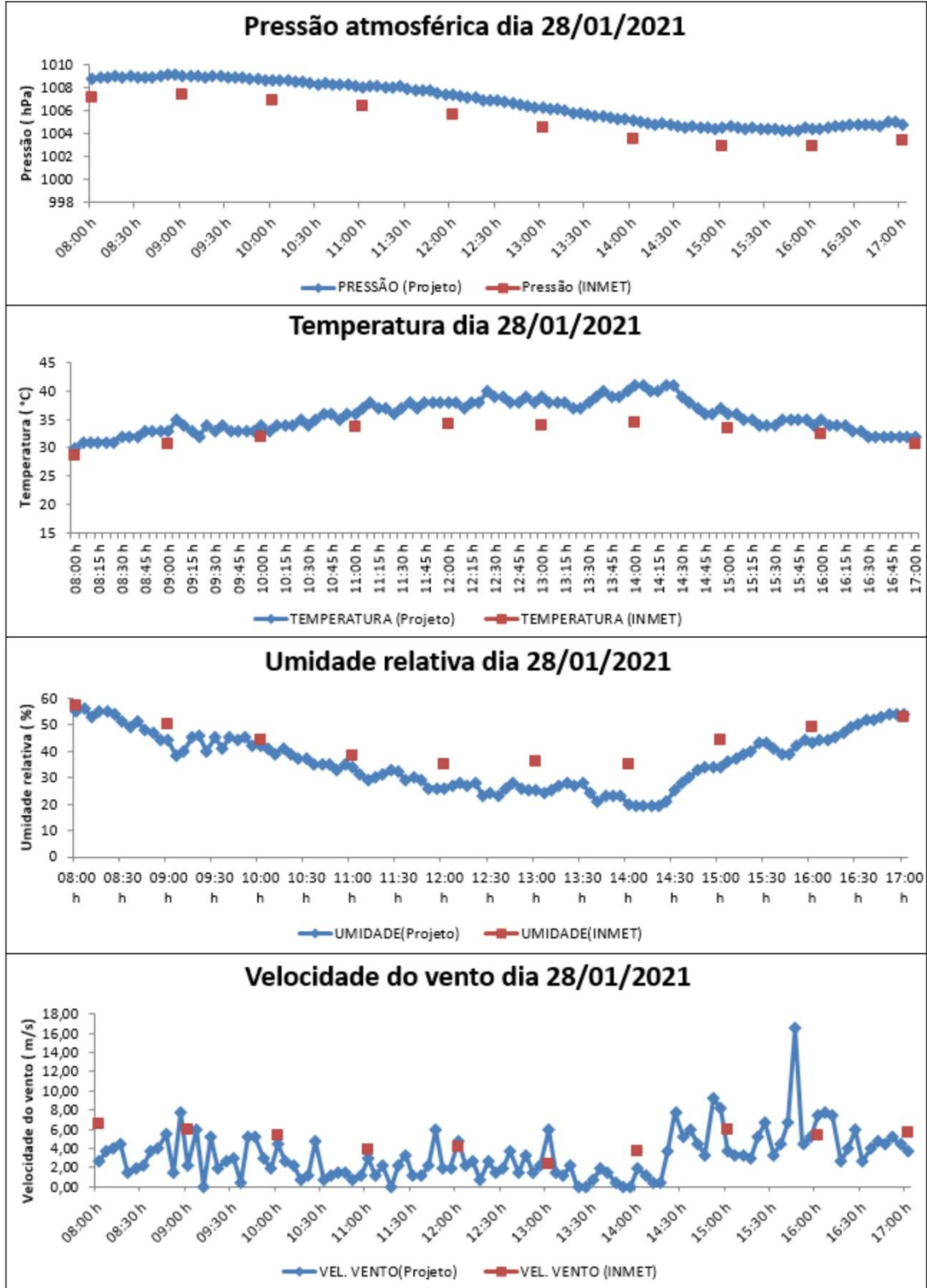
Figura 22: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 27/01/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO E – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 28/01/2021

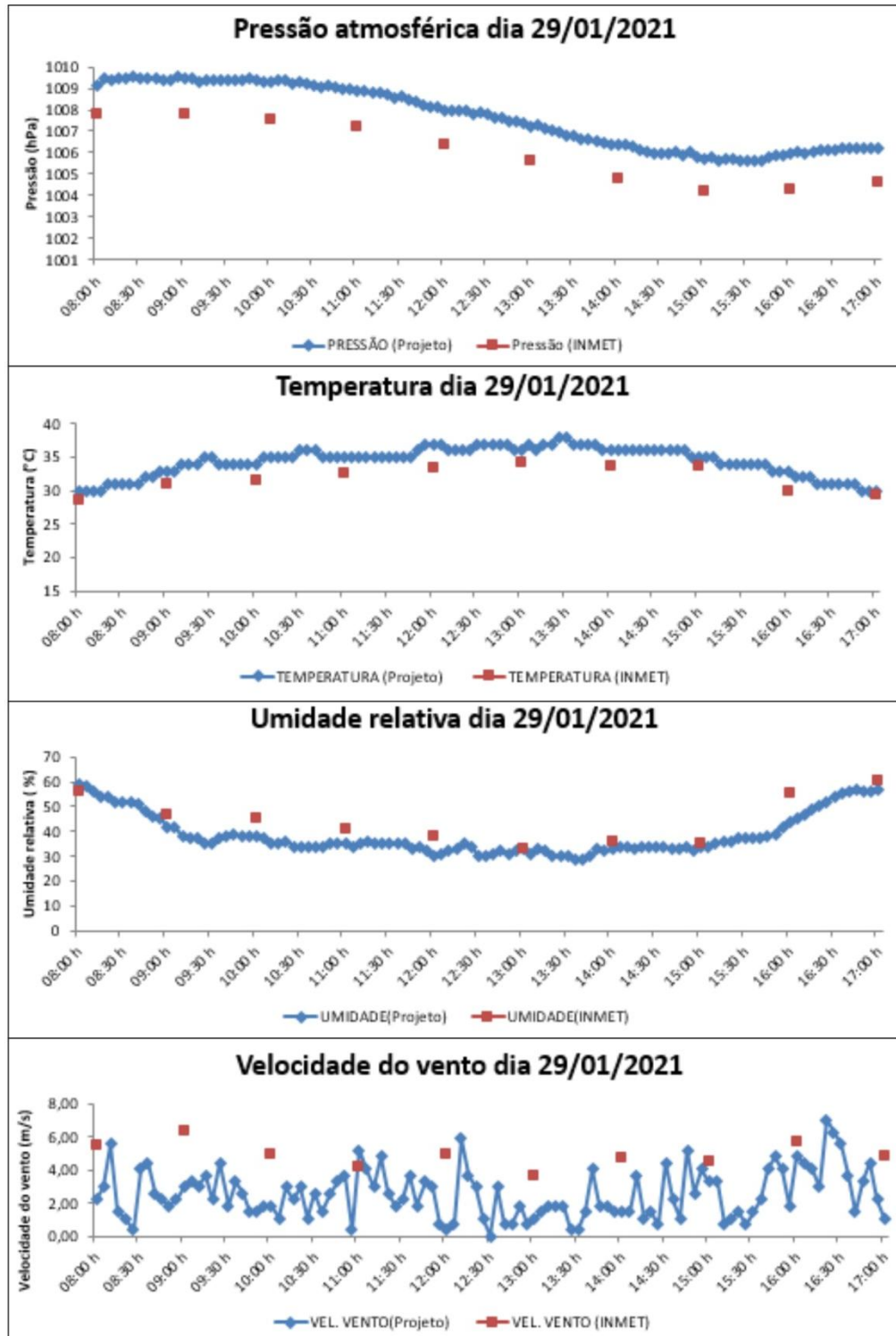
