

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

EMERSON CARLOS DE FREITAS

DESENVOLVIMENTO DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2025**

EMERSON CARLOS DE FREITAS

DESENVOLVIMENTO DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO

Relatório final, apresentado à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

Orientador: André Luiz de Freitas Coelho

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2025**

EMERSON CARLOS DE FREITAS

DESENVOLVIMENTO DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO

Relatório final, apresentado à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

APROVADO: 24 de janeiro de 2025.

Assentimento:



Documento assinado digitalmente

EMERSON CARLOS DE FREITAS

Data: 06/02/2025 17:28:13-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Emerson Carlos de Freitas
Autor



Documento assinado digitalmente

ANDRÉ LUIZ DE FREITAS COELHO

Data: 07/02/2025 08:09:09-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

André Luiz de Freitas Coelho
Orientador

A minha mãe Cleusa...
...por todo o amor, carinho e
confiança...

AGRADECIMENTOS

A Família e amigos.

A minha mãe Cleusa, ao meu padrasto Hailton e aos meus irmãos Davi, Ednilson e Érica, pelo apoio, amor e incentivo.

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de fazer o curso.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola e professores, pelas oportunidades e ensinamentos durante a graduação.

Ao professor André Luiz de Freitas Coelho, pela orientação, apoio e confiança.

A professora Fernanda Campos de Sousa, pelos ensinamentos adquiridos.

Aos meus amigos, pelo apoio, amor e companheirismo.

“Os sonhos são como uma bússola, indicando os caminhos que seguiremos e as metas que queremos alcançar. São eles que nos impulsionam, nos fortalecem e nos permitem crescer”. (Augusto Cury)

RESUMO

FREITAS, Emerson Carlos de, Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2025. **Desenvolvimento de estação meteorológica de baixo custo.** Orientador: André Luiz de Freitas Coelho.

A Agricultura de Precisão (AP) vem cada vez mais se tornando importante para o futuro da agricultura. Com a AP, novas tecnologias são desenvolvidas para repor déficits nutricionais que estão localizados no manejo e cultivo de culturas. Como exemplo desse tipo de tecnologia, tem-se o monitoramento de dados meteorológicos, por meio de estações meteorológicas. Entretanto, esse tipo de equipamento possui altos custos de implantação, impulsionando o desenvolvimento de estações meteorológicas de baixo custo. Assim, objetivou-se com esse trabalho desenvolver uma estação meteorológica de baixo custo. Para isso foram validados os sensores que compõe a estação meteorológica, sendo eles um pluviômetro, um anemômetro, um termo-higrômetro e um piranômetro. Todos esses sensores foram validados por meio de comparação dos sensores de baixo custo com sensores de referência e também com dados meteorológicos obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para isso foi utilizado um gráfico de dispersão para obter os coeficientes a e b da equação obtida, o coeficiente de determinação (R^2) que comprovem a semelhança entre os dados analisados e o coeficiente de Pearson (r) para validar a estação e determinar a correlação entre os dados analisados. Na validação do pluviômetro de baixo custo, foi utilizado como referência o derramamento de volumes conhecidos de água. Já o anemômetro de baixo custo, terá como referência o sensor TAFR-180 da marca Instrutherm, sendo realizado o experimento em um túnel de vento. O termo-higrômetro foi comparado com o sensor de referência, HOBO ONSET UX100-003. Por último, o piranômetro de baixo custo foi comparado com o sensor de referência, CMP 6 da marca Kipp & Zonen. Todas as comparações foram feitas sob um mesmo período de tempo de coleta dos dados, realizado no período de 21 dias. Para os dados de velocidade média do ar, volume de água acumulado, irradiação solar, temperatura de bulbo seco do ar (tbs) e umidade relativa do ar, os valores de R^2 obtidos na calibração foram 0,9908; 0,9988; 0,8332; 0,9319 e 0,9603, e os valores de correlação de Pearson obtidos na validação foram de 0,6483; 0,6625; 0,9380; 0,9847 e 0,9698, respectivamente. Com isso, pode-se considerar que os sensores de baixo custo da estação meteorológica apresentam comportamento similar aos sensores de referência à medida que as variáveis meteorológicas variaram. Dessa forma, pode-se concluir que a estação de baixo custo obteve resultados significativos, promovendo a sua usabilidade por usuários que necessitam de dados meteorológicos.

Palavras-chave: Agricultura de precisão; Dados meteorológicos; Componentes de projeto aberto; Componentes de baixo custo.

ABSTRACT

FREITAS, Emerson Carlos de., Universidade Federal de Viçosa, January of 2025. **Development of low-cost weather stations.** Adviser: André Luiz de Freitas Coelho.

Precision Agriculture (PA) is becoming increasingly important for the future of agriculture. With PA, new technologies are developed to replace nutritional deficits that are localized in the management and cultivation of crops. An example of this type of technology is the monitoring of meteorological data using weather stations. However, this type of equipment has high implementation costs, driving the development of low-cost weather stations. The aim of this work was to develop a low-cost weather station. To this end, the sensors that make up the weather station were validated: a rain gauge, an anemometer, a thermo-hygrometer and a pyranometer. All these sensors were validated by comparing the low-cost sensors with reference sensors and also with meteorological data obtained from the National Meteorological Institute (INMET). A scatter plot was used to obtain the a and b coefficients of the equation obtained, the coefficient of determination (R^2) to prove the similarity between the data analyzed and Pearson's coefficient (r) to validate the station and determine the correlation between the data analyzed. When validating the low-cost rain gauge, the spillage of known volumes of water was used as a reference. The low-cost anemometer will be based on the Instrutherm TAFR-180 sensor, and the experiment will be carried out in a wind tunnel. The thermohygrometer was compared with the reference sensor, HOBO ONSET UX100-003. Finally, the low-cost pyranometer was compared with the Kipp & Zonen CMP 6 reference sensor. All comparisons were made over the same 21-day data collection period. For the data on average air speed, accumulated water volume, solar irradiation, dry bulb temperature (tbs) and relative humidity, the R^2 values obtained during calibration were 0.9908; 0.9988; 0.8332; 0.9319 and 0.9603, and the Pearson correlation values obtained during validation were 0.6483; 0.6625; 0.9380; 0.9847 and 0.9698, respectively. With this, it can be considered that the weather station's low-cost sensors behave similarly to the reference sensors as the meteorological variables vary. In this way, it can be concluded that the low-cost station obtained significant results, promoting its usability by users who require meteorological data.

Keywords: Precision agriculture; Meteorological data; Open-design components; Low-cost components.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1	Instalação dos componentes da estação meteorológica desenvolvida.....	12
2.2	Validação dos sensores	16
2.2.1	Calibração do anemômetro tipo concha	16
2.2.2	Calibração do pluviômetro tipo báscula.....	17
2.2.3	Calibração do Piranômetro	18
2.2.4	Calibração do termo-higrômetro	19
2.2.5	Comparação com estação INMET	19
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1	Anemômetro tipo concha	22
3.2	Pluviômetro tipo báscula	23
3.3	Piranômetro.....	25
3.4	Termo-higrômetro	27
4	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A demanda por novas tecnologias na agricultura vem crescendo, motivada pela busca de maior eficiência produtiva no campo e mitigação dos fatores que limitam o aumento da produção (PACASSA et al., 2020). O aumento da população no decorrer dos anos, ocasionando maior consumo de alimentos, é uma preocupação global. Assim, é necessário o aumento da produção de alimentos em um cenário de falta de mão-de-obra no campo, a diminuição do efeito das mudanças climáticas no país, uso inadequado dos recursos e alto custo de equipamentos produtivos, de maneira que favoreça o produtor e incentive a produção agrícola.

Como solução potencial à tais desafios tem-se a agricultura de precisão (AP), um conjunto de ferramentas e técnicas que possibilitam a análise e manejo de áreas produtivas. A AP permite otimizar o uso de insumos, como sementes, água, fertilizantes, entre outros, por meio do acompanhamento de cada ponto da área de cultivo. Com isso, essas tecnologias podem ser utilizadas para aumentar a lucratividade da atividade agrícola, pelo aumento da produtividade e qualidade e/ou redução dos custos de produção. Além disso, a AP permite maior sustentabilidade no campo (SILVA & SILVA-MANN, 2020).

Ao adotar a AP é comum realizar o monitoramento do solo, planta e clima. A partir desse monitoramento, obtém-se dados que são utilizados nas tomadas de decisão relacionados às operações agrícolas. Dentro do acompanhamento do clima, tem-se o estudo de dados agrometeorológicos que analisa o microclima em talhões. Esse estudo fornece dados de velocidade do ar, umidade relativa do ar, irradiação solar, precipitação, temperatura de bulbo seco do ar, entre outros, úteis ao agricultor para as suas tomadas de decisão em diversas etapas da produção agrícola (NUNES et al., 2023). Um exemplo de aplicação desses dados é na determinação da necessidade hídrica ou evapotranspiração de culturas (ET_c). Com a ET_c é determinada a lâmina de irrigação de uma determinada área, favorecendo o uso racional e sustentável da água (FAUVEL, 2023).

Um importante equipamento para o monitoramento do clima é a estação meteorológica. Conforme Silva & Sousa (2024), os dados obtidos por estações meteorológicas são importantes em vários segmentos, como na previsão do tempo, que são favoráveis as atividades agrícolas e na prevenção de desastres. Logo, o seu uso se torna crucial para a agroindústria, sendo capaz de minimizar os impactos e garantir melhores condições para o cultivo.

Segundo Consiglieri (2023), as estações meteorológicas comerciais existentes têm custos elevados, ultrapassando o valor de R\$ 6.000,00. O preço dessas estações meteorológicas inviabiliza sua implantação em grandes quantidades, visto que poucos agricultores são capazes

de adquirir. Para suprir a necessidade de monitorar o clima, com um custo acessível, tem-se desenvolvido dispositivos de baixo custo (JÚNIOR, 2024). Consiglieri (2023), Silva & Sousa (2024) e Souza (2019) são exemplos de pesquisas que propõem o desenvolvimento de estações meteorológicas com componentes de baixo custo.

