

SISTEMA IOT PARA MONITORAMENTO DE CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS EM VASO CULTIVADOS COM PLANTAS ORNAMENTAIS.

Danielli dos Santos Borges¹
Ricardo Alexandre Ferreira¹
João Ricardo Favan²
Eloíza Martins Primo Capeloci²

RESUMO

Mediante ao crescente distanciamento humano da natureza, percebe-se cada vez mais uma necessidade de reconexão. Porém, nesta tentativa, muitos podem se deparar com certas dificuldades no momento do cultivo e fornecer suplementação para manter uma planta ornamental saudável. Diante disso, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um vaso de planta com irrigação automatizada, utilizando sensores de temperatura e umidade para monitorar, em tempo real, contendo fatores presentes no ambiente limitantes a produção como: umidade relativa, radiação solar, temperatura e as necessidades hídricas da cultura. Utilizando a tecnologia *IoT* (*Internet of Things*), busca-se aprimorar o cuidado com plantas ornamentais, proporcionando um manejo mais eficiente e sustentável. O objetivo é automatizar o processo de irrigação, diminuindo desperdício do uso da água e garantindo o bem-estar da planta escolhida para o estudo, a planta Jade (*Crassula ovata*). O desenvolvimento envolveu a análise das exigências hídricas e limites de tolerância da espécie, validando esses fatores com os dados coletados pelos sensores ao longo do tempo. Esses sensores, monitorados de forma contínua, identificam níveis considerados irregulares para umidade no solo, acionando automaticamente a irrigação. Para melhor identificação do estado da planta, foi implementado um *display* com informações sobre as condições da planta, facilitando o acompanhamento do seu desenvolvimento de maneira simples e intuitiva. Os resultados indicaram uma melhora considerável na eficiência da irrigação, criando um ambiente mais adequado ao crescimento saudável da planta. Por fim, conclui-se que a integração entre sensores, automação e monitoramento representa um avanço relevante no cuidado sustentável de plantas ornamentais, oferecendo um modelo versátil e simplificado.

Palavras-chave: Tecnologia. *Internet* das Coisas. Automação. Cultivo. Plantas Ornamentais.

INTRODUÇÃO

O ser humano é intrinsecamente ligado à existência de uma natureza rica, complexa e equilibrada ao seu redor. Mesmo vivendo em ambientes urbanos, como casas e prédios de apartamentos, os ecossistemas naturais continuam a moldar o seu entorno, mesmo que em escala reduzida. A perspectiva de perder esses ecossistemas

¹: Discentes em Big Data no Agronegócio na FATEC Pompeia, Pompeia-SP,

²: Docentes do curso Big Data no Agronegócio, FATEC Pompeia, Pompeia-SP

equivale, segundo Branco (1997), à ameaça de morte para o próprio planeta. Apesar do fenômeno da globalização e do afastamento progressivo do homem em relação ao campo, evidenciado pelo êxodo rural, persiste a busca por uma conexão com a natureza. O cultivo de plantas em ambientes domésticos e residenciais representa uma manifestação tangível desse anseio.

As plantas ornamentais fornecem bem-estar ao ambiente onde estão localizadas. O cultivo de plantas dentro e fora de edifícios também desempenha um papel significativo no âmbito psicológico, podendo proporcionar benefícios às pessoas que frequentam o local. Como apontado por Han, Ruan e Liao (2022), o contato com a natureza demonstra inúmeros benefícios ao ser humano.

O convívio com plantas, mesmo que de modo breve, alivia o sentimento de opressão associado às grandes edificações urbanas e serve como um alívio diante de tantos estímulos psicologicamente prejudiciais se praticados de forma prolongada, como a 'hiper produtividade' (Loboda; Angelis, 2005). Essas contribuições se estendem à formação e ao aprimoramento do senso estético, entre outros benefícios. No entanto, para que a arborização urbana cumpra plenamente o seu papel, é necessário um aprimoramento por meio de um planejamento mais eficaz, conforme apontado por Loboda e Angelis (2005).

A tecnologia emerge como uma aliada para um planejamento no cultivo ornamental urbano mais eficiente, destacando-se na otimização do cultivo de plantas exóticas, ornamentais e alimentares. Sua capacidade de aprimorar o cultivo urbano sustentável é evidenciada pelo uso de equipamentos e ferramentas tecnológicas, que promovem o uso racional de recursos, monitoramento em tempo real, automação de tarefas e fomento à biodiversidade. Além de transformar o cenário da agricultura urbana, essa abordagem tecnológica redefine nossa relação com o meio ambiente, incentivando práticas conscientes e adaptáveis, tornando o desenvolvimento do cultivo no meio urbano uma experiência envolvente e divertida (Gonçalves *et al.*, 2023).

Neste contexto, a *Internet das Coisas (IoT)* surgiu como uma facilitadora do avanço tecnológico difundido ao cotidiano. Ainda contendo atualizações em seu desenvolvimento e entendimento completo, o termo pode abranger muitos significados, porém, de forma básica, se refere na integração de tecnologias com diferentes capacidades como detecção, conectividade, armazenamento, computação e outras (Čolaković; Hadžialić, 2018) a processos existentes, com o intuito de facilitar, automatizar, monitorar ou otimizar.

O estudo realizado por Grehs (2016) demonstra a facilidade de implementar um

molhamento controlado em ambiente doméstico. A utilização de sensores próprios para umidade do solo foi necessária para que o autor desse experimento pudesse fazer o controle de forma efetiva, liberando então a água de forma automatizada. Além disso, foram implementados sensores que pudessem fazer o envio de informações para a nuvem, facilitando também o armazenamento de todos os dados gerados.

