

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO: Resultados e desafios

Categoria: Pesquisa

Trabalho: Trabalho em Andamento

Nível: Graduação

Rafael Luiz C. Santos Pereira¹, Cauã da Costa Silva², Rafael de Moura Speroni³,
Angelo Augusto Frozza⁴, Joice Seleme Mota⁵

RESUMO

Este trabalho apresenta a evolução de um protótipo de estação meteorológica de baixo custo desenvolvido para funcionar de forma contínua em ambientes externos. O estudo partiu de uma versão inicial e focou em aprimorar o protótipo melhorando a parte física e eletrônica. Comparações com estações meteorológicas comerciais revelaram inconsistências no sensor de chuva, o que impulsionou um redesenho da arquitetura do protótipo. A nova versão incorpora um sistema de energia solar que assegura autonomia ininterrupta, sensores mais precisos capazes de medir pressão atmosférica, temperatura, umidade, precipitação, velocidade e direção do vento e um novo código fonte. Os resultados preliminares demonstram avanços significativos comparados ao modelo anterior, com melhorias notáveis na precisão e robustez, o que garante maior confiabilidade nos dados coletados. Como perspectivas futuras busca-se aprimorar a comunicação entre os dispositivos por meio da implementação da tecnologia LoRa, visando maior eficiência e alcance. Adicionalmente, a otimização do design a tornará mais acessível para diversas aplicações no monitoramento climático.

Palavras-chave: estação meteorológica; (IoT); clima; LoRa;

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do Atlas Digital de Desastres no Brasil (Brasil, 2025) em 2024 a região sul do Brasil sofreu com eventos classificados como de origem hidrológica (inundações, alagamentos, enchentes, deslizamentos) que deixaram 189 mortos e 805.270 pessoas desabrigadas ou desalojadas. Segundo o Conselho Permanente de Agrometeorologia Aplicada do Estado do Rio Grande do Sul (COPAAERGS, 2024), no período de 27 de abril a 2 de maio (6 dias), em muitas cidades do Rio Grande do Sul, a precipitação registrada foi entre 300 e 400 mm e, em outras, os valores atingiram 500 a 700 mm, o que corresponde a um terço da média histórica de precipitação anual.

A utilização de estações meteorológicas de baixo custo baseadas em conceitos da Internet das Coisas (IoT) surge como alternativa viável para ampliar o

¹ Estudante do curso Bacharelado em Sistemas de informação, IFC Camboriú, rafaelluizcc@gmail.com

² Estudante do curso Bacharelado em Sistemas de informação, IFC Camboriú, caua.silva.ifc@gmail.com

³ Professor orientador, IFC Camboriú, rafael.speroni@ifc.edu.br

⁴ Professor colaborador, IFC Camboriú, angelo.frozza@ifc.edu.br

⁵ Professor colaborador, IFC Camboriú, joice.mota@ifc.edu.br

alcance do monitoramento, além de ser uma solução que pode ter impacto em outras áreas. Para Freitas (2025, p. 15), 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.

A Internet das Coisas (IoT) é um conceito em evolução, segundo Bruno P. Santos et al. (2016) a Internet das Coisas, em poucas palavras, nada mais é que uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia com capacidade computacional e de comunicação se conectarem à Internet. Segundo Mouha (2021) a IoT continua a amadurecer, sendo um dos conceitos mais novos e populares no mundo da tecnologia da informação. Esse conceito aplicado à meteorologia possibilita o desenvolvimento de sistemas distribuídos e interconectados que coletam, processam e transmitem dados ambientais em tempo real, fornecendo informações essenciais para ações de resposta rápida e planejamento preventivo em casos de desastres.

Em ambientes urbanos e industriais o monitoramento ambiental é crucial para a gestão de recursos e a proteção da saúde pública. Como destacam Gonçalves, Freitas e Jesus (2024), estações meteorológicas de baixo custo integradas a sistemas IoT permitem a coleta de dados meteorológicos, contribuindo para a avaliação de riscos e o planejamento urbano sustentável. A viabilidade dessas soluções acessíveis é fundamental para o monitoramento em larga escala, especialmente em áreas onde equipamentos de alto custo são inviáveis.