Figura 23: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 28/01/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO F – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 29/01/2021

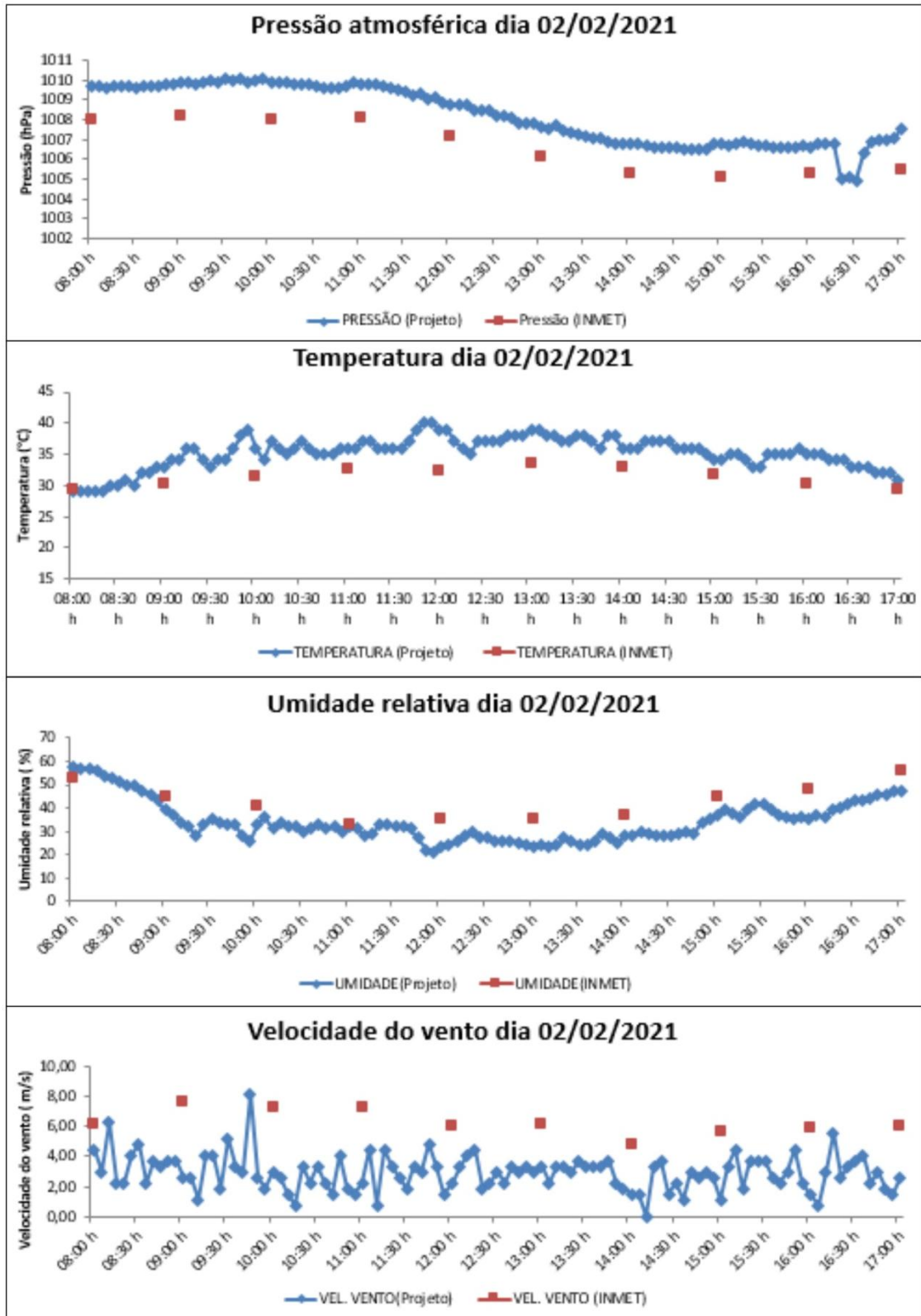