Sendo um dos principais desafios da agricultura, a ineficiência quanto a utilização de recursos como fertilizantes, água e pesticidas, demonstra ainda mais a necessidade de implementação do *IoT* nesta área (Patil, 2023). Ao buscar a integração dos sensores *IoT* e sistemas de irrigação automatizada ao cultivo de plantas ornamentais, visamos não apenas simplificar o processo de cuidado, proporcionando uma experiência inovadora e sustentável para os entusiastas da jardinagem, mas também manter o balanço hídrico de acordo com as necessidades da *Crassula ovata*, evitando estresses por escassez ou excesso de água, pois uma boa distribuição de água influencia diretamente na capacidade de absorção de nutrientes e na fotossíntese, tendo consequências diretas à saúde da planta (Jin *et al.*, 2024).

A implementação de componentes tecnológicos e sistemas guiados por dados em tempo real voltados ao teor de água disponível no solo, permite a automação parcial do manejo hídrico, reduzindo a necessidade de intervenção humana. Ao ajustar a quantidade de água disponibilizada no solo com base em demandas específicas, esses sistemas buscam manter condições adequadas para a espécie, evitando estresses hídricos e suas consequências negativas ao metabolismo vegetal (Gonçalves *et al.*, 2023). Neste método, sensores foram mantidos em monitoramento constante do índice de umidade do solo, permitindo ajustes instantâneos para buscar um ambiente em circunstâncias hídricas adequadas para a sobrevivência da planta. Essa abordagem tecnológica não apenas revoluciona a maneira como se cultivam plantas nas áreas urbanas, mas também redefine a forma como esta atividade pode ser encarada pelos usuários adeptos ao sistema, promovendo uma atividade para alívio de tensões e emoções negativas, cognitivamente prejudiciais.

A *Crassula ovata*, conhecida como planta Jade, destacada por Miller (1768) por suas folhas suculentas e de um verde brilhante, foi escolhida para este estudo devido à sua alta resistência e baixa exigência hídrica. Por uma técnica utilizada pelo organismo da *Crassulaceae*, que minimiza a perda de água durante a noite, se adaptando a ambientes áridos.

O intuito geral dessa pesquisa é realizar um estudo sobre as necessidades e parâmetros de sobrevivência da planta Jade (*Crassula ovata*), como consumo diário

de água, com o objetivo de desenvolver o protótipo de um vaso de planta com irrigação automatizada e monitoramento de umidade do solo, temperatura do ar e umidade do ar com visualização de dados em tempo real para o favorecimento ao crescimento saudável da planta, utilizando os dados coletados durante o experimento para garantir condições de umidade do solo suficientes para a conservação da vitalidade da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com a definição trazida por Gil (2002), esta pesquisa possui caráter exploratório, dado seu objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema e explicativo, por se tratar de uma pesquisa experimental, com a preocupação central de identificar os fatores determinantes à necessidade hídrica da *Crassula ovata*.

O vaso simples, escolhido de forma padrão à todas as amostras, é utilizado como base para o cultivo da planta, para proporcionar um ambiente estável e adequado para o desenvolvimento do solo e das raízes.

A *Crassula ovata* foi escolhida para este estudo, por possivelmente se adaptar bem às condições do experimento, podendo tornar-se uma opção ideal para monitoramento em sistemas automatizados.

O recipiente de armazenamento de água desempenharia um papel essencial no sistema de auto irrigação, funcionando como um reservatório que assegura o fornecimento contínuo e controlado de água para a planta, desde que ele seja mantido abastecido.

Para monitoramento das condições referentes à umidade do solo, foi utilizado um sensor capacitivo de umidade de solo, nomeado de tal forma por utilizar como parâmetro o método da capacitância elétrica (Matheus, 2016). Este sensor detecta com precisão os níveis de umidade no substrato, avaliando variações na capacidade elétrica do solo.

O sensor DHT11 cumpre o papel de coletor de dados externos, apresentando valores de detecção de umidade e temperatura do ambiente, garantindo precisão, alta confiabilidade e estabilidade de longo prazo (Srivastava; Kesarwani; Dubey, 2018). Informações estas, bastante importantes para a compreensão das condições climáticas que podem influenciar o estado da planta.

O relé 5V opera como interruptor, para controle da bomba d'água e ao receber os sinais do sistema, o relé faz a ativação de um interruptor interno, permitindo que o

circuito seja ligado. Caso haja certo desbalanceamento entre a tensão necessária e a distribuída pelo circuito, o componente também fornece uma camada de segurança e isolamento (Oliveira, *et al.*, 2023) garantindo segurança e precisão, fundamentais para a operação do sistema.

O LED funciona como indicador visual, escolhido na cor vermelha para sinalização de estados operacionais, como a ativação da irrigação ou falhas no circuito, proporcionando um *feedback* claro e intuitivo para o usuário.

A transferência de água do reservatório para o substrato é realizada por uma minibomba submersível. Com tensão de 5V e vazão de 1,5L/min, trabalha de forma submersa com eficiência e baixo custo (Costa; Junior, 2024). Ela é ativada automaticamente com base nas leituras dos sensores, proporcionando um sistema eficiente e autônomo.