No trabalho anterior, intitulado “Desenvolvimento de uma Estação Meteorológica de Baixo Custo – Fase II” (PEREIRA et al., 2024), foi discutido o início do desenvolvimento, falando a respeito do processo de design dos componentes e requisitos que a estação deveria ter. Neste trabalho apresentamos uma evolução do protótipo de estação meteorológica, corrigindo problemas de hardware e software. Este modelo visa oferecer uma estação meteorológica de baixo custo, compacta e com funcionalidades semelhantes às das estações meteorológicas comerciais, proporcionando uma solução prática, acessível e replicável para o monitoramento climático.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento do trabalho está sendo realizada a pesquisa bibliográfica, segundo a qual se faz a revisão da literatura relacionada à temática. Nesta abordagem, a resolução de um problema é buscada por meio da análise dos referenciais teóricos e suas contribuições (BOCCATO, 2006).

A pesquisa se caracteriza como Tecnológica (FREITAS JÚNIOR et. al, 2014), uma vez que o conhecimento tecnológico é responsável pelo desenvolvimento de teorias de aplicação extremamente restritas, com vistas à solução de problemas pontuais e na maioria das vezes isolados, mais voltados à inovação tecnológica. Para Cupani (2006), o conhecimento tecnológico, estando dirigido a uma tarefa específica, tem como resultado tipos de soluções para determinadas aplicações.

A revisão de literatura ocorre em paralelo às demais etapas do projeto em função da necessidade de compreender conceitos e identificar técnicas específicas a serem utilizadas. Este trabalho tem como base trabalho de (PEREIRA et al., 2024), que serviu de ponto de partida para os aprimoramentos aqui descritos.

Nessa etapa tivemos como objetivo desenvolver e testar o protótipo da estação meteorológica, que operou em ambientes externos realizando a coleta e envio dos dados. Para o armazenamento e visualização dos dados foi utilizado o

servidor de IoT Thingsboard (2024) disponível na infraestrutura do IFMaker do IFC-Camboriú. Esse servidor conta com uma Interface de Programação de Aplicação (API) Restful, para a qual os dados são enviados pela estação por meio de requisições HTTP.

Visando a identificação das necessidades de melhorias na estação projetada, as medidas coletadas pelo protótipo foram comparadas com as medidas obtidas pela estação meteorológica do Curso Técnico em Defesa Civil do IFC-Camboriú⁶, que trata-se de um modelo comercial. A partir desta comparação, embora tenha havido grandes avanços, identificou-se uma inconsistência nos cálculos do pluviômetro, sensor esse que já está passando por melhorias.

A principal mudança foi a alteração de componentes estruturais da estação. Assim, foi desenvolvido um novo chassis principal, mais compacto e que permite a fixação em uma haste. Além disso, os sensores que medem a velocidade e direção do vento foram redesenhadados com o objetivo de aumentar a sensibilidade, facilitar a produção e impedir a entrada de água nesses sensores. Também foram feitos os desenhos técnicos e a modelagem 3D dos componentes, bem como a fabricação dos componentes usando impressoras 3D, a montagem e os testes dos componentes.

Para aumentar a autonomia da estação implementou-se um sistema de geração de energia solar e baterias recarregáveis. Além disso, foi incorporado o monitoramento do nível de carga da bateria, cujos dados são transmitidos ao dashboard, permitindo o acompanhamento em tempo real do nível de carga do equipamento.

A próxima seção descreve em mais detalhes os componentes da estação, além de apresentar alguns dos artefatos gerados no processo de desenvolvimento do protótipo, apresentando os componentes e os dados acumulados durante o período.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