Porém, analisando os desenvolvimentos de Consiglieri (2023), Silva & Sousa (2024) e Souza (2019), observa-se que em nenhum deles foi proposta a utilização da placa fotovoltaica como um piranômetro, componente esse que fornece energia elétrica ao sistema. Segundo Lopes Pires et al. (2022), a tensão da energia elétrica gerada por placas fotovoltaicas é diretamente proporcional a irradiância solar incidente sob o mesmo local onde estão posicionadas. O estudo feito por Gomes et al. (2020), cujo um dos resultados foi o levantamento do custo dos componentes de um sistema de baixo custo de monitoramento climático e de geração de energia fotovoltaica, foi evidenciado o piranômetro como um dos sensores com o custo mais elevado. Com isso, o custo de um piranômetro, sensor responsável pela medição de irradiação solar, impacta diretamente no custo de uma estação meteorológica. A estratégia de utilizar a própria placa fotovoltaica como piranômetro associado ao uso de sensores de baixo custo possibilita o desenvolvimento de estações meteorológicas a um custo mais acessível.

Portanto, o desenvolvimento de estações meteorológicas de baixo custo permite que pequenos produtores rurais, pesquisadores e demais interessados nos estudos climatológicos tenham acesso a sistemas de coleta e uso desses dados. Estações meteorológicas com custo acessível, possibilitam o seu uso em situações com recursos financeiros limitados, reduzindo as lacunas existentes na observação meteorológica e abrangendo maiores áreas geográficas (SILVA & SOUSA, 2024). Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho desenvolver uma estação meteorológica de baixo custo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação dos componentes da estação meteorológica desenvolvida

A estação meteorológica foi desenvolvida e validada no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, localizado na cidade de Viçosa – MG. Esta estação meteorológica foi composta por um pluviômetro e um anemômetro, da marca CICLUS, um termo-higrômetro SHT31, um piranômetro que utiliza o painel fotovoltaico da própria estação e uma placa de aquisição de dados. O sensor SHT31 foi instalado em abrigo localizado abaixo do pluviômetro. O sistema de fornecimento de energia continha um painel fotovoltaico, bateria e gerenciador de carregamento da bateria. A placa de aquisição de dados, bateria e gerenciador de carregamento foram instalados em caixa plástica com vedação contra umidade e poeira.

Figura 1 – Posicionamento dos componentes da estação meteorológica desenvolvida

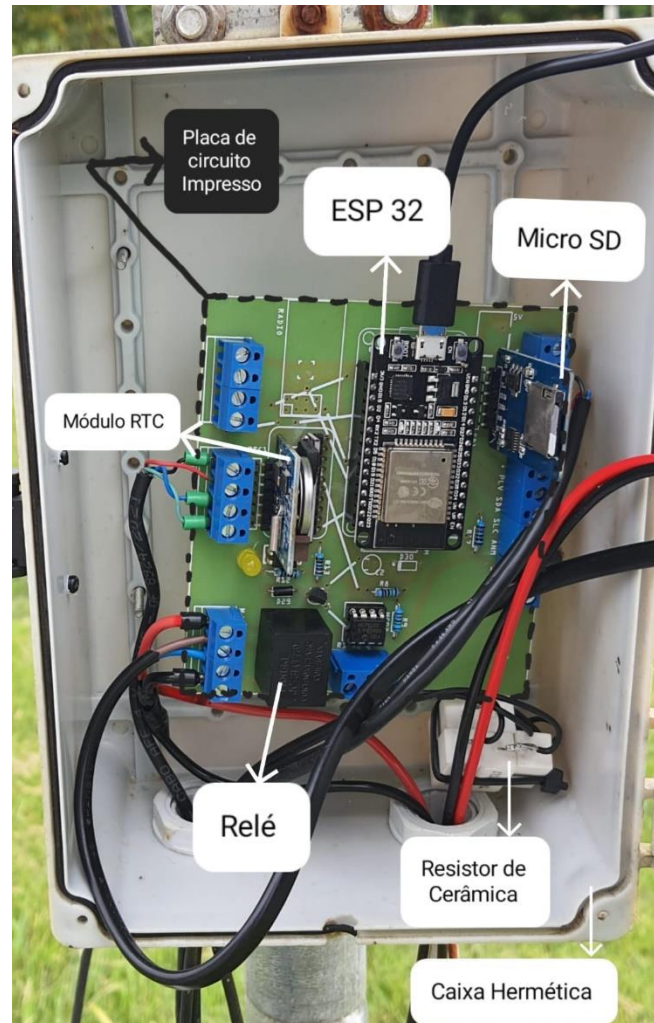


Fonte: Autores.

Todos os componentes da estação meteorológica foram fixados em um mastro vertical, confeccionado em tubo metálico, apoiado no solo com auxílio de tripe (Figura 1). Os componentes foram dispostos de forma que não houvesse interferência de medição das variáveis meteorológicas de interesse. O anemômetro e pluviômetro foram instalados lado a lado na parte superior do mastro e a aproximadamente 1,7 m do solo. O painel fotovoltaico foi instalado abaixo e em lado oposto ao pluviômetro, sob um local aberto afim de evitar que árvores e edificações não gerem sombra sobre as células fotovoltaicas. O painel foi fixado no mastro por suporte com inclinação de 20° e orientado para Norte. A caixa plástica, contendo a placa de aquisição, bateria e gerenciador de carga, foram instalados no mastro abaixo do pluviômetro.

A placa de aquisição de dados foi composta por placa ESP32, responsável por executar o código de computador em C++, módulo de cartão microSD para armazenamento dos dados, módulo de relógio DS 1307 para obtenção do instante de tempo (dia e hora) da medição, e módulo conversor analógico externo ADS 1115 para medição da tensão gerada pelo painel fotovoltaico. No momento de medição da tensão, a energia elétrica gerada pelo painel fotovoltaico não era utilizada para carregar a bateria. Em vez disso, a energia elétrica era dissipada por um conjunto de 5 resistores cerâmicos de 4,7 k Ω , que estavam conectados em série. Além de dissipar a energia elétrica, esses resistores atuaram como divisor de tensão, reduzindo a tensão gerada pelo painel fotovoltaico para a faixa de leitura do ADS 1115. Um módulo relé foi responsável por comutar a energia elétrica entre o gerenciador de carregamento e o conjunto de resistores (Figura 2). Todas as especificações dos componentes são expressas na Tabela 1.

Figura 2 – Componentes internos à caixa hermética



Fonte: Autores.

Tabela 1 – Especificações dos componentes eletrônicos

Componentes	Especificações
Anemômetro tipo concha P/ Arduino	Conchas com 50 mm de diâmetro, eixo com rolamento e diâmetro total de 210 mm, resistente a intempéries, suporta velocidades de até 135 km/h e sensibilidade inicial de 0,5 km/h.
Pluviômetro tipo balança P/ Arduino	Diâmetro do coletor de 147 mm, altura de 160 mm e leitura a cada 25 mm/ balança.
Painel Solar Fotovoltaico Resun	Placas confeccionadas em silício policristalino, potência máxima de 20 W com tolerância de 0 a 3%, tensão de potência máxima de 18,20 V, corrente de potência máxima de 1,23 A e eficiência do módulo de 10,6%
Caixa Pvc Plástica Montagem	Proteção com IP66 e dimensões: 250 mm de comprimento, 200 mm de largura e 100 mm de espessura.
ESP32	CPU Xtensa Dual-Core 32-bit LX6, ROM de 448 bytes, RAM de 520 bytes, flash de 4 mb, wireless padrão 802.11 b/g/n, Bluetooth BLE 4.2 e tensão de alimentação de 4,5 V a 9,0 V.
Termo-higrômetro SHT 31	Dimensões de 2,5mm de comprimento, 2,5 mm de largura e 0,9 mm de espessura, com faixa de operação de umidade de 0 a 100% e faixa de operação de temperatura de -40 a 125°C.
Shield Micro SD	Opera em tensões de 3,3 a 5,5 V, interface MOSI, SCK, MISO e CS, possui perfuração para fácil fixação e dimensões de 41 mm de comprimento e 24 mm de largura.
RTC DS1307	Computa segundos, minutos, horas, dias da semana, dias do mês, meses e anos (de 2000 a 2099), SRAM de 54 bytes, interface I2C de 2 fios, detecção de falha de energia e dimensões de 27 mm de comprimento, 28 mm de largura e 8,4 mm de espessura.
Relé T73	Com tensão da bobina de 5 VDC, contato do relé permitindo tensão de até 125 VAC a 10 A, possui três terminais de 4 mm, sendo 1 normalmente aberto, 1 normalmente fechado e 1 comum e dimensões de 15 mm de comprimento, 19 mm de largura e 15 mm de espessura.
Resistor cerâmico	Resistência de 4K7 ohms, potência de 5 W e confeccionado em material cerâmico
Módulo ADS1115	Opera em tensões de 2 à 5,5 VDC, tem baixo consumo de corrente, precisão de 16 bits, taxa de dados programável de 8 SPS à 860 SPS, oscilador interno, 4 endereços I2C disponíveis, comparador programável, amplificador de ganho programável e dimensões de 28 mm de comprimento, 17 mm de largura e 2,5 mm de espessura.

Fonte: Autores.

2.2 Validação dos sensores

A validação dos quatro sensores, sendo eles o pluviômetro de báscula, anemômetro de concha, termo-higrômetro e piranômetro, ocorreu em duas fases distintas. A primeira consistiu na calibração dos sensores por meio de comparação com equipamentos de referência. Na segunda fase, foi feita a comparação com a estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada à 1377 metros do local de instalação da estação meteorológica desenvolvida.