Figura 24: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 29/01/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO G – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 02/02/2021

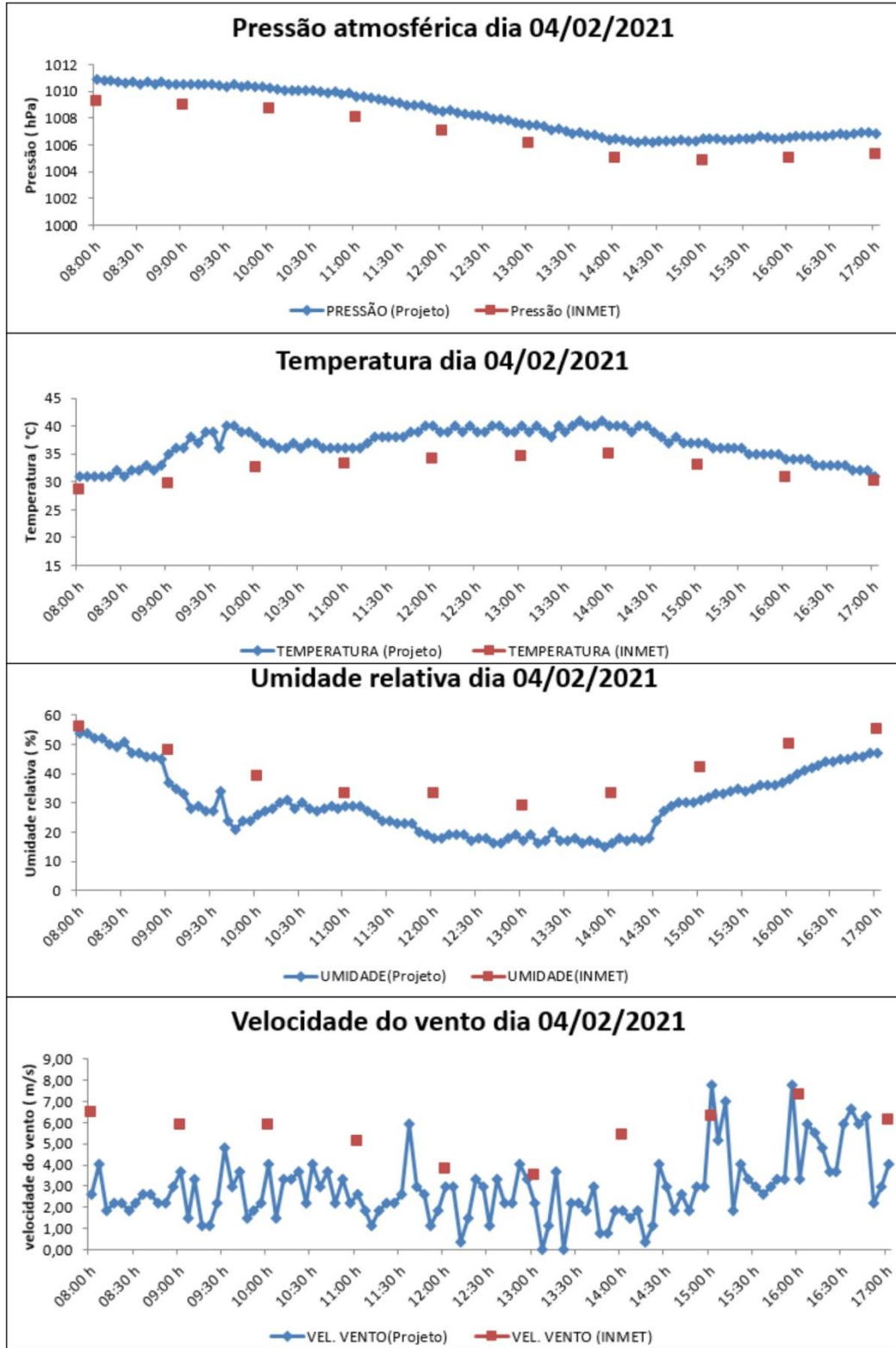
Figura 25: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 