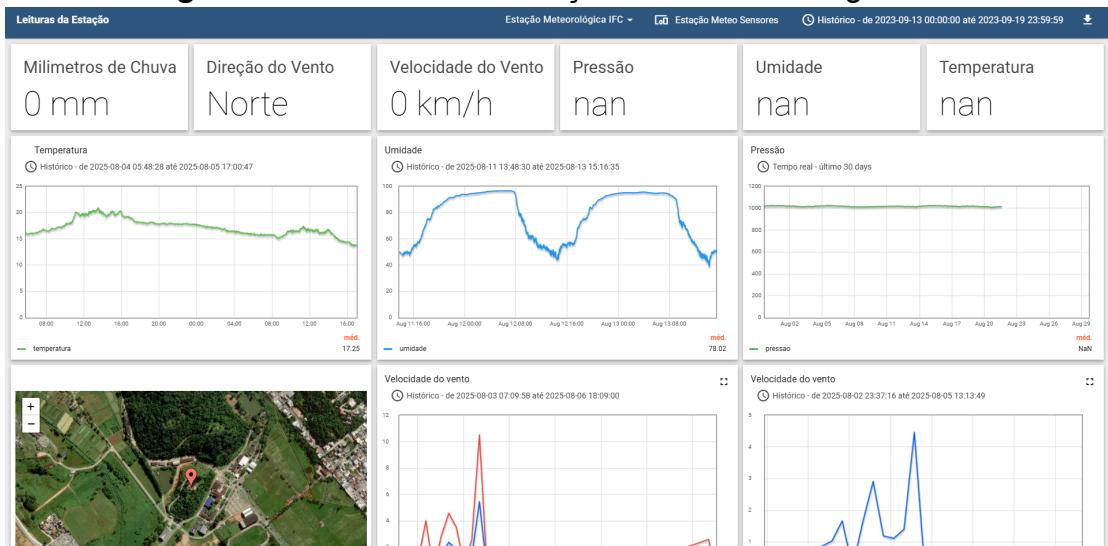
O protótipo apresentado nesta fase do projeto é resultado da evolução direta da Fase 2 (PEREIRA et al., 2024). Enquanto a versão anterior tinha como principal objetivo a demonstração dos componentes com montagem provisória, o novo modelo foi projetado para ser uma solução mais robusta e autônoma. Seu núcleo, impresso em 3D, foi desenvolvido para acomodar a placa principal, baterias, pluviômetro e suporte dos sensores, além de proteger os componentes internos contra intempéries como ventos, chuvas e variações de temperatura. Ao longo do desenvolvimento foram aplicadas melhorias no design mecânico, nos sensores e no código fonte⁷, garantindo facilidade de manutenção, maior precisão e redução no consumo de energia.

Inserida no conceito de Internet das Coisas (IoT), a estação integra sensores e conectividade em um único dispositivo, possibilitando a coleta e envio de dados ambientais. Essa abordagem busca permitir que o sistema funcione de maneira distribuída e autônoma, comunicando-se com a plataforma *Thingsboard* que fornece um painel apresentando os dados obtidos.

⁶ Painel da Estação Meteorológica do TDC:
<https://ambientweather.net/dashboard/60a4f7e92df2960cb08d2a92a3607a94>

⁷ Código fonte: <https://github.com/RafaelLuizC/estacao-ifc>

Figura 1 - Painel de visualização dos dados Thingsboard.



Fonte: Elaborado pelos autores

Para garantir a autonomia energética foi incorporado um sistema de geração de energia solar, o que permite que a estação funcione em locais externos sem energia elétrica, necessitando apenas de uma rede Wi-Fi para transmissão de dados. Contudo, os testes têm demonstrado a necessidade de melhorias, como a redução no consumo de energia da estação e a implementação de outro protocolo de comunicação, como a tecnologia LoRa, que permite a comunicação entre dispositivos a longas distâncias.

Figura 2 - Estação Meteorológica: Protótipo da Fase 1 do projeto.



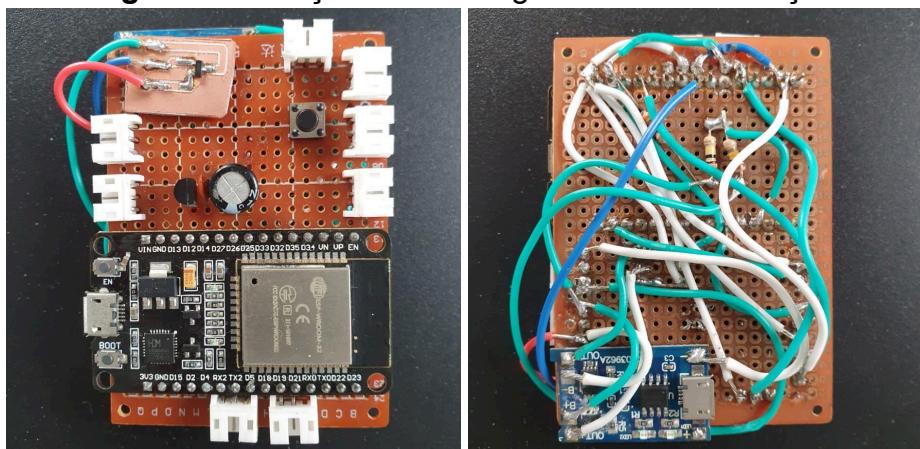
Fonte: Elaborado pelos autores.