2.2.1 Calibração do anemômetro tipo concha

O anemômetro de baixo custo utilizado possuía com três conchas semiesféricas com diâmetro 0,050 m, fixados em um eixo rotativo. A distância entre o centro da concha e o eixo rotativo era de 0,085 mm. A cada volta completa do eixo rotativo, a placa de aquisição de dados lia um sinal elétrico pulsado. A partir da contagem do número de pulsos em determinado intervalo de tempo, calculou-se a velocidade linear do ar agindo na concha, conforme a Equação 1.

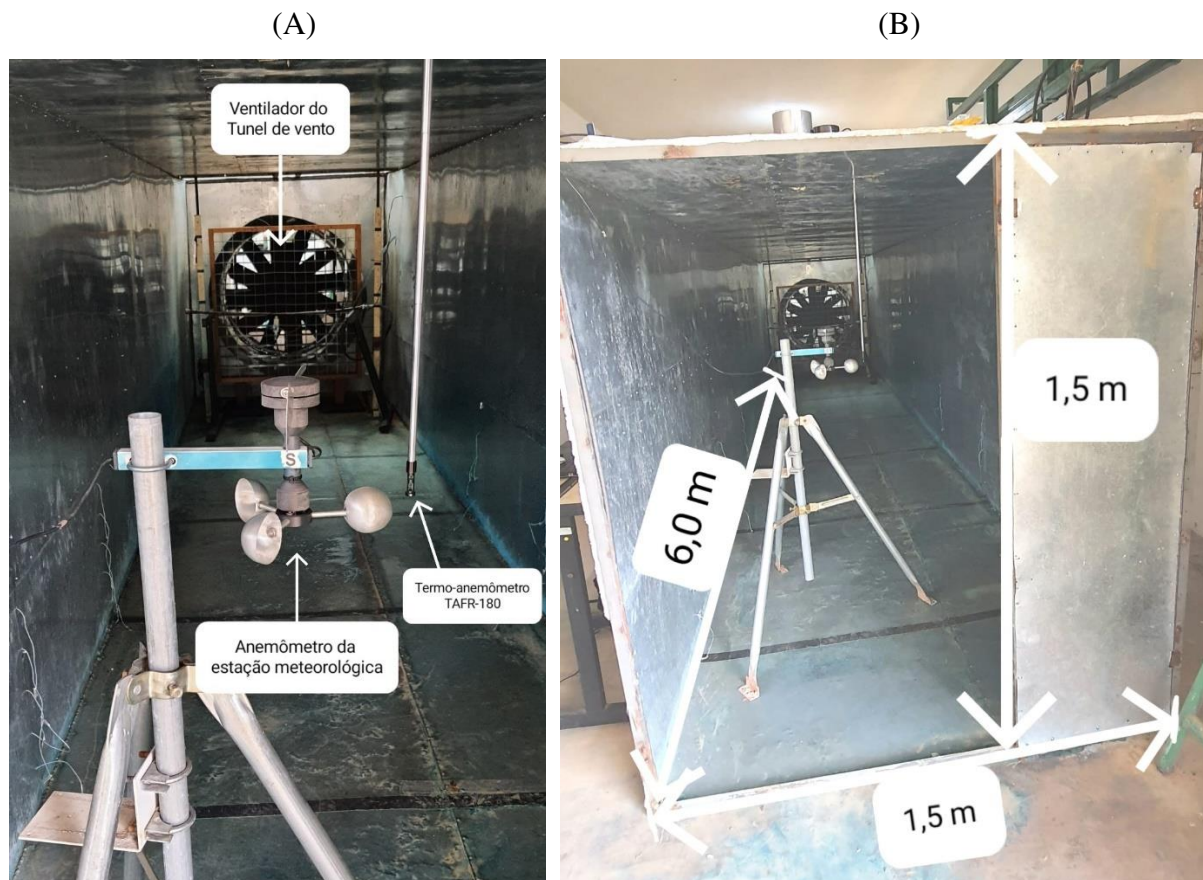
$$v = a \times \left(\frac{2 \times \pi \times p \times r}{t} \right) + b \quad (1)$$

Em que: v é a velocidade linear do ar (m/s), a e b são parâmetros de correção da influência de uma concha sobre a outra, p é o número de pulsos no intervalo de tempo t (s) e r é o raio de giro do anemômetro, distância entre o centro da concha e o eixo, em m.

A calibração do anemômetro aconteceu em um túnel de vento com 6 m de comprimento, 1,5 m de largura e 1,5 m de altura, sendo que o anemômetro de referência e o da estação meteorológica estavam posicionados lado a lado (Figura 3). Como sensor de referência para medição da velocidade do ar foi utilizado um termo anemômetro de fio quente, modelo TAFR-180 da marca INSTRUTHERM. O TAFR-180 opera sob temperatura de 0 a 50°C e Umidade de até 80%, podendo medir velocidades de 0,2 a 20,0 m/s com resolução de 0,1 m/s e precisão de $\pm 3\% + 1$ dígito. O anemômetro validado e o termo anemômetro foram posicionados lado a lado à 0,75 m do piso, 0,75 m da lateral e a 5 m do ventilador do túnel de vento. Nessa posição, a velocidade máxima do ar foi próxima a 4 m/s. O ventilador do túnel de vento era acionado por motor elétrico controlado por inversor de frequência. No inversor foram utilizadas 10

frequências que geraram diferentes velocidades de rotação do ventilador e consequentemente diferentes velocidades do ar. A menor frequência utilizada foi aquela que resultou no início da movimentação das conchas, sendo 19 Hz considerada a menor frequência, e a maior frequência foi 60 Hz. Para cada frequência, a velocidade do ar medida pela estação desenvolvida e pelo termo anemômetro foram registrados durante 10 minutos em intervalos de 1 minuto.

Figura 3 – Validação do anemômetro da estação meteorológica em túnel de vento. A - Identificação dos componentes utilizados na validação e B – Representação das dimensões do túnel de vento



Fonte: Autores.

2.2.2 Calibração do pluviômetro tipo báscula

O pluviômetro utilizado consistiu em um funil, responsável por recolher a chuva em uma área de $0,016505 \text{ m}^2$ e conduzi-la até a báscula. A báscula conteve duas cavidades conectadas a um ponto de articulao. Quando a cavidade foi preenchida pelo líquido, acontecia a movimentaco dessa cavidade em relao ao ponto de articulao, promovendo o despejo do

volume acumulado e o início da acumulação na segunda cavidade. Um sensor foi responsável por gerar um sinal elétrico pulsado à cada movimentação da balança.

A calibração do pluviômetro tipo balança consistiu em derramar, de forma lenta e constante, um volume conhecido de líquido sobre o funil do pluviômetro. Para esse volume foi contabilizado o número de movimentações da balança. O índice pluviométrico representado por cada movimentação da balança foi calculado pela Equação 2.

$$\frac{V}{A} = p \times c \quad (2)$$

Em que: p é o índice pluviométrico por movimentação de balança (mm / balança), V é o volume de líquido derramado, em l, c é a contagem de movimentações da balança e A é área da superfície do solo representada pelo pluviômetro.

O procedimento foi repetido 23 vezes com volumes derramados variando entre 0,1 l e 0,6 l no intervalo de 1 h, obtendo-se o índice pluviométrico médio.

2.2.3 Calibração do Piranômetro

O piranômetro utilizado como referência na validação foi o CMP6 da marca Kipp & Zonen. O componente CMP6 opera sobre uma faixa de temperatura de -40°C a 80°C com uma irradiação solar máxima de $2000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, sensibilidade de 5 a $20 \mu\text{V} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$ e faixa espectral de 285 a 2800 nm. Um circuito amplificador de tensão, montado com base no amplificador operacional LM 324, com ganho de $158,8 \text{ V} \cdot \text{V}^{-1}$, foi utilizado para gerar tensões proporcionais à radiação solar. A tensão amplificada foi lida na própria placa de aquisição de dados da estação utilizando o conversor ADS 1115. A partir da tensão amplificada, a irradiação solar de referência foi calculada pela Equação 3.

$$\text{rad} = \frac{V}{G \times S} \quad (3)$$

Em que: rad é irradiação solar total de referência ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$), V é a tensão amplificada gerada pelo piranômetro (V), G é o ganho do circuito de amplificação ($\text{V} \cdot \text{V}^{-1}$) e S é a sensibilidade do piranômetro ($\mu\text{V} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$).

Durante uma semana, o piranômetro de referência permaneceu instalado ao lado e à mesma altura do painel fotovoltaico da estação. Com a placa de aquisição foi quantificada a

irradiação solar total de referência e a tensão no conjunto de resistores a cada 15 minutos. Com a obtenção da irradiação solar de referência e da tensão no conjunto de resistores da estação meteorológica, foram utilizados modelos de regressão linear e exponencial para a determinar a relação entre a irradiação solar obtida pelo sensor de referência e a tensão gerada pela placa fotovoltaica.

2.2.4 Calibração do termo-higrômetro

Para a validação do sensor de termo-higrômetro de baixo custo utilizou-se um sensor de referência HOBO ONSET UX100-003. O sensor HOBO opera em uma faixa de temperatura de -20 a 70°C com precisão de 0,21°C, resolução de 0,024°C e desvio de 0,01°C e uma faixa de umidade relativa de 15 a 95%, precisão de 3,5%, resolução de 0,07% e desvio de mais de 1% por ano. Este sensor foi configurado, por meio do software HOBOWare 3.7.28, para coletar dados de temperatura e umidade a cada 15 min, sendo os dados armazenados em sua memória interna. A duração dessa coleta foi de 9 dias. A partir dos dados de temperatura e umidade, medidos pelo HOBO e SHT 31, uma regressão linear foi utilizada para gerar equações de calibração dos dados obtidos pelo SHT 31.

