

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE COMPOSTEIRA AUTOMATIZADA

Autores: Pedro Henrique Costa Lima do Amaral, Rafael Luiz Zara Maffei.

Orientadora: Prof Valéria Maria Volpe, co-orientador: Prof Mario Henrique de Souza Pardo.

e-mail:

pedro.amaral01@fatec.sp.gov.br rafael.maffei@fatec.sp.gov.br valeria.volpe@fatec.sp.gov.br
mario.pardo@fatec.sp.gov.br

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo apresentar o monitoramento do processo de compostagem realizado à base de resíduos orgânicos, ou seja, mostrar índices de umidade e temperatura ao longo do tempo. Percebeu-se a necessidade do desenvolvimento deste projeto a partir da constatação da falta de conhecimento da existência desse processo e do desperdício de materiais orgânicos que podem causar problemas ao meio ambiente devido ao seu longo tempo de degradação natural. A partir destas problemáticas, foi realizada uma reflexão sobre o desperdício e idealizada uma solução por meio de uma composteira automatizada, utilizando alguns componentes eletrônicos como ESP32 e sensores, a qual facilitou o controle do monitoramento da compostagem e a melhoria nesse processo.

Palavras-chave: Automação de Composteira. Resíduos Orgânicos. Wemos D1 R32. Análise da Temperatura e Umidade de Composteira.

Abstract: *The present work aims to present a project to monitor a complete process of composting based on organic waste, that is, to show humidity and temperature indices over time. It was seen as necessary to develop this from problems such as lack of knowledge of the existence of such a process or the waste of organic materials, which, some, can cause problems to the environment due to their long time of natural degradation. Based on these problems, a reflection on waste was carried out and a solution was devised through an automated composter, using some electronic components such as ESP32 and sensors, which would facilitate composting as a whole and increase the accessibility of the process.*

Keywords: *Composter Automation. Organic Waste. Wemos D1 R32. Composter Temperature and Humidity Analysis.*

1 Introdução

A compostagem é um processo de transformação de matéria orgânica, que seria desperdiçada, em matéria utilizável. Segundo o programa Profissão Repórter (2022), publicado por G1, o Brasil desperdiça em torno de 27 toneladas de alimentos por ano. Essa matéria orgânica que poderia ser usada no processo de compostagem para a produção de adubo orgânico, que poderia ser usado na agronomia ou em hortas residenciais, aproveitando o processo de compostagem para a produção de fertilizantes.

O desenvolvimento adequado do processo de compostagem depende de fatores que o influenciam, como por exemplo, a temperatura e a umidade, que precisam ser monitorados.

O processo torna-se restrito e trabalhoso, mas o que mais leva a pessoa ao desinteresse

por ele é: a falta de informação sobre o processo; negligência durante o desenvolvimento do processo por falta de tempo para monitorá-lo; até mesmo por não ter vontade devido ao método ser trabalhoso. Então, por meio desse trabalho espera-se facilitar e popularizar o processo de compostagem, por meio da automatização desse processo, desenvolvendo um sistema que utilizará sensores e uma placa central para armazenar as informações e gerenciar todo o funcionamento da composteira.

2 Justificativa

O desperdício de resíduos orgânicos é um problema sério e pode afetar a todos, tornando necessária tomada de medidas que ajudem a reduzir esse desperdício, mas também minimizar seus impactos no meio ambiente. Uma maneira de se fazer a redução desses resíduos orgânicos é construir uma composteira e automatizá-la, para tornar o processo de transformação desses resíduos em adubo orgânico, mais prático e fácil de conduzir e monitorar. Com isso a automação poderá contribuir para facilitar o monitoramento e controle de todo processo de compostagem.

3 Objetivo(s)

Este projeto tem por objetivo a construção de um protótipo de uma composteira e o desenvolvimento de sua automação com a finalidade de monitoramento da temperatura e umidade, necessário para garantir a qualidade do fertilizante orgânico produzido.

4 Fundamentação Teórica

O processo de compostagem consiste na decomposição dos resíduos orgânicos por meio da ação de microrganismos, que se alimentam desses materiais e produzem o composto orgânico. Durante o ciclo da compostagem, é importante manter a temperatura e a umidade em níveis adequados para promover a decomposição dos resíduos. De acordo com Ho et. al. (2022), a faixa de temperatura ideal varia entre 45°C e 55°C, pois nessa faixa os microrganismos atuam de forma mais eficiente. Já a umidade adequada situa-se em torno de 50% a 60%.

Além dos parâmetros de temperatura e umidade, é fundamental selecionar corretamente os materiais a serem colocados na composteira. Os materiais orgânicos utilizados na compostagem podem ser divididos em duas categorias: materiais ricos em carbono (ou "marrons") e materiais ricos em nitrogênio (ou "verdes"). Exemplos de materiais ricos em carbono incluem folhas secas, palha e serragem, enquanto materiais ricos em nitrogênio incluem restos de alimentos, cascas de frutas e legumes.