02/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO H – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 04/02/2021

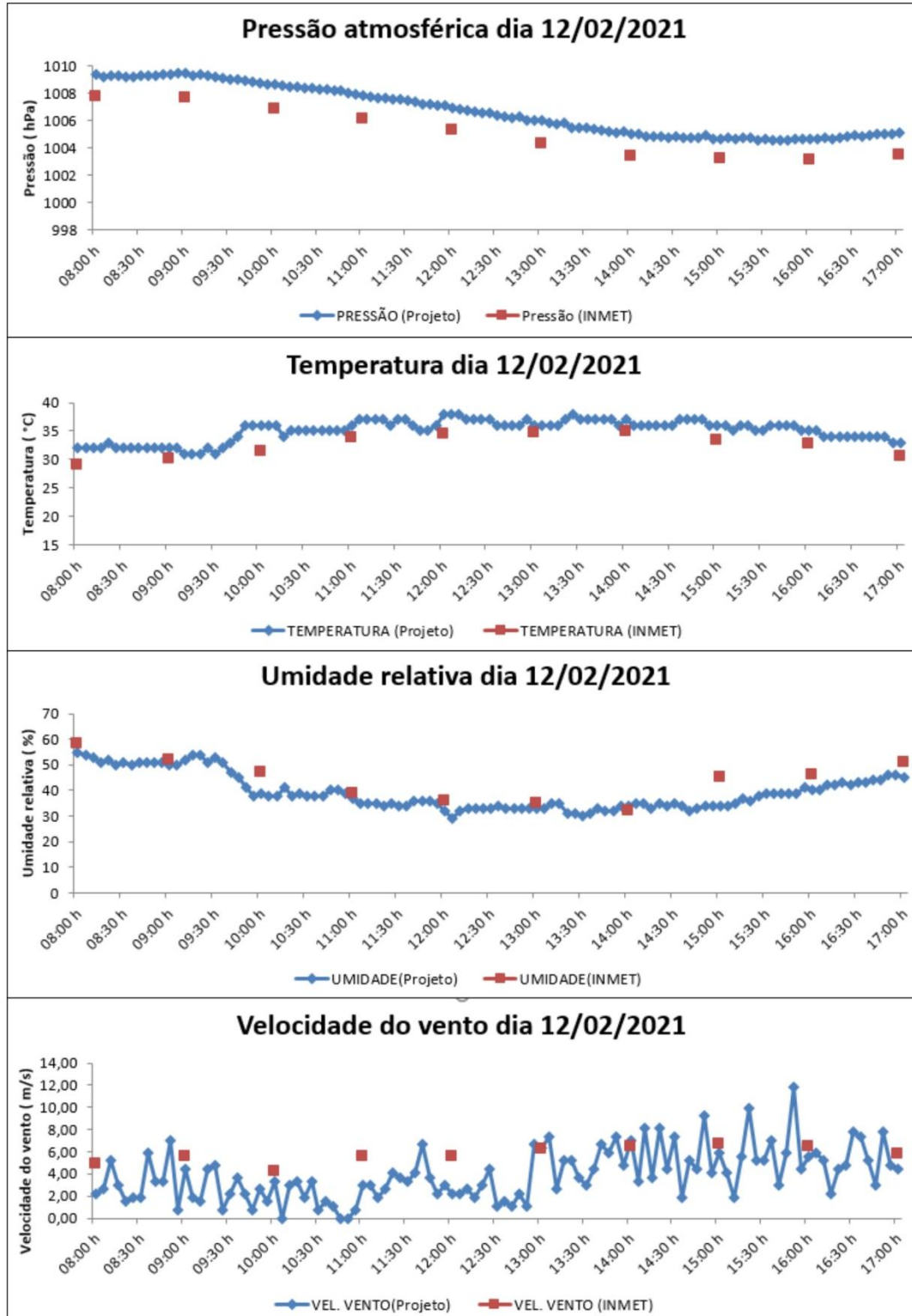
Figura 26: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 04/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO I – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 12/02/2021

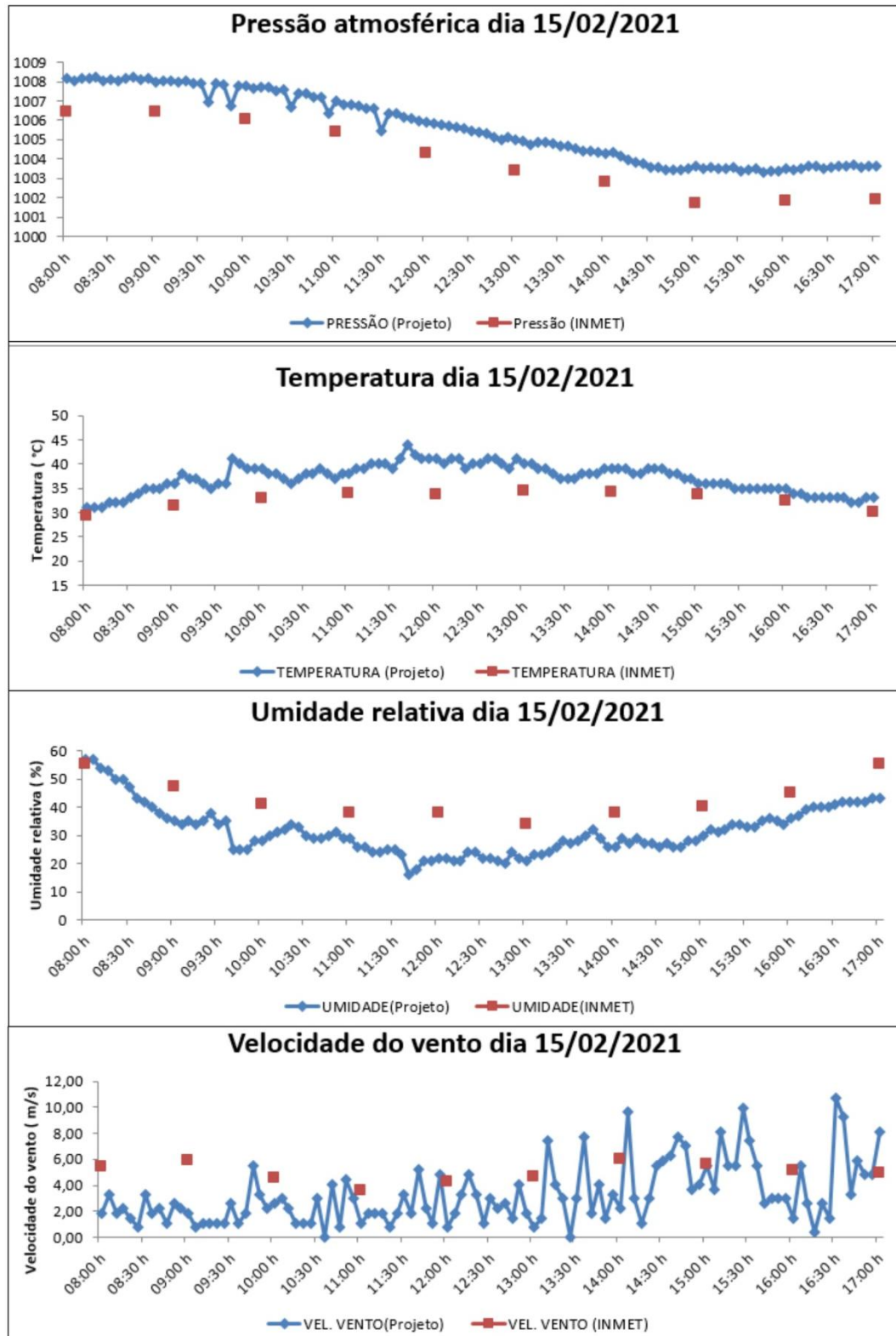
Figura 27: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 12/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO J – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 15/02/2021