2.2.5 Comparação com estação INMET

Os dados da estação meteorológica automática do INMET instalada em Viçosa (código A510), foram obtidos pelo INMET (2024) para o mesmo período de aquisição de dados com a estação meteorológica desenvolvida. Visto que a estação do INMET fornecia registros de dados horário e a estação desenvolvida fornecia dados a cada 15 minutos, estes foram reamostrados para o intervalo horário. Para temperatura de bulbo seco do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar foram calculados valores médios para 1 h. Para radiação solar e índice pluviométrico considerou o acumulado em 1 h.

A comparação ocorreu por meio da dispersão entre os dados da estação do INMET e os dados da estação meteorológica desenvolvida. A correlação de Pearson (r), calculada pela Equação 4, foi utilizada para analisar a correlação entre ambos os dados. Os dados validados foram classificados conforme a Tabela 2.

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

Em que, r = coeficiente de correlação de Pearson (adimensional), x_i = valores da variável x em uma amostra, $\bar{x}$ = média dos valores da variável x , y_i = valores da variável y em uma amostra e $\bar{y}$ = média dos valores da variável y .

Tabela 2 – Classificação da correlação conforme os intervalos do coeficiente de Pearson

Intervalos do coeficiente de Pearson	Classificação da correlação do coeficiente de Pearson
> 0,99	Correlação perfeita positiva
0,80 a 0,99	Correlação forte positiva
0,50 a 0,79	Correlação moderada positiva
0,10 a 0,49	Correlação fraca positiva
0,01 a 0,09	Correlação ínfima positiva
- 0,01 a 0,01	Correlação nula
- 0,01 a -0,09	Correlação ínfima negativa
- 0,10 a -0,49	Correlação fraca negativa
- 0,50 a -0,79	Correlação moderada negativa
- 0,80 a -0,99	Correlação forte negativa
< -0,99	Correlação perfeita negativa

Fonte: Adaptada de Bolonini et al. (2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 é apresentado o custo proveniente da aquisição dos componentes eletrônicos, dispositivos de suporte e acessórios para a confecção de uma unidade da estação meteorológica desenvolvida. A obtenção desses valores foi proveniente de uma consulta a lojas virtuais no dia 08/01/2025.

Tabela 3 – Cotação de componentes para a confecção de uma unidade da estação meteorológica

Quantidade	Componentes	Valor Unitário (R\$) *	Valor Total (R\$) *
1	Kit Estação Meteorológica Anemômetro Pluviômetro P/ Arduino	997,00	997,00
1	Painel Solar Fotovoltaico Resun 20Wp	99,00	99,00
1	Controlador de Carga Sun Energy KW1210 10A 12/24V	49,00	49,00
1	Bateria Selada GetPower VRLA - 12V -9Ah	115,00	115,00
5	Resistor 4K7 ohms	5,44	27,20
1	Caixa Pvc Plástica Montagem 250x200x100mm	79,00	79,00
-	Componentes eletrônicos diversos (Cabos, conectores, resistores, capacitores e outros)	30,00	30,00
1	ESP32	46,00	46,00
5	Soquete Estampado 8 Pinos	0,40	2,00
1	Barra de Pinos Fêmea Soquete 1x40 - 180°	2,90	29,00
1	Sensor Temperatura e Umidade digital SHT 31	49,90	49,90
1	Shield Micro SD	6,00	6,00
1	RTC DS1307	7,00	7,00
1	Cartão MicroSD 4, 8 ou 16 GB	25,00	25,00
4	Conector KRE 3 vias	1,50	6,00
12	Conector KRE 2 vias	1,25	15,00
1	Relé T73 DC-5V 10A 125v	6,00	6,00
2	Transistor NPN BC547	0,35	0,70
2	Módulo Conversor analógico Digital ADS1015	28,65	57,30
2	Sensor de Temperatura DS18B20	9,13	18,26
1	Mastro com Tripé	500,00	500,00
TOTAL (R\$) *			2.164,36
TOTAL (US\$) **			353,65

* Valores obtidos por cotação em lojas online em 08/01/2025; ** 1 US\$ = R\$ 6,12

Fonte: Autores.

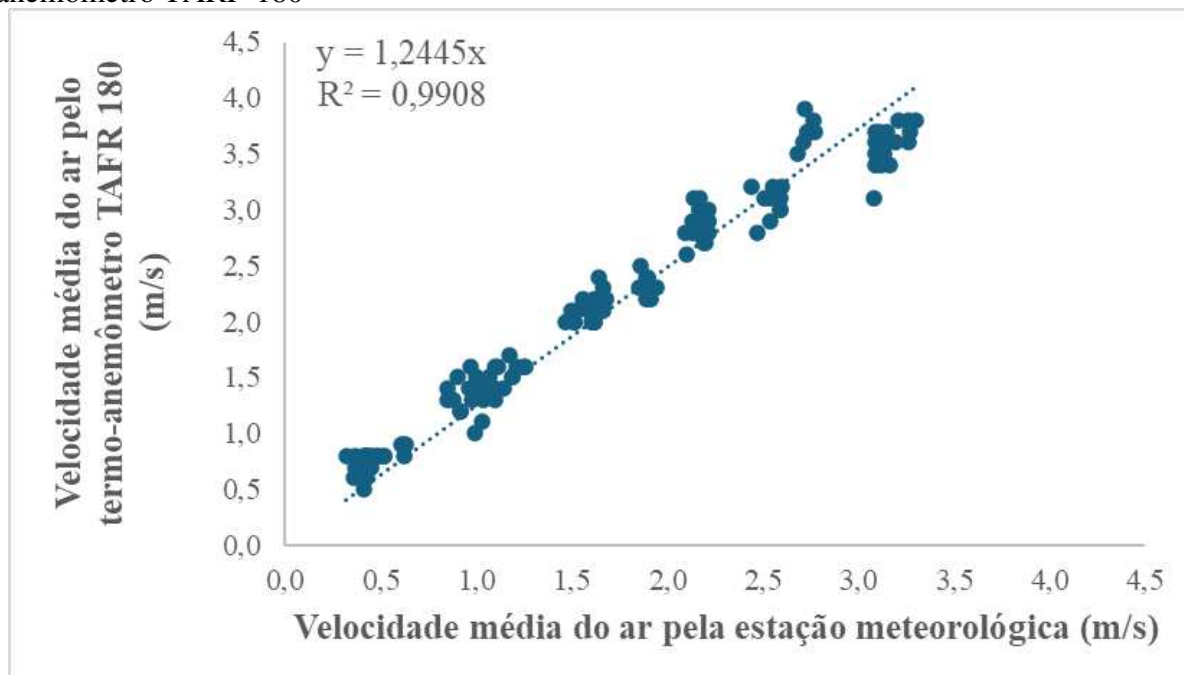
Com o dólar americano cotado em R\$ 6,12 em 08/01/2025 e o custo para a aquisição de uma unidade da estação meteorológica de R\$ 2.164,36, tem-se que o valor em dólares é de US\$ 353,65. Uma estação comercial Davis Vantage Pro 2, com valor mensurado em 08/01/2025 de R\$ 15.989,00 ou US\$ 2.612,58 (AMAZON, 2025), possui valor 7,4 vezes maior em

comparação a estação meteorológica desenvolvida. Dessa forma, a estação meteorológica desenvolvida pode ser considerada de baixo custo, devido ao seu custo menor que a de uma estação comercial e a utilização de dispositivos open source, open software e open hardware (ESCOLA & FREITAS, 2020).

3.1 Anemômetro tipo concha

No Gráfico 1 é apresentada a dispersão entre os pares de dados de velocidade do ar, medidos pelo anemômetro da estação meteorológica e pelo sensor de referência, para diferentes velocidades de rotação do ventilador do túnel de vento. A equação de calibração ajustada foi de primeiro grau, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9908, coeficiente angular 1,2445 e intercepto nulo, indicando comportamento linear entre os dados obtidos pelo anemômetro da estação meteorológica em relação ao sensor de referência. O coeficiente angular 1,2445 representa o parâmetro de correção a da Eq. 1, significando que a influência de uma concha sobre a outra resulta em uma velocidade do ar medida 1,2445 vezes menor que a velocidade do ar real. Além disso, o R^2 de 0,9908 indica que os dados de velocidade média do ar foram 99,08% semelhantes aos dados de velocidade média do ar obtidos pelo sensor de referência.