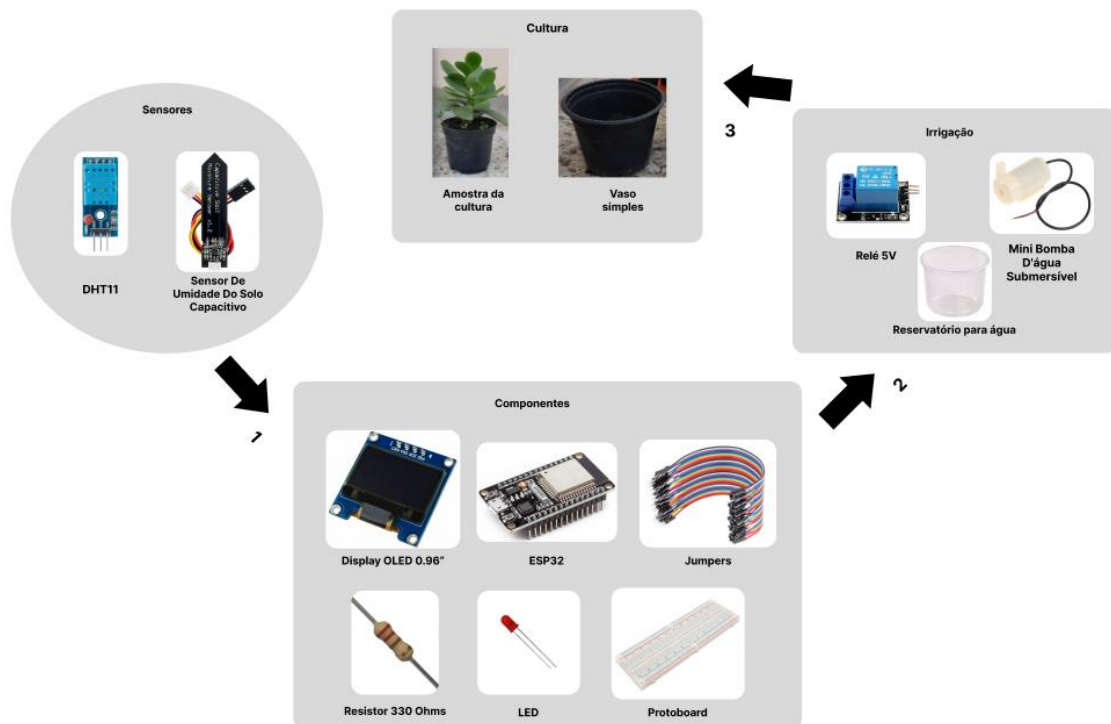
A tela OLED 0.96" exibe em tempo real as informações do estado "emocional" da planta. Ela garante uma interface prática e acessível para o monitoramento. O *display* contém alta qualidade em imagens, baixo consumo de energia e são compatíveis com as demais plataformas, incluindo o ESP32 DEVKITV1 (Morais, 2018).

O ESP32 DEVKITV1 considerado como um microcontrolador robusto, é responsável por processar e enviar comandos por todo o circuito. Essa eficiência faz com que seja possível coletar todos os dados de sensores e controlar as funções tecnológicas do sistema (Systems, Espressif, 2025).

Os componentes seriam montados a primeiro momento em uma protoboard, pois esta permite a inserção e conexão dos componentes sem a necessidade de soldagem, facilitando a montagem, modificação e teste de circuitos durante o desenvolvimento de projetos (Marcio, 2024).

A Figura 1 apresenta a composição física do projeto, demonstrando através de um fluxograma os componentes utilizados, divididos em grupos de afinidade de função.

Figura 1 - Fluxograma do sistema físico do projeto



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

ADEQUAÇÃO DE PARÂMETROS

Em comparação com alguns sensores disponíveis no mercado, como o TDR e o TDT, o sensor capacitivo, escolhido para este projeto, demonstra eficiência suficiente, mesmo exigindo calibração precisa (Nagahage; Nagahage; Fujino, 2019), justificando-se pela sua capacidade excelente em sistemas de monitoramento automatizado de baixo custo.

Pela obtenção de diferentes resultados de medição, fez-se necessário a realização de testes de comparação, para limitação correta entre os percentuais de água disponível e ponto de murcha permanente.

Utilizando o mesmo tipo de solo sem alterações de características físico-químicas, como acidez, densidade e textura, o sensor de umidade, utilizado especificamente para a detecção da condição do solo, foi submetido à testes de medição para verificar quais dados seriam apresentados ao entrar em contato com o solo completamente seco, completamente úmido e em umidade média, ou seja, o resultado trouxe em porcentagem a condição específica que melhor manteve a planta em condições adequadas, com base na avaliação visual de seus aspectos.

A Figura 2 mostra o teste das medições do sensor de umidade de solo e o valor médio apresentado em cada uma das condições.

Figura 2 - Testes de detecção da capacitância solo em condições extremas.



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

A Tabela 1 apresenta os valores médios, máximos e mínimos coletados durante os testes realizados ao longo de uma semana.

Tabela 1 – Dados coletados pelos sensores

Parâmetro	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Médio
Umidade do solo (%)	100%	0%	50%
Temperatura (°C)	32°C	26°C	29°C
Umidade do ar (%)	66%	44%	55%