Para o desenvolvimento do protótipo da composteira automatizada foram utilizados componentes eletrônicos, dentre eles:

- uma placa Wemos D1 R32, plataforma ESP32 que possui uma solução integrada à meios de comunicação como *Wi-Fi* e *Bluetooth*, parte essencial do sistema;
- um sensor DHT22 que é uma atualização do conhecido sensor DHT11, para monitoramento de temperatura e umidade;
- um termostato modelo DS18B20 para uma melhor integração na aferição das temperaturas;
- uma lâmpada para aquecer e garantir a temperatura adequada do sistema;
- um *cooler* para resfriar o substrato quando necessário;
- um módulo relé para permitir a conexão dos dispositivos citados.

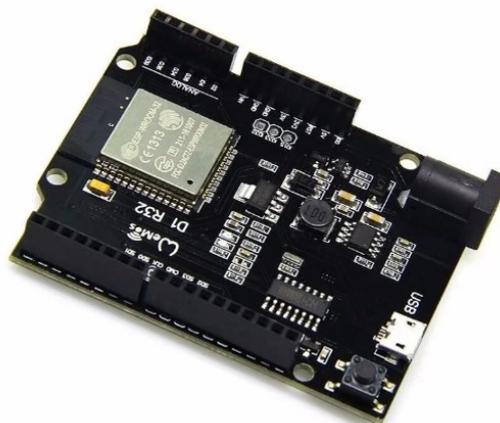
Para implementação do sistema foi utilizada a linguagem de programação C para a placa principal Wemos D1 R32, responsável por integrar os componentes às suas principais funcionalidades.

Para realizar o armazenamento de informações relevantes ao sistema e exibi-las foi utilizada a plataforma TAGO.io que é uma ferramenta feita especificamente para soluções automatizadas e que permite fazer a integrações com as placas utilizadas, além de facilitar a rastreabilidade dos dados, sendo possível utilizar-se da opção de “Compartilhar painéis”, que envia o painel com todas as informações já predefinidas e organizadas.

4.1 Placa Wemos D1 R32

O Wemos D1 R32 (Figura 1), de acordo com a *Espressif Systems*, é uma placa de circuito eletrônico baseada no microcontrolador ESP32, que já possui integrado os módulos de *Wi-Fi*, permitindo a conexão com redes internas ou a *Internet*, e *Bluetooth*, responsável por emparelhar com dispositivos compatíveis.

Figura 1 Placa Wemos D1 R32.



Fonte: <https://www.eletrogate.com/placa-wemos-d1-esp32-wifi-bluetooth>

Um ponto importante a se destacar, é a sua compatibilidade com a plataforma de desenvolvimento IDE, Arduino, isto é, sendo possível utilizar a biblioteca de referências e funções do sistema.

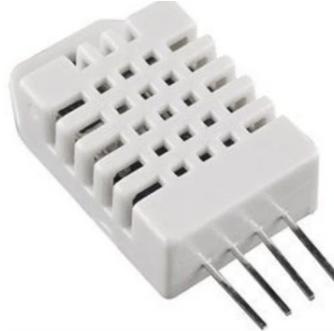
4.2 Sensor DHT22

O DHT22 (Figura 2) é um sensor de temperatura e umidade amplamente utilizado em projetos eletrônicos e aplicações de monitoramento ambiental. Ele possui 4 pinos, sendo um para comunicação, conhecida como bus de dados, que é usada para enviar comandos e receber dados do sensor, a saída positiva, a neutra e o NC.

De acordo com a Adafruit Industries (2023), o DHT22 utiliza um protocolo de comunicação proprietário para transmitir os dados de temperatura e umidade. O sensor opera com uma tensão de alimentação entre 3,3V e 6V, e sua interface de comunicação é bidirecional. Ele é capaz de medir a temperatura em um intervalo de -40°C a 125°C, com uma

precisão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Quanto à medição de umidade, ele possui uma faixa de medição de 0% a 100% com uma precisão de $\pm 2-5\%$ (dependendo da faixa de umidade).

Figura 2 Sensor DHT22.



Fonte: <https://www.eletrogate.com/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht22-am2302>

4.3 Termostato DS18B20

O termostato DS18B20 (Figura 3) é um componente eletrônico amplamente utilizado em aplicações de controle e monitoramento térmico. Ele possui uma sonda embutida que permite medir a temperatura de forma mais precisa e confiável.

Figura 3 Sensor de temperatura DS18B20.