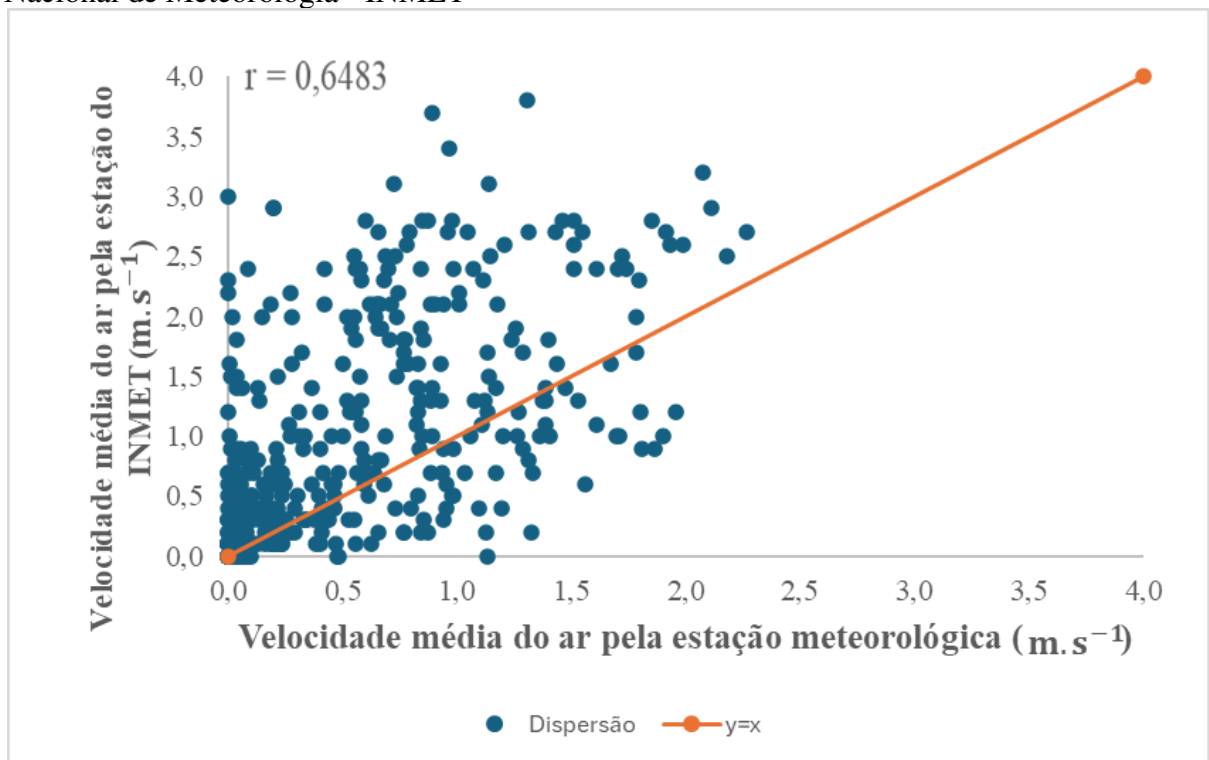
Gráfico 1 – Calibração do anemômetro tipo concha da estação meteorológica a partir do termo-anemômetro TARF-180



Fonte: Autores.

No Gráfico 2 é apresentada a validação do anemômetro da estação meteorológica, comparando-o com o anemômetro da estação meteorológica do INMET. A correlação de Pearson foi de 0,6483, sendo considerada uma correlação moderada positiva dos dados. Esse valor relativamente baixo é incidente de diversos fatores relacionados a posição de ambas as estações meteorológicas na superfície terrestre, como o relevo e a presença de obstáculos. Como a estação do INMET e a estação em validação estavam localizadas a 1377 metros de distância uma da outra, em altitudes e relevos diferentes e com presenças de espécies arbóreas no seu entorno, ocasiona nessa diferença significativa de sua linearidade entre os dados (ANDRADE; GALVANI & SOUZA, 2024). Além disso, percebe-se pelo Gráfico 2 que a nuvem de pontos presentes acima da reta $y=x$ indica que a velocidade média do ar da estação do INMET é maior que da estação meteorológica desenvolvida em um mesmo instante de tempo.

Gráfico 2 – Validação entre os dados de velocidade média do ar, obtidos pelo anemômetro da estação meteorológica em validação e pelo anemômetro da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET



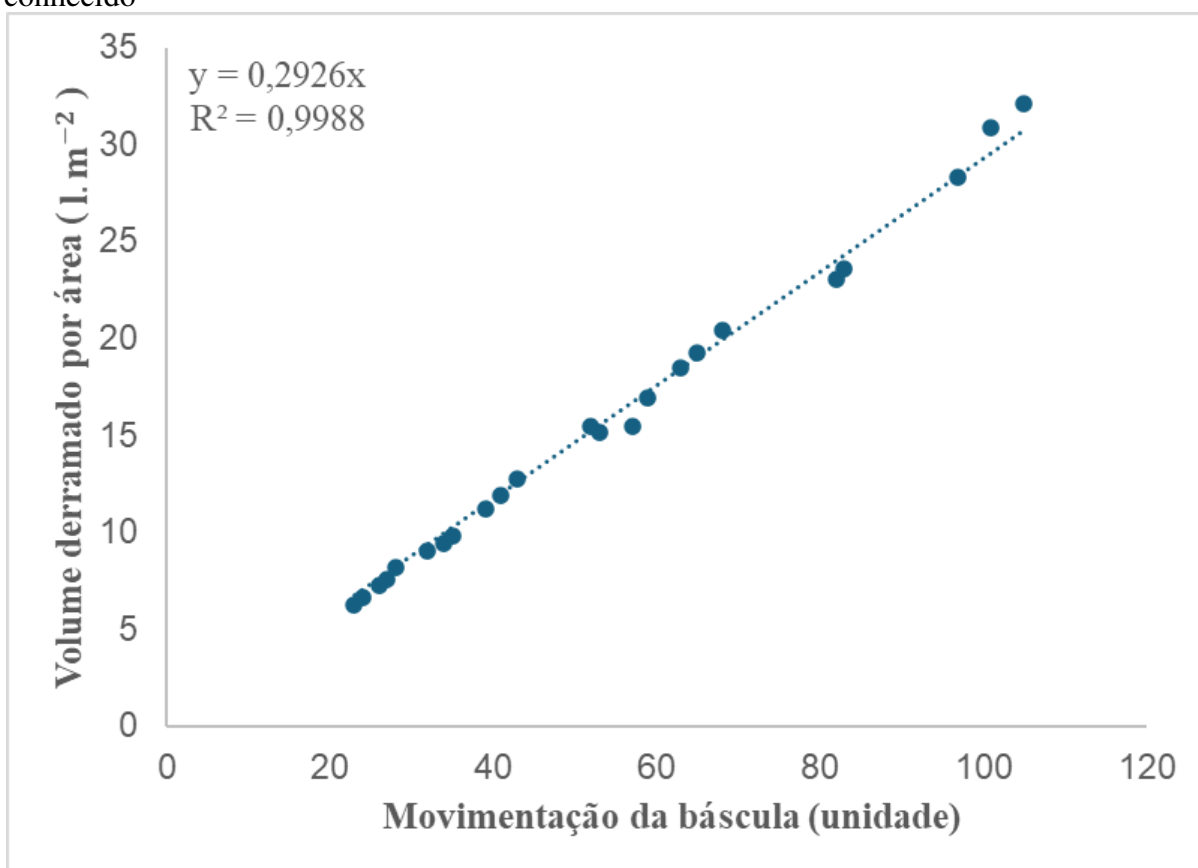
Fonte: Autores.

3.2 Pluviômetro tipo báscula

No Gráfico 3 é apresentada a dispersão entre os dados da quantidade de movimentação da báscula, medidos pelo pluviômetro da estação meteorológica, e os dados de volume derramado de água, para diferentes volumes conhecidos de água derramado. A equação de

calibração ajustada foi de primeiro grau, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9988, coeficiente angular de 0,2926 e intercepto nulo, indicando comportamento linear entre os dados obtidos pela movimentação da balança do pluviômetro da estação meteorológica em relação ao volume derramado conhecido de água. O coeficiente angular 0,2926 representa o parâmetro de correção p da Equação 2, significando que a influência do volume derramado de água em relação a movimentação da balança medido é 0,2926 vezes menor que a movimentação real da balança. Por outro lado, o fabricante indica que esse valor de p encontrado seja de 0,25 mm/balança (MERCADO LIVRE, 2025). Logo, o valor teórico esperado para p foi de 0,25 mm/balança, porém o real utilizado foi de 0,2926 mm/balança. Além disso, o R^2 de 0,9988 indica que a contagem da movimentação da balança se assemelhou a 99,88% do volume derramado conhecido de água por área.

Gráfico 3 – Calibração do pluviômetro tipo balança da estação meteorológica a partir da comparação dos dados de movimentação de balanças com o volume derramado de água conhecido

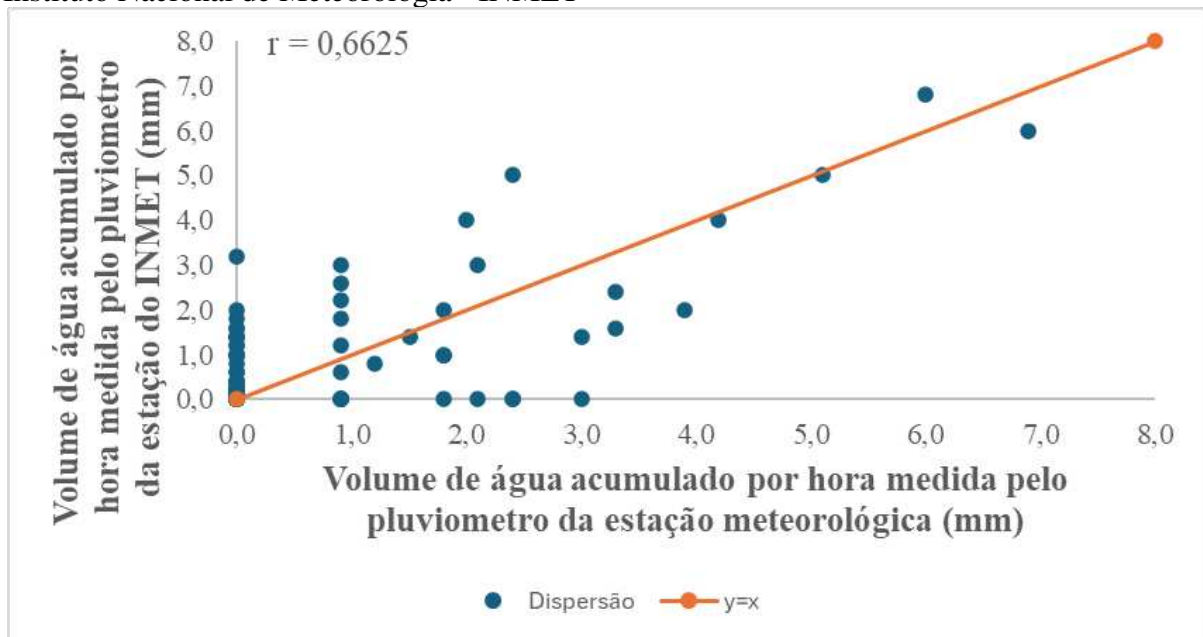


Fonte: Autores.