O “cérebro” da estação é um microcontrolador modelo ESP32, um componente que tem como características a conectividade, o baixo consumo energético e a capacidade de processamento. O Wi-Fi integrado é utilizado tanto para o envio de dados ao servidor, quanto para a configuração da estação via modo Access-Point (AP), onde o usuário conecta-se à rede criada pela estação e por meio de uma página web é possível configurar aspectos como a rede.

Nessa versão foi implementado um sistema de sono inteligente: quando não

há chuva ela opera em modo de economia de energia, despertando apenas em intervalos definidos para envio de dados. Ao detectar chuva entra em modo “alerta”, o que permite a contagem precisa dos pulsos gerados pelo pluviômetro. Abaixo é apresentada a nova placa projetada para integrar o ESP32, incluindo o circuito de carga e os conectores dos sensores. Além disso, a placa possui um botão responsável por calibrar a direção do vento e um mosfet AO3400 responsável pela métrica de carga da bateria.

Figura 3 - Estação Meteorológica: Placa da Estação

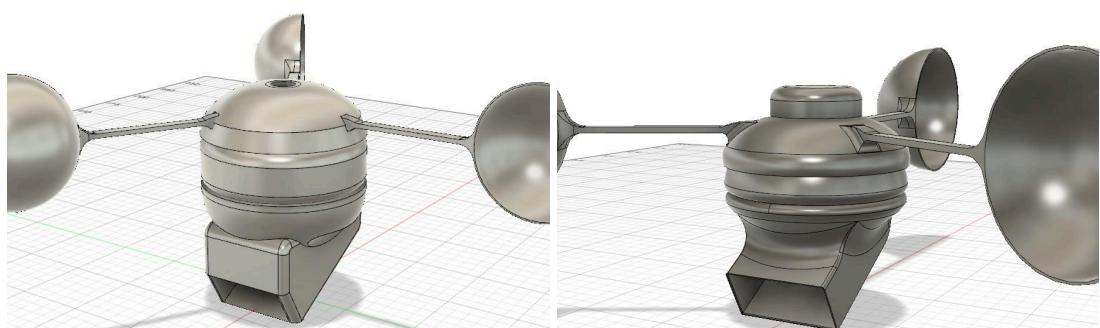


Fonte: Elaborado pelos autores

A estação transmite as seguintes métricas: pressão atmosférica, temperatura, umidade, precipitação, velocidade do vento e direção do vento. Entre as melhorias em relação à versão anterior destaca-se a substituição do sistema de *reed switches* para medição da direção do vento pelo sensor magnético AS5600, que fornece dados mais precisos e estáveis. O sensor de temperatura e umidade também foi atualizado, passando do DHT11 para o BME280, que oferece maior precisão e inclui a medição da pressão atmosférica, métrica sugerida pela Defesa Civil pois pode ajudar a prever fenômenos meteorológicos como microexplosões atmosféricas.

A parte física dos sensores de direção e velocidade do vento também foi redesenhada. O novo projeto 3D impede a entrada de líquidos no *hardware*, mesmo em períodos chuvosos intensos, garantindo a confiabilidade das medições. A seguir, serão apresentados dois registros do processo de modelagem 3D, demonstrando a evolução do protótipo.

