

## HORTEC - HORTA TECNOLÓGICA MONITORADA

### RESUMO

Gustavo V. B. Souza<sup>1</sup>, Prof. Prof. Dr. Ricardo Rall<sup>2</sup>, Prof. Dr. Fabio B. Tonin<sup>2</sup>, Prof. Dr. Marcelo S. Denadai<sup>2</sup>, Aroldo de S. Cyneu<sup>3</sup>, Davi R. de Miranda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Aluno do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas – FATEC Botucatu

<sup>2</sup>Docente da FATEC Botucatu

<sup>3</sup>Aluno do curso de Produção Industrial – FATEC Botucatu

Um dos desafios na agricultura é a rápida identificação e combate a doenças e pragas. Mesmo com uma abordagem preventiva, elas podem surgir nas lavouras, e quanto mais cedo forem detectadas, mais eficaz será o tratamento, minimizando prejuízos. Outro ponto crucial é o uso racional da água. Com os avanços tecnológicos, tornou-se possível monitorar a irrigação e o crescimento das plantas, mas esses sistemas ainda são inacessíveis para pequenos produtores devido aos altos custos. O projeto HORTEC – Horta Tecnológica Monitorada, desenvolvido na FATEC de Botucatu, visa contornar essa barreira utilizando equipamentos de baixo custo para monitorar o uso da água e o crescimento das plantas. O projeto utiliza o site Horta 2.0 (<https://horta.gvsoftwares.com.br>) para receber dados dos sensores conectados às placas ESP-32. Para monitorar o crescimento, o ESP-32-CAM captura fotos a cada 30 minutos, permitindo a criação automática de *time-lapse*. Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e o acionamento da irrigação são exibidos em gráficos, acompanhados de resumos que incluem valores máximos, mínimos, médias, quantidade de ativações e duração da irrigação. Essa solução, de baixo custo, democratiza o acesso às tecnologias e é excelente para a interdisciplinariedade no contexto escolar.

**Palavras-chave:** Automação. Horta. Irrigação. Monitoramento.

### 1 INTRODUÇÃO

A revolução azul, conforme Coelho (2022), é compreendida como um aumento de produtividade das culturas por unidade de água requerida, e de acordo com Qadir et al. (2003) existe uma crescente demanda por água no setor agrícola. Esses dois fatores reforçam a necessidade de utilizá-la de forma racional, evitando desperdícios. Nesse contexto, o monitoramento eficaz da irrigação e do consumo torna-se essencial.

No âmbito da agricultura moderna, a busca por otimização, sustentabilidade e aumento da produtividade impulsiona a adoção de tecnologias inovadoras. Nesse cenário, a automação de sistemas em hortas emerge como uma ferramenta crucial para enfrentar os desafios do setor e garantir a produção de alimentos de forma eficiente e responsável.

A implementação de sistemas automatizados em hortas, como demonstrado por Sarig et al. (2019), permite um controle preciso e em tempo real de diversos parâmetros, como irrigação, fertilização, temperatura e umidade. Essa gestão otimizada dos recursos, além de reduzir custos e o impacto ambiental, contribui para o aumento da produtividade e da qualidade dos cultivos.

Além disso, a automação possibilita a execução de tarefas complexas e repetitivas, como plantio, colheita e monitoramento de pragas, de forma mais eficiente e precisa do que seria possível com mão de obra humana. Essa capacidade, explorada por Zhang et al. (2018), libera os agricultores para se concentrarem em atividades estratégicas, como planejamento e gestão, ao mesmo tempo em que reduz a dependência de mão de obra em um setor que frequentemente enfrenta escassez de trabalhadores qualificados.

Portanto, a automação de sistemas em hortas representa um passo crucial para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável, produtiva e resiliente.

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de uma horta com um sistema de irrigação automático de baixo custo, com o monitoramento em tempo real da temperatura e umidade do ar, do acionamento da válvula de irrigação, bem como o monitoramento por imagens, tudo salvo na nuvem para facilitar o acompanhamento e análises.