No Gráfico 4 é apresentada a validação do pluviômetro da estação meteorológica, comparando-o com o pluviômetro da estação meteorológica do INMET. A correlação de

Pearson foi de 0,6625, sendo considerada uma correlação moderada positiva dos dados. Assim como também observado por Araújo et al. (2024), a estação meteorológica estudada estava posicionada próximo a árvores de grande porte, assim como construções e morros, diferentemente da estação do INMET, que se localiza no topo de morro para reduzir estas possíveis interferências. Além disso, Nascimento et al. (2020) também relata que questões mecânicas podem induzir a erros na medição, pois operam de maneiras diferentes e com erros distintos em suas coletas. Isso acontece porque a movimentação da balsa é afetada principalmente por chuvas intensas, onde o movimento não acompanha o acúmulo de água coletado.

Gráfico 4 – Validação entre os dados de volume de água acumulado, obtidos pelo pluviômetro da estação meteorológica em validação e pelo pluviômetro da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

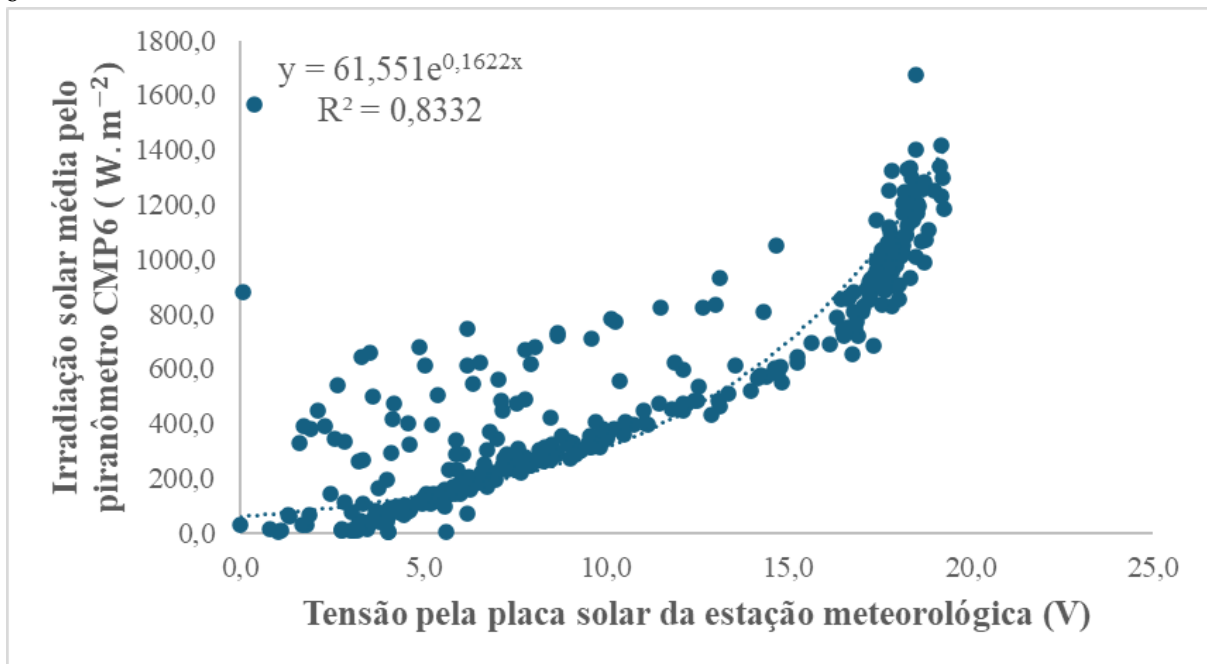


Fonte: Autores.

3.3 Piranômetro

No Gráfico 5 é apresentada a dispersão entre dados de tensão, medidos pela placa fotovoltaica da estação meteorológica, e dados de irradiação solar, medidos pelo sensor de referência, para diferentes valores de irradiação solar. A equação de calibração ajustada foi exponencial, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,8332, coeficiente a de 61,551 e coeficiente b de 0,1622, indicando comportamento exponencial entre os dados obtidos pelo piranômetro da estação meteorológica em relação ao sensor de referência.

Gráfico 5 – Calibração do piranômetro da estação meteorológica a partir do piranômetro CMP 6



Fonte: Autores.

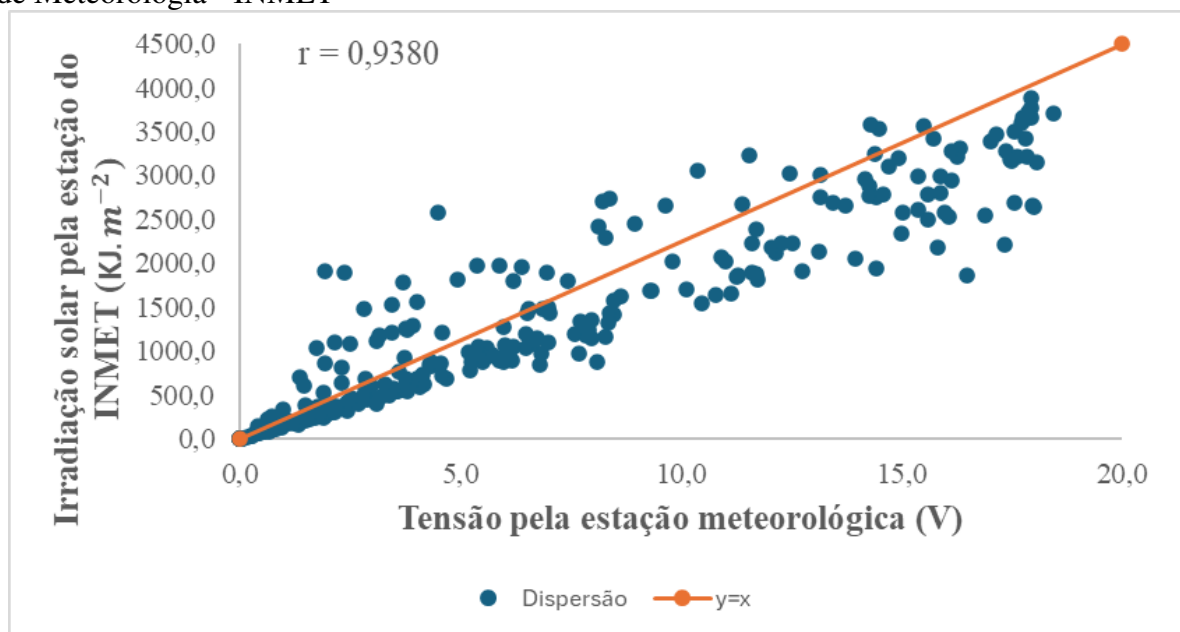
Com a equação obtida pelo Gráfico 5 é possível definir a Equação 5 que substitui a Equação 3 e correlaciona a tensão elétrica medida pela placa solar com a irradiação solar medido pelo sensor de referência. Além disso, o R^2 de 0,8332 indica que a tensão gerada pela placa solar da estação meteorológica se assemelhou a 83,32% dos valores de irradiação solar obtida pelo sensor de referência. Alguns fatores podem justificar esse valor obtido mesmo ambos estarem posicionados lado a lado, um deles pode ter sofrido de sombreamento parcial ou total da placa fotovoltaica ou do sensor de referência durante um determinado período de medições. Como exemplo, tem-se o sombreamento dos sensores em determinados períodos do dia que são provocados pela sombra de vegetação de grande porte no local. Outro fator, que pode ter influenciado na obtenção desse coeficiente é citado por Čimo & Novotná (2018). Nesse estudo, o autor comenta que o sensor CMP 6 não é equipado com uma compensação integrada de temperatura, podendo diminuir a precisão dos dados em 21% em comparação com o sensor CMP 11, em relação ao nível de exatidão estabelecido pelo fabricante do CMP 6.

$$rad = 61,551 \times e^{0,1622V} \quad (5)$$

Em que: rad é radiação solar total de referência (W/m^2) e V é a tensão amplificada gerada pelo piranômetro (V).

No Gráfico 6 é apresentada a validação do piranômetro da estação meteorológica, comparando-o com o piranômetro da estação meteorológica do INMET. A correlação de Pearson foi de 0,9380, sendo considerada uma correlação forte positiva dos dados. Esse valor significativamente alto indica que a tensão medida pela placa fotovoltaica medido pela estação meteorológica está relacionada positivamente com os dados de irradiação solar medido pela estação do INMET. Essa relação é observada por Lopes Pires et al. (2022), onde a geração de energia produzida por uma placa solar é linearmente proporcional a irradiação solar gerada que incide sobre aquele determinado local. Além disso, Lopes Pires et al. (2022) também chega à conclusão que a temperatura local pode afetar no desempenho da placa, reduzindo a sua eficiência. Fato esse que pode ter influenciado no r observado pelo Gráfico 6, assim como fatores locais do ambiente. Ambos os sensores estavam posicionados sob locais e condições distintos, sendo que os dados podem ser afetados pela influência do clima. Como exemplo dessas influências incluem a presença de nuvens, e também da vegetação local, provocando sombra sobre o local e podendo resultar nos pontos mais distantes da reta $y=x$.

Gráfico 6 – Validação entre os dados de irradiação solar, obtidos pelo piranômetro da estação meteorológica em validação e pelo piranômetro da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET



Fonte: Autores.