Figura 4 - Estação Meteorológica: Protótipo da Fase 1 do projeto



Fonte: Elaborado pelos autores

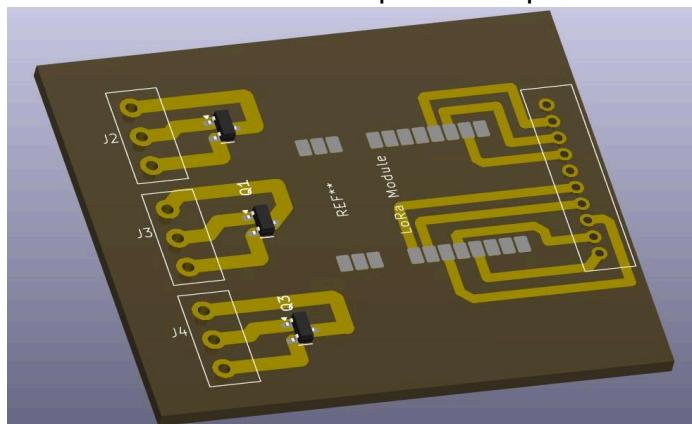
A primeira imagem mostra a segunda versão do sensor de velocidade do vento, enquanto a segunda imagem apresenta o modelo redesenhado. A nova versão conta com a parte superior rosqueável e foi pensada para oferecer maior proteção contra a entrada de água durante chuvas intensas. Além disso, o tamanho e o número de partes do sensor foram reduzidos: enquanto a segunda versão tem 8 partes, o novo desenho contém apenas 5, o que diminui o peso e o tempo de impressão. Esse redesenho aproxima mais o protótipo do objetivo do projeto: desenvolver uma estação com baixo custo e replicável.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vigilância meteorológica desempenha papel essencial fornecendo dados que apoiam a tomada de decisão. Nesse contexto, soluções acessíveis de monitoramento climático tornam-se necessárias. Este trabalho apresentou a terceira fase do desenvolvimento de uma estação meteorológica de baixo custo. A proposta busca unir acessibilidade e confiabilidade, explorando a tecnologia IoT, utilizando componentes de baixo custo e impressão 3D.

O projeto conta com um protótipo funcional e em constante melhoria. Entre os principais avanços recentes destaca-se o início da produção de placas PCB personalizadas que substituem as conexões prototipadas e aumentam a confiabilidade do sistema eletrônico. Também foram realizados aprimoramentos no design estrutural e na calibração dos sensores.

Figura 5 - Placa PCB desenvolvida para o Chip LoRa SX1278



Fonte: Elaborado pelos autores

As próximas etapas previstas para o projeto compreendem a implementação de um sistema de transmissão de dados baseado em LoRa, tecnologia que amplia significativamente o alcance da comunicação sem fio e reduz o consumo energético. Além disso, ajustes futuros incluem o refinamento do pluviômetro, melhorias no anemômetro e a otimização do design 3D, visando reduzir o tempo de impressão e o custo do filamento, sem comprometer a resistência estrutural.

Este trabalho está inserido no contexto do projeto “Plataforma georreferenciada VigiAA - Vigilância do Aedes Aegypti”, o qual possui apoio do Edital FAPESC 37/2024.

5. REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Brasília: MIDR, 2025.

CONSELHO PERMANENTE DE AGROMETEOROLOGIA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – COPAAERGS. **Boletim de Informações** nº 69, maio, 2024. Boletim Extraordinário: Catástrofe climática no Rio Grande do Sul – maio de 2024. Porto Alegre, RS, 23 maio 2024. 12 p. Documento técnico.

FREITAS, Emerson Carlos de; COELHO, André Luiz de Freitas. Desenvolvimento de estação meteorológica de baixo custo. 2025.

SANTOS, Bruno P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. **Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, v. 31, p. 16, 2016.

AIT MOUHA, Radouan Ait Radouan et al. Internet of things (IoT). **Journal of Data Analysis and Information Processing**, v. 9, n. 02, p. 77, 2021.

GONÇALVES, Caio Philipe Nascimento et al. Estação meteorológica de baixo custo para monitoramento do microclima na lavoura de cacau. In: **Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE)**. SBC, 2024. p. 74-83.

PEREIRA, Rafael Luiz et al. DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO-FASE II. **Anais da Feira de Iniciação Científica e Extensão (FICE) Campus Camboriú**, 2024.

BOCCATO, Vera Regina Casari. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo, São Paulo**, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.

FREITAS JUNIOR, Vanderlei. et al. A pesquisa científica e tecnológica. **Revista Espacios**, v. 35, n. 9, 2014. Disponível em:
<https://www.revistaespacios.com/a14v35n09/14350913.html>. Acesso em: 25 ago. 2023.

CUPANI, Alberto. La peculiaridad del conocimiento tecnológico. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 353-371, 2006. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/ss/v4n3/a01v4n3.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2012.

THINGSBOARD. **ThingsBoard - Open Source IoT Platform**. [S. I.], c2024. Página inicial. Disponível em: <https://thingsboard.io>. Acesso em: 27 ago. 2024.