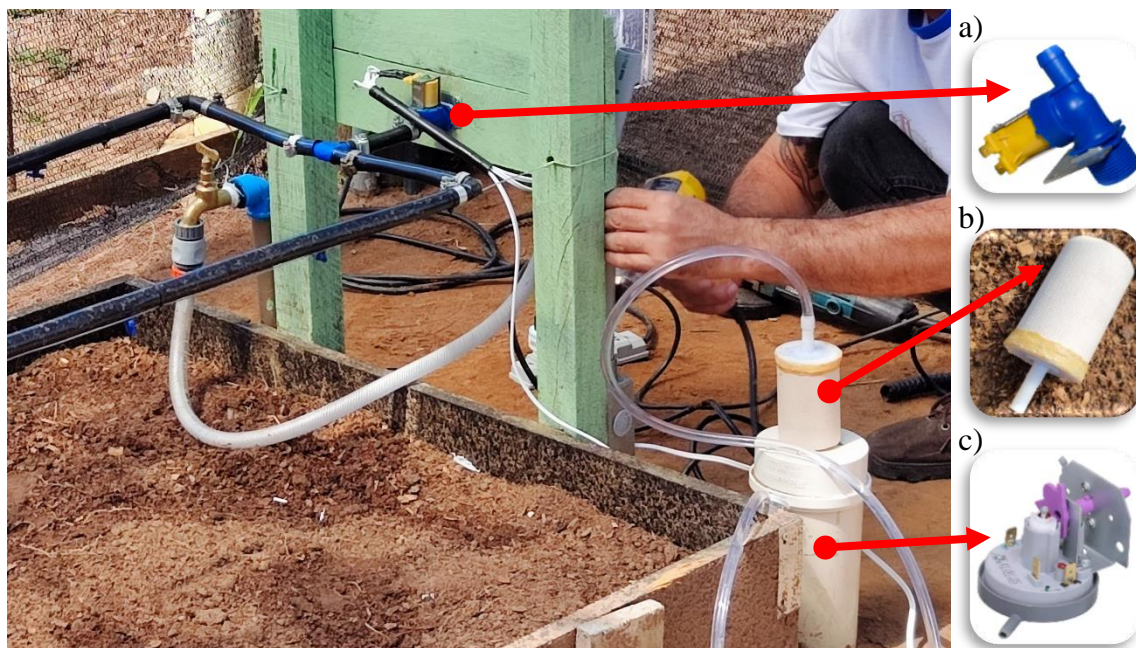
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto multidisciplinar HORTEC foi desenvolvido na FATEC – Botucatu e utiliza microprocessadores ESP-32, ESP32-CAM, bem como sensores para monitorar a irrigação, temperatura e umidade do ar. Os dados são enviados para o site Horta 2.0 (<https://horta.gvsoftwares.com.br>).

O protótipo conta com um canteiro que possui dimensões de 2,0 x 0,9 metros, que recebeu calagem e adubação, baseadas na análise química do solo, conforme recomendações para a cultura da alface (RAIJ et al., 1997).

Na Figura 1 é apresentada a foto da instalação do sistema de irrigação, de baixo custo, originalmente desenvolvida pelos professores da Universidade Federal Rural, Leonardo Médici e Daniel de Carvalho (Globo Rural, 2017) e faz uso de uma válvula solenoide (Figura 1a), que funciona como uma torneira que abre mediante eletricidade; filtro de cerâmica (Figura 1b), que identifica a umidade do solo (foi inserido com a profundidade de 10 cm no solo); pressostato (Figura 1c), que serve como um interruptor para ligar ou desligar a válvula solenoide e está dentro do tubo de PVC (com profundidade de 60 cm abaixo do nível da vela). A conexão entre a vela e o pressostato é feita com uma mangueira de nível transparente cheia de água.