3.4 Termo-higrômetro

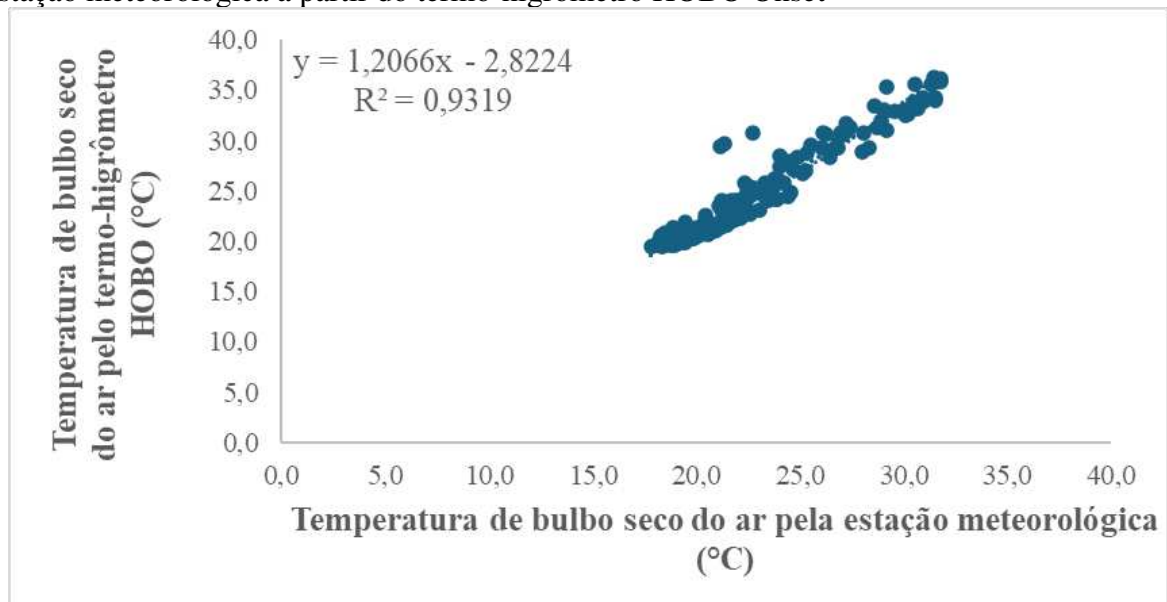
No Gráfico 7 é apresentada a dispersão entre os pares de dados de temperatura de bulbo seco do ar, medidos pelo termo-higrômetro da estação meteorológica e pelo sensor de referência, para diferentes temperaturas de bulbo seco do ar. A equação de calibração ajustada

foi de primeiro grau, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9319, coeficiente angular de 1,2066 e coeficiente linear de 2,8224, indicando comportamento linear entre os dados obtidos pelo termo-higrômetro da estação meteorológica em relação ao sensor de referência. O coeficiente angular de 1,2066 indica que a temperatura de bulbo seco do ar da estação meteorológica é 1,2066 vezes menor que a temperatura de bulbo seco do ar do sensor de referência. Já o coeficiente linear de 2,8224 indica que a temperatura de bulbo seco do ar da estação meteorológica possui uma diferença inicial de 2,8224 em comparação com a temperatura de bulbo seco do ar do sensor de referência. Além disso, o R^2 de 0,9319 indica que os dados de temperatura de bulbo seco do ar da estação meteorológica foram 93,19 % semelhantes aos dados de temperatura de bulbo seco do ar obtidos pelo sensor de referência, resultado semelhante ao observado por Araújo et al. (2024). Dessa forma obtém-se a Equação 6 que correlaciona os dados de temperatura de bulbo seco do ar medido e a real.

$$T_{real} = 1,2066 \times T_{med} - 2,8224 \quad (6)$$

Em que: T_{real} é a temperatura de bulbo seco do ar real ($^{\circ}\text{C}$) e a T_{med} é a temperatura de bulbo seco do ar medida ($^{\circ}\text{C}$).

Gráfico 7 – Calibração dos dados de temperatura de bulbo seco do ar do termo-higrômetro da estação meteorológica a partir do termo-higrômetro HOBO Onset

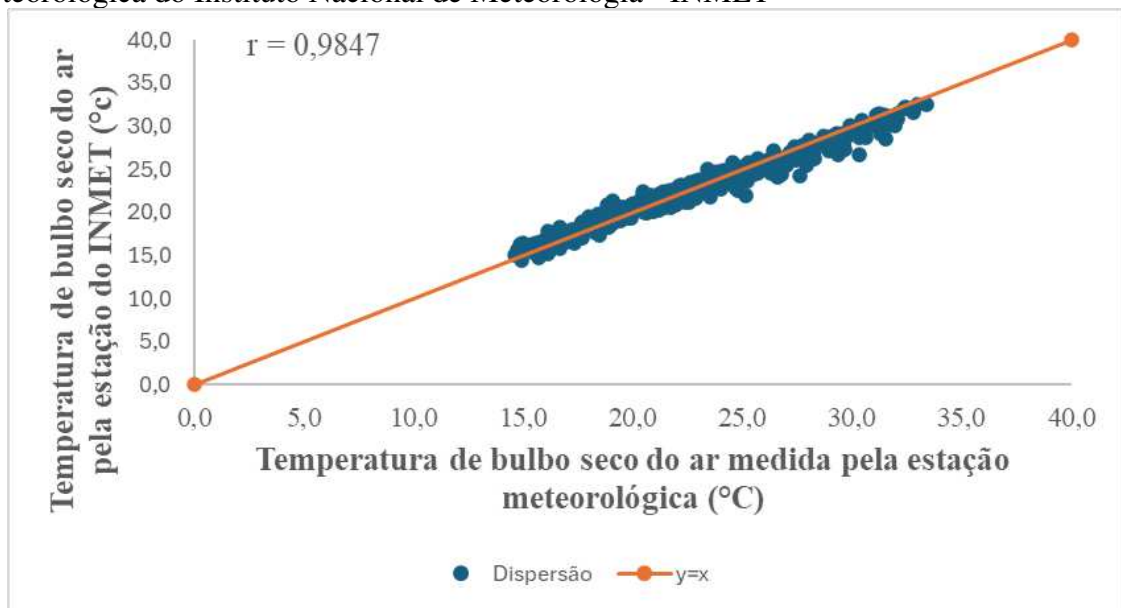


Fonte: Autores.

No Gráfico 8 é apresentada a validação dos dados de temperatura do bulbo seco do ar da estação meteorológica, comparando-o com os dados de temperatura do bulbo seco do ar da estação meteorológica do INMET. A correlação de Pearson foi de 0,9847, sendo considerada

uma correlação forte positiva dos dados. Esse valor significativamente alto indica que ocorreu uma relação positiva entre os dados de temperatura da estação meteorológica e a estação do INMET. Isso é percebido pelo Gráfico 8 em que a nuvem de dados se agrupa a um comportamento semelhante ao observado pela reta $y=x$.

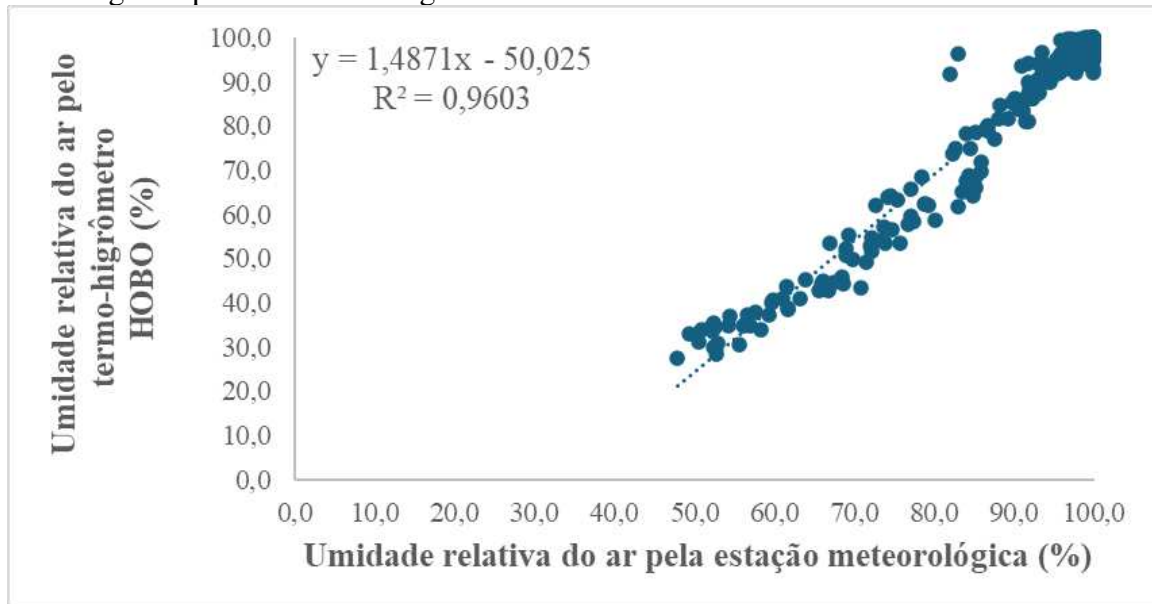
Gráfico 8 – Validação entre os dados de temperatura de bulbo seco do ar, obtidos pelo termo-higrômetro da estação meteorológica em validação e pelo termo-higrômetro da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET



Fonte: Autores.

No Gráfico 9 é apresentada a dispersão entre os dois pares de dados de umidade relativa do ar, medidos pelo termo-higrômetro da estação meteorológica e pelo sensor de referência, para diferentes umidades relativas do ar.

Gráfico 9 – Calibração dos dados de umidade relativa do ar do termo-higrômetro da estação meteorológica a partir do termo-higrômetro HOBO Onset



Fonte: Autores.