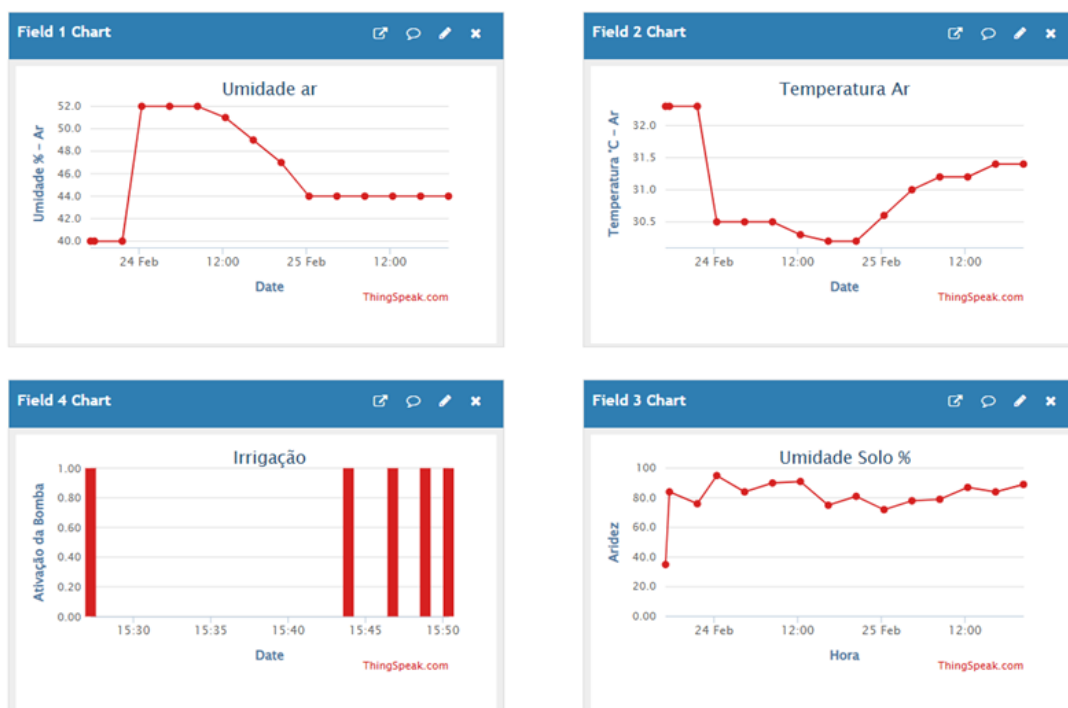
Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Utilizando as ferramentas de monitor serial do Arduino IDE, os dados provenientes dos sensores foram analisados em tempo real. Isso permitiu identificar eventuais inconsistências nas leituras e ajustar os parâmetros de calibração diretamente no código. Mensagens de erro ou comportamentos inesperados foram avaliados e corrigidos, especialmente na integração entre sensores e o módulo relé, responsável pela

ativação da irrigação.

Através do *ThingSpeak*, que conforme apresentado em sua documentação (Mathworks, 2024), é uma plataforma de Internet das Coisas (IoT) de código aberto que permite coletar, armazenar, analisar e visualizar dados de sensores e dispositivos conectados na nuvem, com essa ferramenta foi possível visualizar o envio correto e contínuo dos dados dos sensores ao canal configurado, para monitoramento em tempo real e verificação de histórico de aferições. Ajustes nas taxas de envio de dados foram realizados para otimizar o desempenho e evitar sobrecarga na comunicação. A Figura 3 apresenta a visualização em gráfico dos dados coletados pelos sensores.

Figura 3 - Representação de dados de ambiente, solo e ativação do sistema de irrigação na plataforma *ThingSpeak*



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

O comportamento do relé foi monitorado para confirmar sua confiabilidade em situações reais de irrigação. Foram necessários pequenos ajustes no limite de umidade mínima e máxima para atender às necessidades específicas da planta Jade (*Crassula ovata*).

Com o objetivo de avaliar a usabilidade do projeto, foram realizadas simulações com voluntários para avaliação da usabilidade do protótipo, incluindo as observações quanto a interação e compreensão das informações apresentadas no display OLED e no canal do *ThingSpeak*. Foram coletados os feedbacks para planejamento de melhorias, atuais e futuras, na experiência do usuário. Uma maior diversificação de mensagens apresentadas no display e autonomia para controle de irrigação foram pontos de aperfeiçoamento sugeridos.

Após análise dos resultados obtidos a partir das simulações e testes, foram feitas modificações no código, incluindo ajustes nos limites de tolerância de umidade, além da inserção de um led vermelho com a função de sinalizar ao usuário o mau funcionamento do sistema. Melhorias estruturais, como a fixação de componentes no vaso, foram implementadas para garantir a estabilidade do protótipo e facilitar sua manipulação no ambiente de uso.

O Display OLED, de 0,96 polegadas tem por objetivo apresentar imagens. Utilizando o protocolo de comunicação serial I2C (*Inter-Integrated Circuit*), o Display foi conectado aos pinos D21 (SDA) e D22 (SCL) do ESP32.

O Módulo relé e a Minibomba Submersível são responsáveis pela irrigação do solo. O relé é conectado ao pino D2 do ESP32, com a função de ativar e desativar a minibomba, de acordo com os comandos do microcontrolador.

Ainda no período de refinamento de parâmetros, foram identificadas algumas limitações na eficiência do equipamento, como a sensibilidade do sensor de umidade e temperatura de ambiente a fatores externos, como variações de temperatura local, como o posicionamento do vaso próximo a focos de calor como geladeiras e fornos. Além disso, a dependência do *Wi-Fi* para monitoramento e transmissão de dados remotos, pode limitar a aplicação do sistema em áreas sem conectividade.

COMPOSIÇÃO DO SOFTWARE

O código-fonte do projeto foi desenvolvido e testado na plataforma Arduino IDE (versão 2.1.0), utilizando as bibliotecas necessárias para o funcionamento dos sensores, *display*, conexão com a *internet* e envio de dados:

- *Adafruit_Sensor* e *DHT* para a *interface* do sensor DHT11.
- *Adafruit_GFX* e *Adafruit_SSD1306* para controle do *display* OLED.