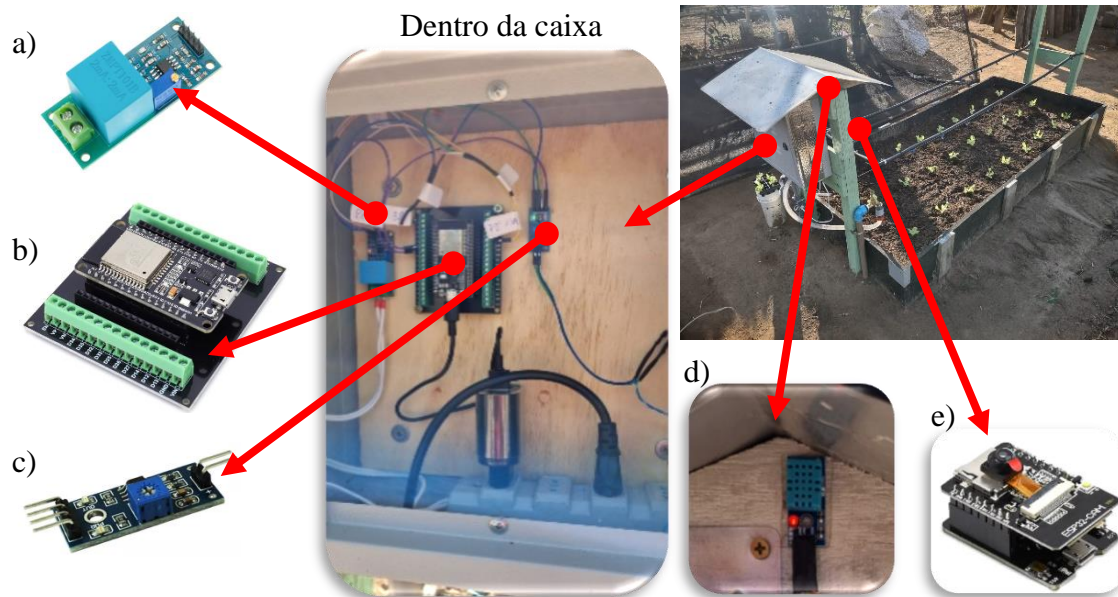
Figura 1. Instalação do sistema de irrigação



O diferencial da HORTEC está no monitoramento da irrigação, independentemente do sistema de irrigação adotado. Conforme Figura 2, o mecanismo faz uso de três sensores conectados ao ESP-32 (Figura 2b): O primeiro sensor é de medição de tensão (Figura 2a) ligado em paralelo à válvula solenoide que identifica se ela está acionada, o segundo é o DHC11 (Figura 2d) que obtém a temperatura (°C) e a umidade relativa do ar (%) e, o terceiro é o módulo do sensor de umidade do solo (Figura 2c) para identificar se a água está saindo, pois está ligado a dois fios com as pontas desencapadas presos em um dos gotejadores, com um pequeno espaço entre eles. Quando ocorre a irrigação a água preenche o espaço e ocorre a passagem da corrente elétrica que é identificada pelo ESP-32. Contudo, este último sensor funcionou apenas na primeira semana e depois, devido a oxidação, deixou de transmitir a corrente necessária para identificar a presença de água. Já o ESP32-CAM (Figura 2e) registra fotos a cada 30 minutos.

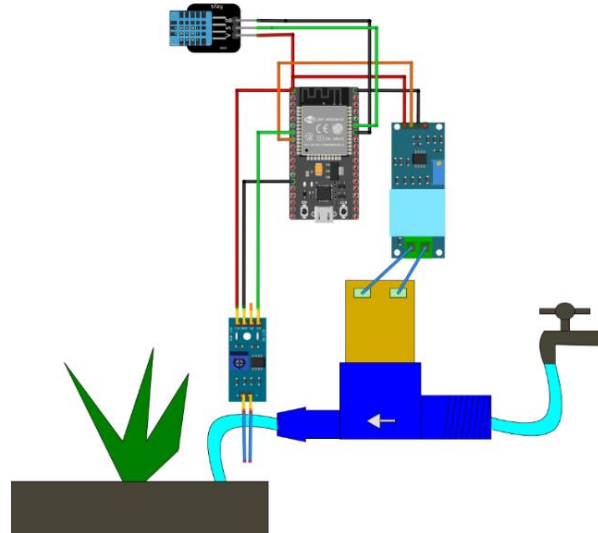
Todos os dados gerados são enviados e armazenados por até um ano no site Horta 2.0. Para otimizar o envio, apenas os valores que apresentam uma diferença significativa em relação ao último registro são transmitidos para o banco de dados. Isso evita o envio de informações irrelevantes e melhora a eficiência do sistema. As diferenças, em módulo, consideradas são 0,2 °C para temperatura e 2% para umidade relativa do ar, mas esses valores podem ser ajustados conforme a necessidade.