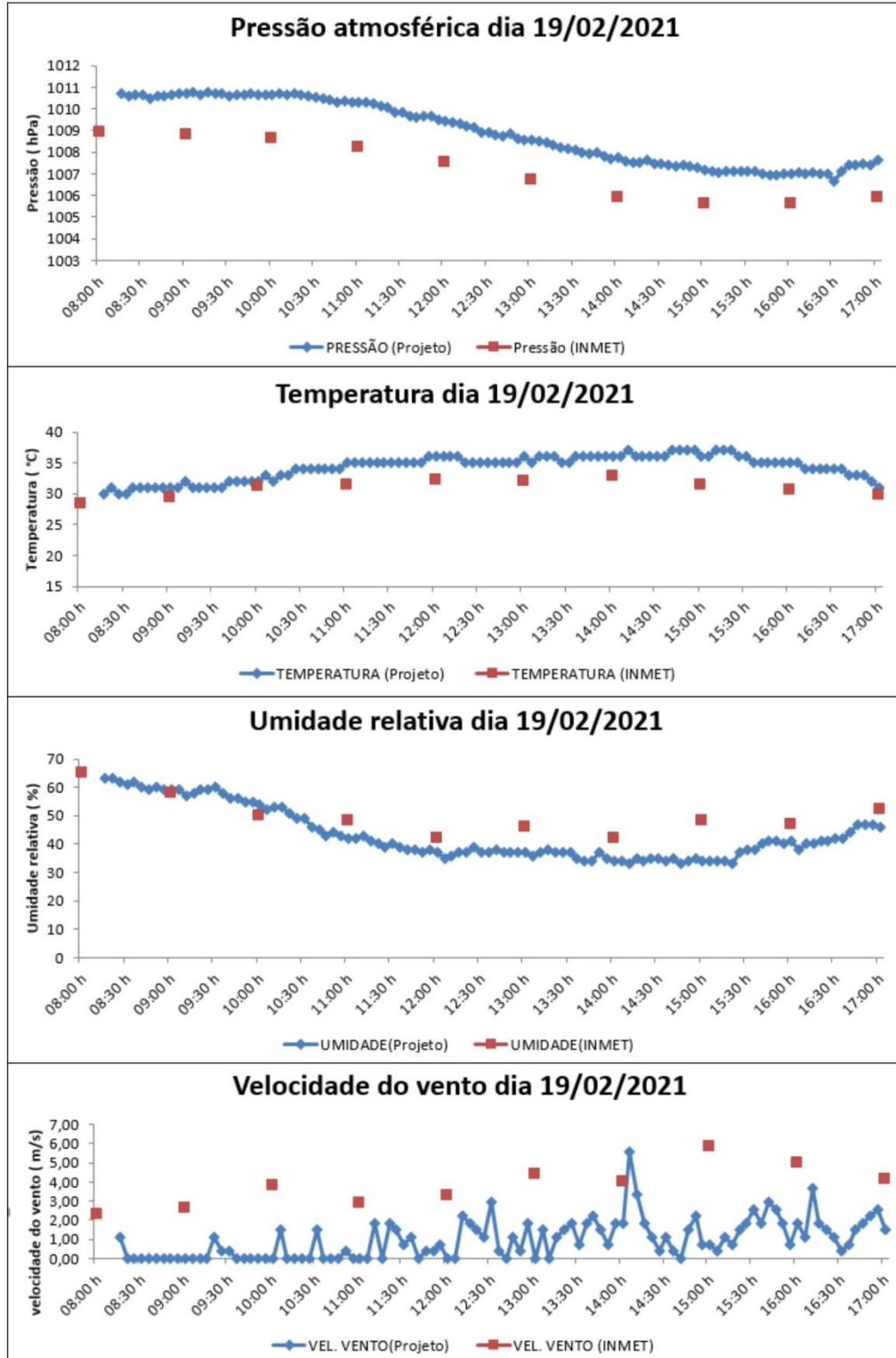
Figura 28: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 15/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO K – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 19/02/2021