- *HTTPClient* e *Wi-Fi* para integração com o *ThingSpeak*.

Em projetos de automação da irrigação para plantas ornamentais, a utilização do microcontrolador permite não apenas o controle automatizado da água, mas também a integração de *displays* OLED para o monitoramento em tempo real de variáveis importantes para o status da planta (Grehs, 2016; Gonçalves *et al.*, 2023). Para ter mais estrutura eficiente em software investimos no desenvolvimento com o sensor DHT11, as bibliotecas *Adafruit_Sensor* (interface genérica para sensores Adafruit) e *DHT* (específica para sensores DHT) foram utilizadas para obter leituras de temperatura e umidade. O controle do *display* OLED para visualização das informações foi implementado com as bibliotecas *Adafruit_GFX* (gráficos gerais) e *Adafruit_SSD1306* (controle do *driver* do *display*). Já a comunicação e o envio de dados para a plataforma *ThingSpeak* foram possibilitados pelas bibliotecas *HTTPClient* (requisições HTTP) e *Wi-Fi* (conexão sem fio).

CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

O código do projeto foi estruturado em um único arquivo, com as configurações de cada componente organizadas por função, visando clareza e facilidade de manutenção. Centralizando funcionalidades, iniciando por exemplo com as bibliotecas utilizadas, conexão com a *internet*, conexão *ThingSpeak*, configurações de sensores e implementação da lógica. Todo o programa foi comentado e publicado em um repositório que pode ser encontrado na seção intitulada 'Acesso ao Código Fonte' nos anexos

Auxiliando na visualização do processo de envio e recebimento de informações, a Figura 4 ilustra o fluxo de transferência de dados tendo início no dispositivo ESP32, passando pela rede de *internet*, pela plataforma *ThingSpeak* e novamente pela *internet*, até a visualização em um *desktop*.

Figura 4 – Arquitetura do sistema de monitoramento de dados via *ThingSpeak*.

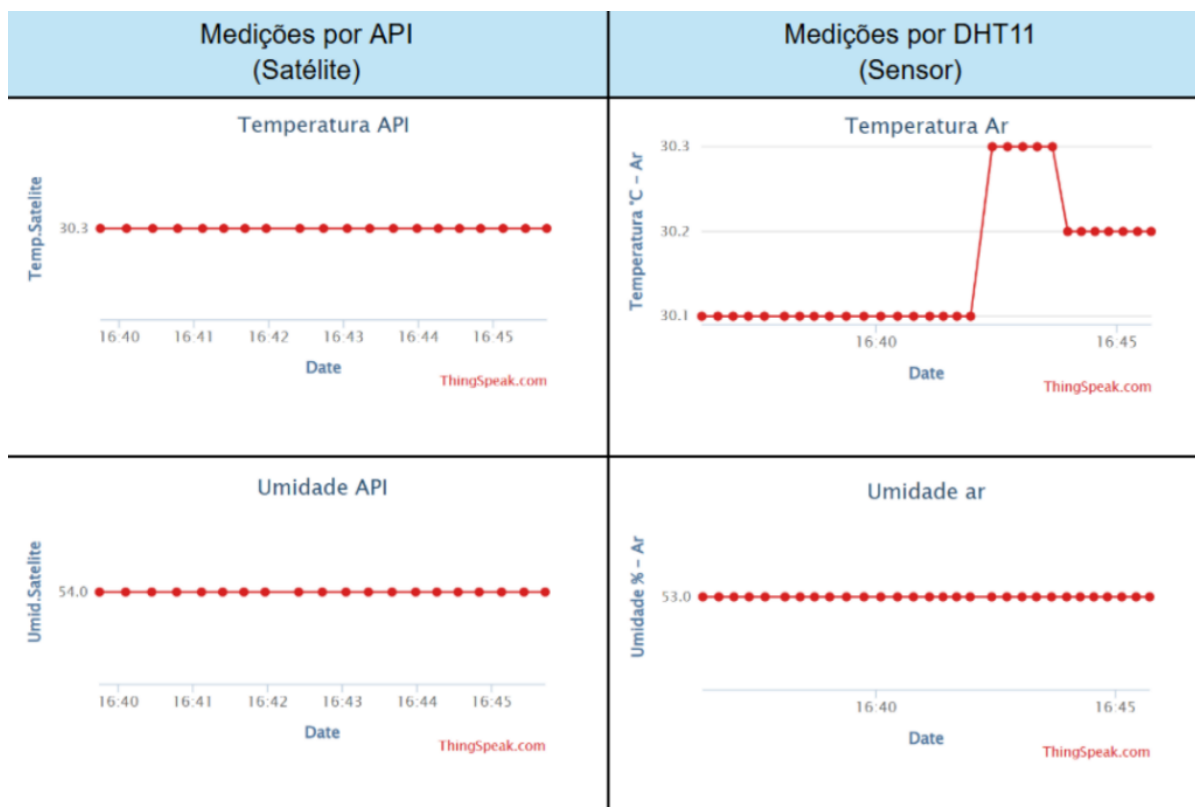


Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

RESULTADOS

Ao final dos testes de aferição dos sensores, ambos demonstraram confiabilidade e precisão, salva tolerância de 1°C em Temperatura ambiente e 1% de Umidade do ar nos resultados do DHT11 em comparação com os dados coletados por satélites a partir da API *OpenWeather*, sendo ela uma interface de programação de aplicações (API) que fornece dados meteorológicos em tempo real, dados históricos e previsões para qualquer localização geográfica. A Figura 5 apresenta a comparação dos valores de temperatura e umidade do ar obtidos sob diferentes meios de coleta de dados: sensor DHT11 e dados de satélite, simultaneamente.