Figura 2. Equipamentos utilizados para o monitoramento da irrigação



Todos os códigos utilizados nos ESP32 e ESP32-CAM, bem como os esquemas de ligações estão disponíveis no menu “Cód. ESP-32” do site Horta 2.0 e podem ser adaptados para outras realidades. Na Figura 3, está o esquema de ligação que foi utilizado no projeto HORTEC. Já no caso do ESP32-CAM, não há sensores conectados, basta carregar o código para o seu funcionamento.

Figura 3. Esquema de ligação do ESP32 com os sensores



Fonte: HORTA 2.0 (2024).

A IDE do Arduino foi utilizada para carregar os códigos nos ESP-32, e a biblioteca “HTTPClient” foi configurada para enviar informações para a API do Horta 2.0 utilizando o método “POST”. No comando enviado, são incluídos vários campos obrigatórios. O campo “apikey” é uma chave criptografada fornecida pelo site Horta 2.0, que identifica o



usuário e suas permissões. O campo “FKhorta” refere-se ao número que identifica a horta e, neste projeto, seu valor é 10. O campo “FKsensor” identifica cada sensor individualmente. Para o projeto HORTEC, os sensores são identificados pelos números 46 para temperatura (°C), 49 para umidade relativa do ar (%), 50 para a imagem do ESP32-CAM em formato hexadecimal e 52 para a abertura da válvula solenoide, que é um valor booleano. O site Horta 2.0 permite a inserção de vários sensores, atribuindo automaticamente um número de identificação. O campo “c” é o valor obtido do sensor que será enviado.

Além desses campos obrigatórios, existe um opcional denominado “DataHora”. Caso não seja enviado, a data e a hora são definidas pelo relógio do servidor no momento que receber os dados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema de monitoramento permitiu observar o crescimento das alfaces diariamente, e felizmente não houve ocorrência de pragas ou doenças durante o cultivo. As fotos foram automaticamente capturadas pelo ESP32-CAM.

Na Figura 4 pode-se observar a primeira e a última foto do ciclo de cultivo. A foto à esquerda, datada de 17/05/2024 às 17:36, exibe as mudas recém-plantadas. A foto à direita, obtida momentos antes da colheita, em 24/06/2024 às 16:01, mostra as alfaces próximas ao final do ciclo. Abaixo de cada foto, há um botão “Time-lapse” que permite ao usuário assistir a sequência diária das fotos, desde o início do plantio, e observar crescimento das plantas.

Figura 4. Imagens obtidas pelo ESP32-CAM

Sensor 50 : IMAGEM ESP32-CAM



17/05/2024 07:36:19

Time-lapse

Data / hora: 17/05/24 07:36

Sensor 50 : IMAGEM ESP32-CAM



24/06/2024 16:01:43

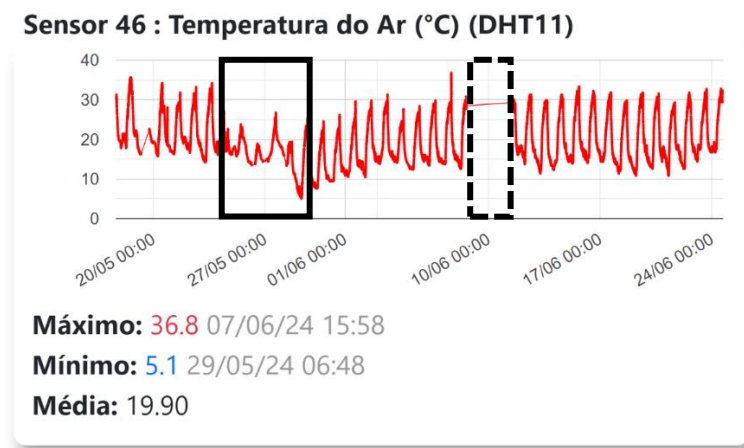
Time-lapse

Data / hora: 24/06/24 16:01

Nos gráficos das Figura 5, 6 e 7 foram destacadas duas regiões. Uma com retângulo de linhas contínuas para serem analisados com mais detalhes. A outra com retângulo de linhas tracejadas que correspondem ao período em que o sinal de Internet estava indisponível.