A equação de calibração ajustada foi de primeiro grau, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9603, coeficiente angular 1,4871 e coeficiente linear de 50,025, indicando comportamento linear entre os dados obtidos pelo termo-higrômetro da estação meteorológica em relação ao sensor de referência. O coeficiente angular de 1,4871 indica que a umidade relativa do ar da estação meteorológica é 1,4871 vezes menor que a temperatura de bulbo seco do ar do sensor de referência. Já o coeficiente linear de 50,025 indica que a temperatura de bulbo seco do ar da estação meteorológica possui uma diferença inicial de 50,025 em comparação com a temperatura de bulbo seco do ar do sensor de referência. Além disso, o R^2 de 0,9603 indica que os dados de umidade relativa do ar da estação meteorológica foram 96,03% semelhantes aos dados de umidade relativa do ar obtidos pelo sensor de referência, resultado semelhante ao observado por Araújo et al. (2024). Dessa forma obtém-se a Equação 7 que correlaciona os dados de umidade relativa do ar medida e a real.

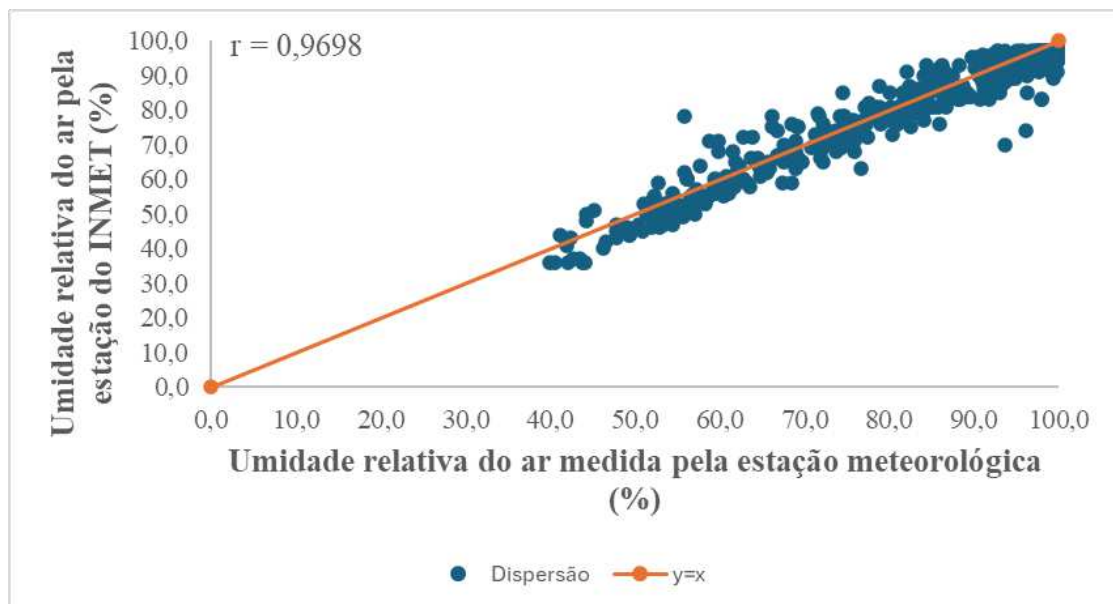
$$U_{real} = 1,4871 \times U_{med} - 50,025 \quad (7)$$

Em que, U_{real} é a umidade relativa do ar real (%) e U_{med} é a umidade relativa do ar medida (%).

No Gráfico 10 é apresentada a validação dos dados de umidade relativa do ar da estação meteorológica, comparando-o com os dados de temperatura do bulbo seco do ar da estação meteorológica do INMET. A correlação de Pearson foi de 0,9698, sendo considerada uma

correlação forte positiva dos dados. Esse valor significativamente alto indica que ocorreu uma relação positiva entre os dados de umidade relativa do ar da estação meteorológica e a estação do INMET. Isso é percebido pelo Gráfico 10 em que a nuvem de pontos se agrupa a um comportamento semelhante ao observado pela reta $y=x$, sendo que poucos pontos se localizam distantes dessa reta. Por isso, podemos deduzir que o sensor SHT 31 apresentou desempenho satisfatório nas medições realizadas durante o período de coleta dos dados.

Gráfico 10 – Validação entre os dados de umidade relativa do ar, obtidos pelo termo-higrômetro da estação meteorológica em validação e pelo termo-higrômetro da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET



Fonte: Autores.

4 CONCLUSÃO

De acordo com o exposto, conclui-se que a estação meteorológica apresentou bons resultados no processo de validação, indicando viabilidade de uso de dados meteorológicos. No estudo, obteve-se valores de R^2 de 0,9908; 0,9988; 0,8332; 0,9319 e 0,9603 e valores de r de 0,6483; 0,6625; 0,9380; 0,9847 e 0,9698 para os dados de velocidade média do ar, volume de água acumulado, irradiação solar, temperatura de bulbo seco do ar (tbs) e umidade relativa do ar, respectivamente. Fato esse que propõe que a metodologia aplicada foi bem empregada.

Os valores significativos de R^2 e r nas comparações feitas com os piranômetros analisados indicou a viabilidade da utilização a placa fotovoltaica como um aferidor de irradiação solar. Por isso, o uso do piranômetro de baixo custo reduziu significativamente o custo da estação meteorológica, tornando um produto mais acessível aos consumidores. Com isso, obteve-se um custo de R\$ 2.164,36 ou US\$ 353,65 para a confecção da estação meteorológica desenvolvida, valor que pode ser considerado até 7,4 vezes menor em comparação a uma estação comercial.

Portanto, propõe-se nesse estudo a replicação desse experimento em demais localidades para verificar a influência tanto de temperaturas elevadas quanto de chuvas intensas. Essa replicação busca verificar a verdadeira influência dessas relações climáticas sobre os sensores, garantindo assim a real eficácia do produto desenvolvido e verificando os locais adequados para a sua utilização.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO JÚNIOR, P. A. DE. **Uma proposta de estação meteorológica de baixo custo para coleta e tratamento de dados climatológicos**. Rio Grande do Norte: Caicó, Ago/2024. 34 f.
- AMAZON. Amazon, 2025. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/Davis-Instruments-6153-meteorol%C3%B3gica-ventilador/dp/B000WM3BG6>>. Acesso em: 07/01/2025.
- ANDRADE, A. C. DE; GALVANI, E.; SOUZA, P. H. DE. Performance de um sistema alternativo de monitoramento e coleta de dados meteorológicos. **E&S Engineering and Science**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 1–14, dez./2024.
- BOLONINI, T. M. et al. Utilização da progressão aritmética do coeficiente de correlação de pearson para previsão da descaracterização superficial de rochas ornamentais. **Geosciences = Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 751–763, dez./2019.
- ČIMO, J.; NOVOTNÁ, B. Global Solar Radiation Analysis of the Modified Savin-Angström Method by using Pyranometers CMP 6 and CMP 11. *Horticulturae et Regiotecturae*, 2018, Slovakia. **Acta [...]**. Slovakia: Nitra, 2018. v. 21, p. 20–24.
- CONSIGLIERI, L. M. **Confecção de uma estação meteorológica de baixo custo para fins educacionais**. São Paulo: São José dos Campos, 2023. 38 f.
- ESCOLA, J. P. L.; FREITAS, J. DA S. Sistema de monitoramento de temperatura para datacenter baseado em internet das coisas. **Revista Interface Tecnológica**, São Paulo: Barretos, v. 17, n. 1, p. 65–81, 2020.
- FAUVEL, J. M. P. **Evapotranspiração como apoio à eficiência do uso da água na agropecuária**. São Paulo: Ilha solteira, 2023. 50 f.
- GOMES, G. C. et al. Sistema de baixo custo para o monitoramento climático e de geração de mini e microgeração fotovoltaica. Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2020, Ceará. **Anais [...]**. Ceará: Fortaleza, 2020.
- INMET. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/#>>. Acesso em: 21/12/2024.
- JÚNIOR, P. A. **Uma proposta de estação meteorológica de baixo custo para coleta e tratamento de dados climatológicos**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte: Caicó, 2024, 30p.
- LOPES PIRES, D. et al. Influência de parâmetros meteorológicos na geração de energia em painéis fotovoltaicos. **Editora Científica Digital**, v.3, 2022, 12p.
- MERCADO LIVRE. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1755719286-kit-estaco-meteorologica-anemmetro-pluvimetro-p-arduino-_JM#position%3D24%26search_layout%3Dgrid%26type%3Ditem%26tracking_id%3D6c633c63-7bd2-4800-a893-abcda31cdeca>. Acesso em: 07/01/2025.

NASCIMENTO, D. A. DO et al. Estudo da consistência dos dados de um pluviógrafo de báscula e um pluviômetro convencional na amazônia central. **Brazilian Journal of Development**, Paraná: Curitiba, v. 6, n. 2, p. 6060–6071, fev/ 2020.

NUNES, L. P.; PESSOA FILHO, F.N.; ANDRADE JUNIOR, A. S. DE; BASTOS, E. A. Aferição de dados agrometeorológicos obtidos por estação Arduino. **Congresso brasileiro de agrometeorologia**, Rio Grande do Norte: Natal, 22., p. 1936-1939, 2023.

PACASSA, F.; ZANIN, A.; VILANI, L.; DE LIMA, J. D. **Análise de viabilidade econômica da implantação da robotização da ordenha em uma propriedade rural familiar**. Congresso brasileiro de custos, 2020, [S. l.]. *Anais do [...]*. [S. l.], 2020. 16 f.

SILVA, A. E. L. DA; SOUSA, R. DE C. P. DE. Desenvolvimento de uma estação meteorológica em software e hardware aberto. **Journal of media critiques**, [S. l.], v. 10, n. 26, p. e64, 2024. DOI: 10.17349/jmcv10n26-006.

SILVA, W. DE V. R. DA; SILVA-MANN, R. Precision agriculture in brazil: current situation, challenges and perspectives. **Research, society and development**, [S. l.], v. 9, n. 11, p. e1979119603, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.9603.

SOUZA, N. T. DE. **Estação meteorológica utilizando azure cloud e raspberry pi**. Minas Gerais: Patos de Minas, 2019. 74 f.