Figura 5 – Análise comparativa entre as medições de temperatura e umidade do ar trazidas pelo DHT11 e por Satélite.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024)

Os testes de confiabilidade dos dados trazidos pelo sensor capacitivo forma auxiliares na parametrização de níveis máximos e mínimos relacionados à umidade do solo sendo ajustados de acordo com o padrão de tolerância apresentado pela cultura durante a pesquisa. Demonstrando estabilidade de aferição, o sensor permitiu que critérios de alerta fossem definidos e respeitados durante o funcionamento do sistema.

Tendo em vista que a cultura escolhida para a pesquisa é uma suculenta, o sistema de irrigação foi programado para manter um equilíbrio entre umidade e aridez, uma vez que plantas como esta armazenam água em suas folhas, tornando a irrigação excessiva um fator prejudicial e possivelmente fatal, a depender de condições externas como a baixa exposição à luz solar.

O sistema de irrigação automatizado ativou a minibomba submersível de acordo com os níveis críticos de umidade do solo definidos no código sendo acionada, em média, 1 vezes a cada 3 dias, utilizando aproximadamente 50 ml de água por irrigação para evitar vazamentos, devido à alta porosidade do solo.

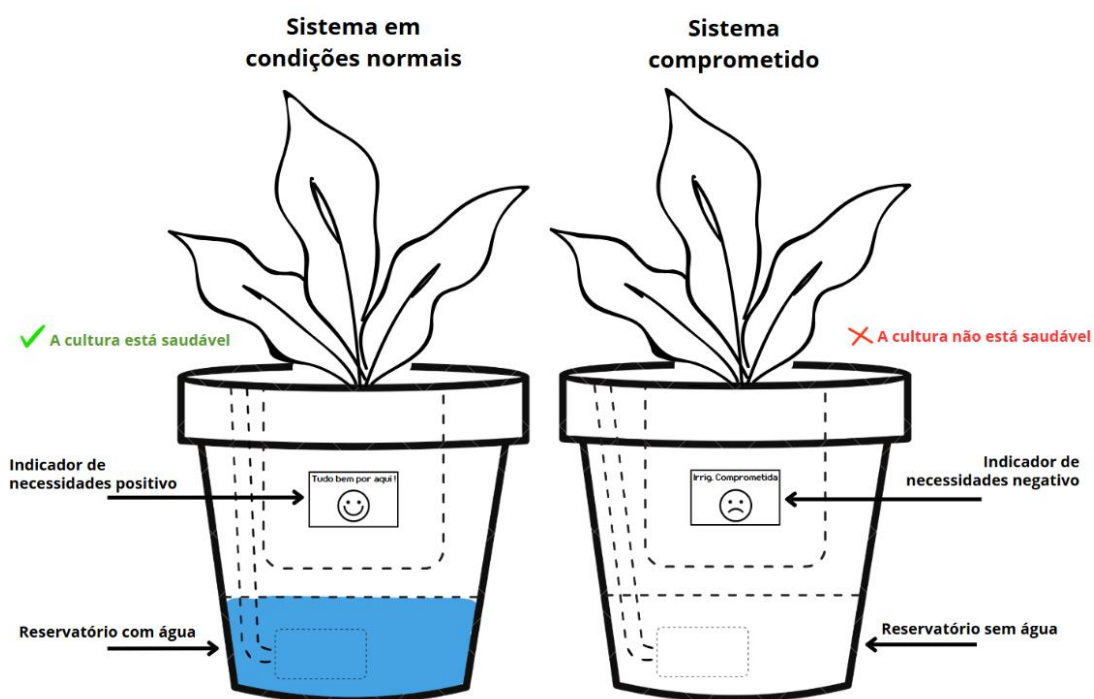
O sistema opera adequadamente quando o reservatório de água se encontra abastecido, conforme indicado pela área em azul na imagem. Nesta situação, o *dis-*

play exibe um indicador de necessidades positivo, representado por um rosto sorridente e a mensagem "Tudo bem por aqui!". Indicando que a umidade de solo atual se encontra dentro dos níveis definidos como ideais. Portanto, é apresentada a mensagem: "A cultura está saudável".

Em contraste, quando o reservatório de água se encontra vazio, o sistema de irrigação automática é inoperante. A persistência dessa condição resulta no registro contínuo de baixa umidade pelo sensor. Após dez leituras consecutivas indicando baixa umidade, o sistema realiza a alteração da imagem no *display*, apresentando um indicador de necessidades negativo, através da imagem de um rosto triste e a mensagem "Irrig. Comprometida", como um alerta para umidade de solo inadequada para a cultura.

A Figura 6 demonstra a lógica do protótipo em diferentes condições de funcionamento.

Figura 6 – Funcionamento do sistema de irrigação automatizada



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Com diferentes imagens, a funcionalidade do *display* OLED foi avaliada para garantir a correta apresentação das informações e ícones.

O dispositivo apresentou informações claras e objetivas quanto à representação "emocional" da planta. A interface mostrou-se funcional, permitindo a alternância entre as telas de acordo com os dados coletados pelo sensor de umidade de solo. A Figura 7 ilustra a tela de exibição das emoções no *display* OLED, sendo à esquerda as emoções negativas, indicando instabilidade de funcionamento ou falta de água no reservatório, e à direita os indicativos de funcionamento do sistema e condições de ambiente ideais para a cultura.

Figura 7 – Exibição das emoções no *display* OLED



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Os dados obtidos indicaram que o sistema foi eficaz na coleta e monitoramento em tempo real das condições ambientais. Os limites configurados para o sensor de umidade do solo (20% a 80% de umidade) garantiram que a planta fosse irrigada apenas quando necessário, reduzindo o desperdício de água e aumentando a eficiência da ação.