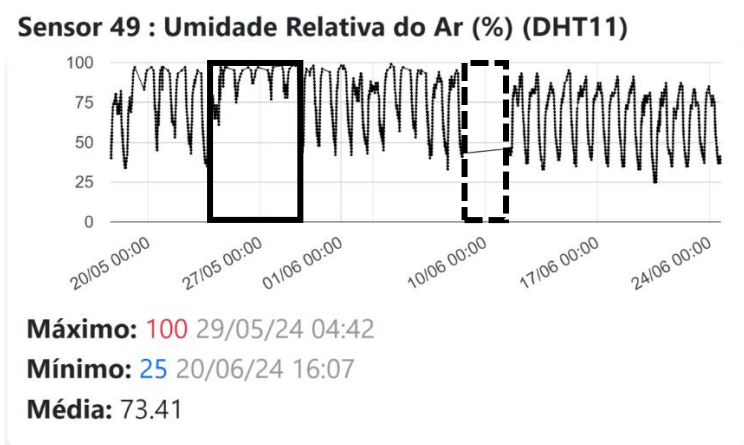
Na Figura 5 é apresentado o gráfico dos valores de temperatura (°C) em função do tempo. O gráfico é acompanhado por um resumo do período, destacando o valor máximo de 36,8°C, o valor mínimo de 5,1°C e a temperatura média de 19,9°C. Na região, em destaque (retângulo de linhas contínuas), observa-se temperaturas amenas.

Figura 4. Temperatura (°C) em função do tempo



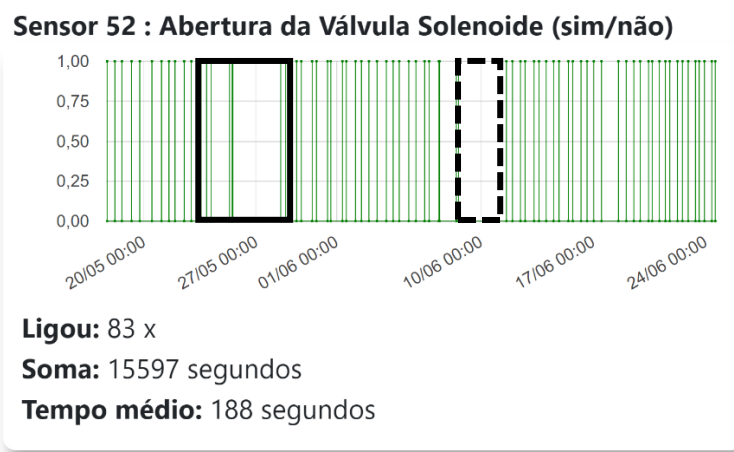
Na Figura 6 tem-se o gráfico com os valores da umidade relativa do ar (%) em função do tempo e, também exibe o resumo do período com o máximo de 100%, mínimo de 25% e a média 73,41%. De maneira geral, quando a temperatura aumenta a umidade relativa do ar diminui. A região em destaque (retangular com linha contínua) teve chuvas constantes.

Figura 5. Umidade relativa do ar (%)



A abertura e fechamento da válvula solenoide implica no início e fim da irrigação, respectivamente. Na Figura 7 pode-se observar o gráfico da abertura da válvula solenoide em função do tempo, onde a espessura de cada uma das linhas corresponde ao tempo que a irrigação ficou acionada. A região em destaque (retângulo com linha contínua) teve um índice menor de irrigação pelo fato da incidência de chuvas e baixas temperaturas. Abaixo do gráfico é exibido que ocorreram 83 irrigações, com duração total de 15.597 segundos (4 horas, 19 minutos e 57 segundos) e cada irrigação demorou em média 188 segundos (3 minutos e 8 segundos). Com uma vazão aproximada de 600 mL por minuto, utilizou-se aproximadamente 156 litros de água (sem contar a água pluvial) para produção de 27 pés de alface.