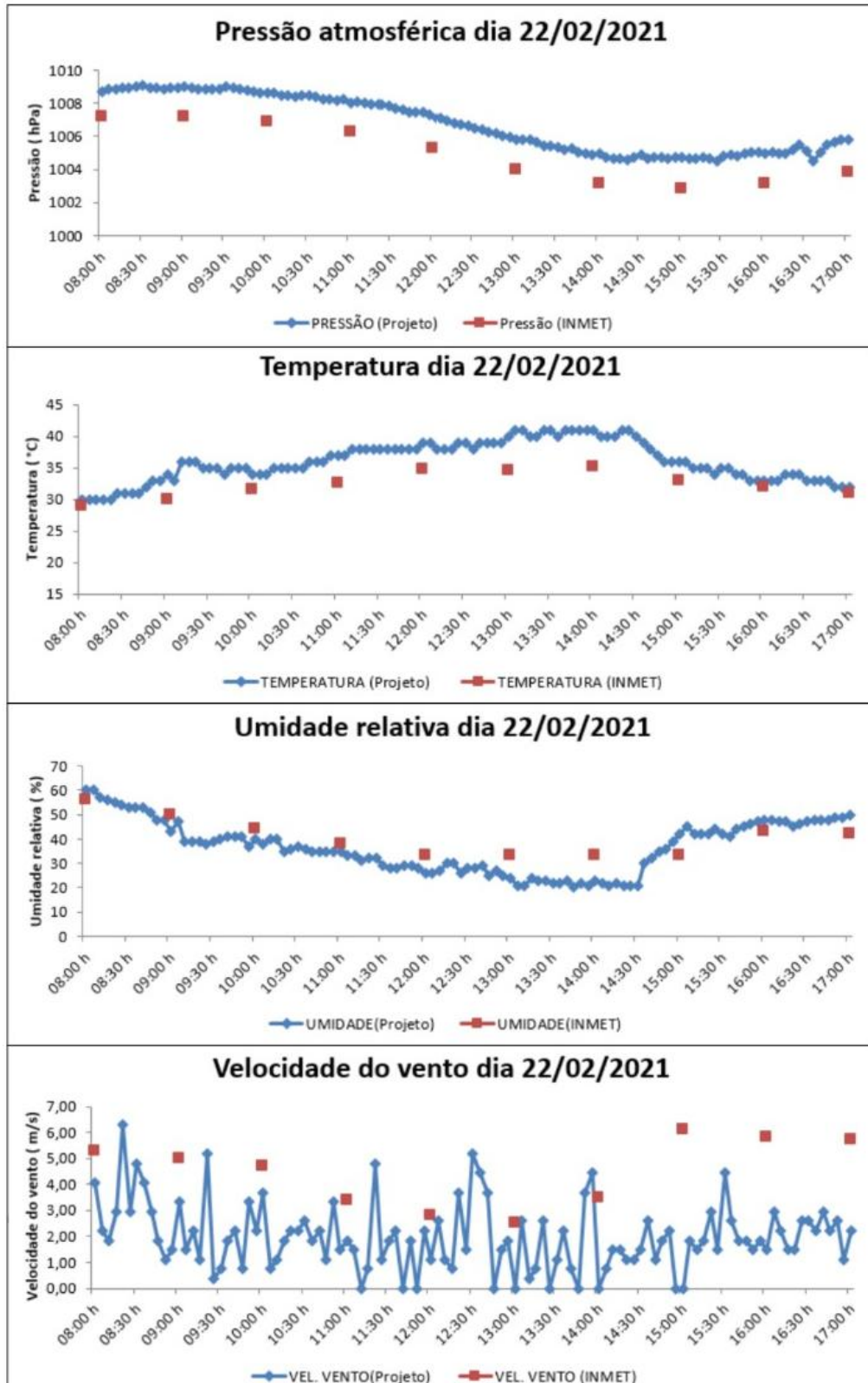
Figura 29: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 19/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO L – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 22/02/2021

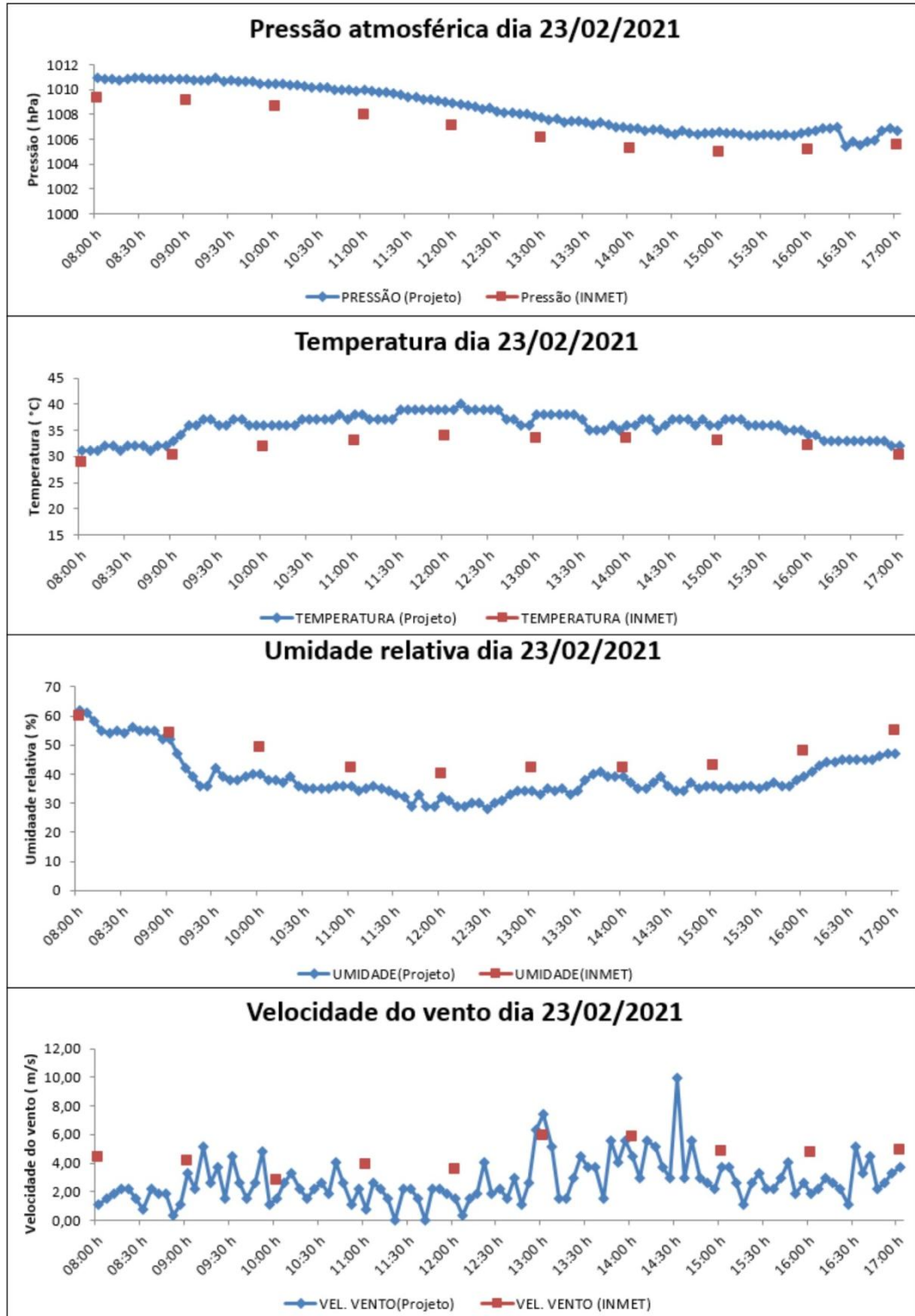
Figura 30: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 22/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.

ANEXO M – RESULTADO DOS TESTES REALIZADOS NO DIA 23/02/2021

Figura 31: Dados meteorológicos coletados pelo projeto no dia 23/02/2021.



Fonte: Autor, 2021.