Os resultados foram positivos, principalmente na recuperação da vitalidade de uma das amostras, que foi submetida a um déficit hídrico por um período de 15 dias, com disponibilidade de água inferior a 20% baseado na capacidade de campo. Ao ponto de umidade crítica, a amostra apresentou sintomas visíveis como coloração avermelhada e amarelada nas folhas e caule, redução do brilho da folha, desfolha a partir da base, folhas murchas, enrugadas, secas e retorcidas, e interrupção de crescimento; todos, sintomas reduzidos após 30 dias de irrigação adequada baseada nos parâmetros definidos na lógica do sistema.

A automação demonstrou um impacto positivo na gestão hídrica, com uma redução significativa no desperdício de água em comparação com métodos tradicionais de irrigação (Grehs, 2016; Correia *et al.*, 2016). Nosso sistema sustentou a planta usando 50 ml de água a cada 3 dias. Além disso, o acionamento preciso do sistema garantiu condições ideais para o desenvolvimento da planta Jade (*Crassula ovata*).

DISCUSSÃO

Pesquisas anteriores já apresentaram soluções para a necessidade do controle de irrigação de plantas, oferecendo melhor manejo e aproveitamento da água. Em um dos trabalhos de Hadi (2020), é feita uma proposta de sistema de irrigação com transferência de dados, oferecendo ao usuário monitoramento contínuo das condições de umidade do solo além da possibilidade de ativação do sistema de irrigação de forma manual e remota.

A escolha do nome '*Plant Pot*' se originou na otimização e facilidade no cultivo de plantas ornamentais, as quais frequentemente são dispostas em vasos de dimensão reduzida, assemelhando-se a potes (originando o termo "*Pot*") e para representação vegetal, a palavra "*Plant*", que significa planta. Com objetivo de criar um sistema em que se possa monitorar as condições de uma cultura, automatizando sua irrigação através do registro dos dados coletados pelo sensor de umidade de solo, trouxemos como tema também a necessidade do contato do ser humano com a natureza, facilitando o cuidado com a cultura e instigando esta conexão, através da tradução das condições da planta por meio de sentimentos.

Sendo uma vertente da mesma linha de raciocínio que sustenta o projeto em seu âmbito de proximidade e bem-estar humanos, encontra-se um conceito bastante conhecido pela humanidade: a empatia, estopim da ideia do presente projeto.

Segundo Airenti (2015), discussões sobre tal sentimento tomaram grandes proporções no meio neurocientífico, sendo colocado no centro de debates não muito antigos. Também neste contexto, podendo abranger desde assuntos filosóficos até científicos, outro aspecto impulsionador da ideia de uma planta que expressa sensações e emoções humanas, se dá pelo Antropomorfismo. Fortemente relacionado à laços humano-animal, a palavra vem do grego '*anthropos*' e '*morphe*', que significam "humano" e "forma", respectivamente (Taylor, 2011) trazendo como significado a atitude de atribuir características humanas a seres não-humanos.

Em meio aos estudos sobre a empatia e seus gatilhos, no campo da neurociência, Singer *et al.* (2004) observaram padrões cerebrais semelhantes em duas situações: Quando há percepção de dor em si mesmo e quando o sentimento pode ser observado também em outros. Comprovando então, a partir desta descoberta, a capacidade e tendência do cérebro humano de perceber e compartilhar emoções.

Tendo em vista o fato de que o ser humano inerentemente compartilha de emoções observadas e tem a tendência natural de buscar no meio interações semelhantes às que lhe são familiares, fazer com que a planta se comunique com seu cuidador através de emoções, não apenas humaniza suas necessidades, mas também cria uma ponte de conexão ampliando e sensibilizando a visão do usuário para com a vida de outro ser.

O protótipo desenvolvido destacou-se como uma solução prática e acessível para o cultivo de plantas ornamentais em pequenos espaços urbanos. A integração de sensores e o monitoramento remoto facilitaram o cuidado com a planta, promovendo uma experiência inovadora e alinhada às tendências da agricultura urbana tecnológica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados obtidos, o protótipo "*PlantPot*" demonstra ter atendido ao objetivo de promover a automação e a visualização do "estado" da planta com base nas condições de irrigação e capacidade de campo. A eficiência do sistema na irrigação da *Crassula ovata*, evidenciada pelo controle dos parâmetros ambientais através dos sensores, juntamente com a interface intuitiva do *display* OLED que traduz as condições em um estado "emocional", comprovam a funcionalidade do projeto. A integração com o *ThingSpeak* para monitoramento remoto reforça o potencial da solução *IoT* desenvolvida.

Com intuito de melhorar o projeto em versões futuras, houve um planejamento para desenvolver, a partir da versão *desktop* (computador), uma versão que seja de fácil acesso na palma da mão. Assim, um aplicativo *mobile* terá como intuito apresentar todo o conteúdo abordado, além de fornecer a funcionalidade de notificação em tempo real, permitindo que o usuário acompanhe todas as informações que o "*PlantPot*" possa oferecer. Para trabalhos futuros, sugerimos implementação de sensores

com maior precisão, adicionar também funcionalidades como integração com assistentes virtuais ou aplicativos móveis, com o propósito de expandir o sistema para suportar o monitoramento de outras plataformas de forma simultânea com a análise de dados para tomadas de decisões com precipitação.

ACESSO AO CÓDIGO FONTE

<<https://github.com/Ricardoxt1/plant-pot>>.