Figura 6. Gráfico da abertura da válvula solenoide em função do tempo



Nos destaques (retângulo de linhas contínuas) dos gráficos das Figuras 5, 6 e 7 ocorreu um período com alta incidência de chuva. Nesta região, na Figura 5, observa-se a diminuição da temperatura, incluindo a ocorrência do mínimo global de 5.1°C. Por tratar-se de um período chuvoso, na Figura 6 a umidade relativa do ar esteve geralmente acima dos 75%. Conseqüentemente, no gráfico da Figura 7 existem apenas algumas linhas verticais, ou seja, a irrigação ocorreu pouquíssimas vezes. Isso corrobora a eficiência do sistema de irrigação utilizado. Desta maneira, quando o solo não precisa de água, a irrigação não ocorre e evita desperdícios.

#### 4 CONCLUSÕES

Conclui-se que os dados obtidos no projeto HORTEC puderam ser acessados em “tempo real” (atualizados de 5 em 5 segundos) permitindo a rápida identificação de

falhas, doenças, pragas ou vazamentos. Além disso, o projeto proporciona autonomia na criação dos códigos para o ESP-32, que podem ser adaptados para satisfazer as necessidades de diversas culturas ou utilizados em outros contextos como automação residencial, estações meteorológicas entre outros. O período chuvoso corroborou com a eficiência do sistema de baixo custo de irrigação (vela + pressostato), pois neste período as irrigações quase não ocorreram. A Internet não funcionou em um determinado período e as informações não foram enviadas para o site, mas a irrigação continuou funcionando normalmente. Os problemas que aconteceram no projeto geraram inspirações de trabalhos futuros: gravar os dados em um MicroSD e, na falha da Internet, enviá-los quando a conexão for reestabelecida, instalar um medidor de fluxo para monitorar que a água está fluindo na irrigação, contornando o problema da oxidação dos fios de cobre presos no gotejador.

## 5 REFERÊNCIAS

COELHO, R. D. **A Revolução Azul no Contexto da Agricultura Irrigada. Agricultura Irrigada no Brasil: Ciência e Tecnologia.** Tradução. Piracicaba: ESALQ, 2022. p. 397: il. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/9786587391236>. Acesso em: 29 ago. 2024.

GLOBO RURAL - Equipamento ajuda pequenos agricultores a economizar na irrigação. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2017/03/equipamento-ajuda-pequenos-agricultores-economizar-na-irrigacao.html>. Acesso em: 21/05/2024.

**HORTA 2.0.** Disponível em: <https://horta.gvsoftwares.com.br> . Acesso em: 29/08/2024.

QADIR, M. et al. **Agricultural water management in water-starved countries: challenges and opportunities. Agricultural Water Management.** v.62, n.3, p.165-185, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037837740300146X>>. Acesso em: 29 out. 2013. doi: 10.1016/S0378-3774(03)00146-X.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Boletim Técnico - 100, 2ª ed., Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. Campinas. 1997. 285p.

SARIG, Y., Dag, A., Dinar, M., & Fuchs, M. (2019). **Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture.** *Agronomy*, 9(12), 872.

ZHANG, Q., Sukkarieh, S., & Wang, X. (2018). Agricultural robots for field operations: Concepts and technologies. *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*, 1, 449-475.



## **AGRADECIMENTOS**

Alexandre T. Fugiwara, pela troca de experiências com o sistema de baixo custo de irrigação; Equipe no Núcleo Pedagógico da Diretoria de Ensino – Região de Botucatu que auxiliou no primeiro protótipo da horta e aos estudantes da FATEC André C. Gabriel, Cristiano B. Silva e Gustavo H. Apolinario pela ajuda no desenvolvimento da HORTEC.