REFERÊNCIAS

AIRENTI, G. *The Cognitive Bases of Anthropomorphism: From Relatedness to Empathy*. **International Journal of Social Robotics**, v. 7, n. 1, p. 117–127, 14 Jan. 2015. Disponível em: <https://iris.unito.it/bitstream/2318/1573123/3/airenti-2015-anthropomorfism_4aperto.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2025.

BRANCO, S. M. **O meio ambiente em debate**. São Paulo: Moderna, 1997.

ČOLAKOVIĆ, A.; HADŽIALIĆ, M. *Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies, challenges, and open research issues*. **Computer Networks**, v. 144, p. 17–39, out. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128618305243>>. Acesso em: 30 abr. 2025.

CORREIA, G. R.; ROCHA, H. R. de O.; RISSINO, S. das D. Automação de sistema de irrigação com monitoramento via aplicativo *web*. **REVENG**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 314–325, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/609>>. Acesso em: 24 fev. 2025.

COSTA, A.; JUNIOR, G. Desenvolvimento de dispensadores de fluido higienizante para controle de doenças infecciosas, monitoramento de usuário e levantamento de dados de utilização. **REASE**, [S.l.], 2025. Disponível em: <<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/14022/7149>>. Acesso em: 28 mar. 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2017. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2025.

GONÇALVES, C. O.; TOYOFUKU, A. Y. C.; VILELA, E.; SANTOS, A. S. *Smart Plant: uma proposta de desenvolvimento saudável de plantas domésticas por meio de Internet Social das Coisas*. In: Congresso Brasileiro De Sistemas De Computação, 2023, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: SBC, 2023. p. 1-13. Disponível em: <<https://doi.org/10.5753/sbsc.2023.229098>>. Acesso em: 12 abr. 2025.

GREHS, D. H. **Sistema de irrigação doméstico baseado em Internet das Coisas. 2016**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/147673>>. Acesso em: 24 fev. 2025.

HADI, MOKH. S.; ZAMRONI, M.; UTAMA, A. B. P. *IoT Based Smart Garden Irrigation System*. In: *International Conference On Vocational Education And Training*, 4., 2020, Malang. **Proceedings** [...]. Malang: ICOVET, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/347447931_IoT_Based_Smart_Garden_Irrigation_System>. Acesso em: 15 fev. 2025.

HAN, K.-T.; RUAN, L.-W.; LIAO, L.-S. *Effects of Indoor Plants on Human Functions: A Systematic Review with Meta-Analyses*. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 12, p. 7454, 17 jun. 2022. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9224521/#abstract1>>. Acesso em: 18 jan. 2025.

JIN, E.-J.; CHOI, M.-S.; LEE, H.; YOON, J.-H. *Smart Automatic Irrigation Enhances Sap Flow, Growth, and Water Use Efficiency in Containerized Prunus × yedoensis Matsum*. Seedling. **Plants**, v. 13, n. 23, p. 3270–3270, 21 nov. 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2223-7747/13/23/3270>> Acesso em: 21 abr. 2025.

LOBODA, C. R.; ANGELIS, B. L. D. (2005). Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência**, 1(1), 125-139. Disponível em: <<https://revistas.uni-centro.br/index.php/ambiencia/article/viewFile/157/185>>. Acesso em: 19 jan. 2024.

MORAIS, José. **Display OLED 0.96" I2C com Arduino**. Portal Vida de Silício, 17 fev. 2018. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/display-oled-0-96-com-arduino/>>. Acesso em: 29 mar. 2025.

NAGAHAGE, E. A. A. D.; NAGAHAGE, I. S. P.; FUJINO, T. **Calibration and Validation of a Low-Cost Capacitive Moisture Sensor to Integrate the Automated Soil Moisture Monitoring System**. **Agriculture**, v. 9, n. 7, p. 141, 1 jul. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2077-0472/9/7/141>>. Acesso em: 18 abr. 2025.

OLIVEIRA, L. M. S.; AZANHA, G. R. L.; SANTANA, J. P. S. A.; ALMEIDA JUNIOR, M. R. **Automação da área de lazer**. 2023. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em Eletrotécnica) *Revista de Iniciação Científica do CPS*, São Paulo, 2023. Disponível em: <<https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/16441>>. Acesso em: 28 mar. 2025.

PATIL, S. IoT based Smart Agriculture Monitoring System. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/103704949/IRJET_V10I4215.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SINGER, T.; SEYMOUR, B.; O'DOHERTY, J.; KAUBE, H.; DOLAN, R.; FRITH, C. *Empathy for Pain Involves the Affective but not Sensory Components of Pain*. **Science**, v. 303, n. 5661, p. 1157–1162, 20 fev. 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/8687660_Empathy_for_Pain_Involves_the_Affective_But_Not_Sensory_Components_of_Pain>. Acesso em: 20 fev. 2025

SRIVASTAVA, D.; KESARWANI, A.; DUBEY, S. **Measurement of temperature and humidity by using Arduino tool and DHT11**. *Int Res J Eng Technol*, v. 5, n. 12, p. 876-878, 2018. Disponível em: <<https://www.irjet.net/>>. Acesso em: 28 mar. 2025.

TAYLOR, N. **Anthropomorphism and The Animal Subject**. BRILL eBooks, p. 265–

280, 1 jan. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/344500935_Anthropomorphism_And_The_Animal_Subject>. Acesso em: 20 fev. 2025.

MATHWORKS. **ThingSpeak Documentation**. [S. l.], 2024. Disponível em: <<https://thingspeak.com/docs>>. Acesso em: 13 maio. 2025.