Fonte: <https://www.eletrogate.com/sensor-de-temperatura-ds18b20-a-prova-dagua>

De acordo com o datasheet oficial do DS18B20 fornecido pela Maxim Integrated Products, o termostato DS18B20 é um sensor de temperatura de alta precisão, o qual utiliza o protocolo de comunicação *One-Wire*. Este protocolo permite que vários dispositivos DS18B20 sejam conectados em série a um único pino de comunicação, facilitando a implementação em sistemas complexos. A sonda do DS18B20 é composta por um sensor de temperatura de silício e um circuito integrado embutido. O sensor de temperatura converte o sinal térmico em um sinal elétrico proporcional à temperatura medida. De acordo com Dorf (2016), a DS18B20 converte a temperatura em um valor digital que pode ser interpretado pelo microcontrolador. A DS18B20 possui uma resolução configurável, o que significa que pode medir a temperatura com diferentes níveis de precisão. Essa resolução é ajustável pelo usuário através do envio de comandos específicos ao dispositivo. A faixa de resolução varia de 9 *bits*, que fornece uma precisão de $0,5^{\circ}\text{C}$, a 12 *bits*, que proporciona uma precisão de $0,0625^{\circ}\text{C}$.

Para utilizar o termostato DS18B20, é necessário conectar corretamente os pinos de

alimentação e comunicação do dispositivo. O termostato é alimentado por uma tensão de 3V a 5V, sendo os outros dois pinos *Ground* (GND) e IN, destinados ao neutro e a comunicação, respectivamente.

Uma vez conectado e alimentado, o controlador principal pode enviar comandos ao DS18B20 para iniciar a conversão da temperatura. O dispositivo realizará a leitura da temperatura ambiente e disponibilizará o resultado através da saída IN. A comunicação com o DS18B20 é feita por meio de duas bibliotecas: a DallasTemperature.h e a OneWire.h.

4.4 Relé 5V

O Relé (Figura 4) é um componente eletrônico utilizado em sistemas de automação. Este funciona como um interruptor no sistema, ou seja, quando acionado, ele ativa um circuito que envia energia. De acordo com Allan R. Hambley (2013), o relé utiliza um eletroímã para abrir ou fechar seu circuito, ou seja, este é ativado pelo sinal de entrada, o qual pode ser uma corrente ou uma tensão elétrica. Este componente é constantemente utilizado em sistemas que necessitam de controle e proteção em seus circuitos de potência, permitindo um monitoramento e a atuação em tempo real sobre equipamentos de alto consumo energético.

Figura 4 Módulo Relé 5V.



Fonte: <https://www.eletrogate.com/modulo-rele-1-canal-5v>

4.5 Micro Cooler 5V

O micro *cooler* 5V (Figura 5), mais conhecido como *cooler* de corrente contínua, é um dispositivo essencial na dissipação de calor no sistema. Amplamente utilizado em computadores, servidores e circuitos eletrônicos portáteis.

Figura 5 Micro cooler 5V.



Fonte: <https://www.eletrogate.com/micro-cooler-ventoinha-dc-5v>

Segundo Nascimento (2018), a corrente contínua é aplicada ao cooler, gerando um campo eletromagnético que atua sobre o rotor, composto por um conjunto de pás. O movimento rotacional do rotor promove a circulação do ar, gerando um fluxo que passa através das aletas do dissipador de calor. Esse fluxo de ar remove o calor do componente que está sendo resfriado, levando-o para o ambiente externo.

4.6 Plataforma TAGO.io

O TAGO.io é uma plataforma de desenvolvimento de *software* baseada em nuvem que permite conectar e gerenciar dispositivos *IoT* (*Internet of Things*). Essa plataforma oferece várias opções de recursos para simplificar a implementação destes dispositivos. Para conectar os dispositivos à esta plataforma são utilizados protocolos como MQTT e HTTP.

Após a conexão, é possível verificar a interface de fácil entendimento que permite a implementação de diversos dispositivos simultaneamente, além de outros recursos, como por exemplo, uma “carteira” para suas *actions*, que seriam suas variáveis, as quais enviam os valores para a plataforma por meio de um JSON. Além disso, traz um dashboard que é atualizado de acordo com o tempo definido pelo usuário em seu código do circuito eletrônico que é disponibilizado em formato de gráficos, *cards*, entre outros.

5 Trabalhos Similares

Segundo Vinicius (2013), o trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo que acelere, de modo limpo e simples, a compostagem residencial de resíduos orgânicos no ano de 2013. Além de desenvolver um protótipo, também foi programado um software para coleta e controle de temperatura e umidade durante o funcionamento da composteira. O pesquisador resume o projeto como um acelerador do processo de decomposição. (Principal).

Segundo Janice (2019), a pesquisa realizada na UFG teve como objetivo automatizar o monitoramento, a partir de sensores, de dados em tempo real a compostagem de resíduos orgânicos. Foi criado um sistema para realizar a leitura desses dados. A compostagem foi montada por leiras. Para a aquisição de parâmetros dos processos de compostagem experimental foi utilizado o Labview.

Wagner e Brunah, em 2017 na UTFPR, dissertam sobre como é grande o desperdício de matéria orgânica, que poderia estar sendo reaproveitada e gerando materiais que podem ser usados de forma benéfica para outras áreas, como fertilizantes. A metodologia utilizada foi implementar um sistema em Arduino que possibilite simplificar o processo de compostagem, gerenciando e monitorando os parâmetros ideais e enviando os dados coletados para outra plataforma, a fim de que qualquer pessoa possa realizar o processo sem dificuldade.

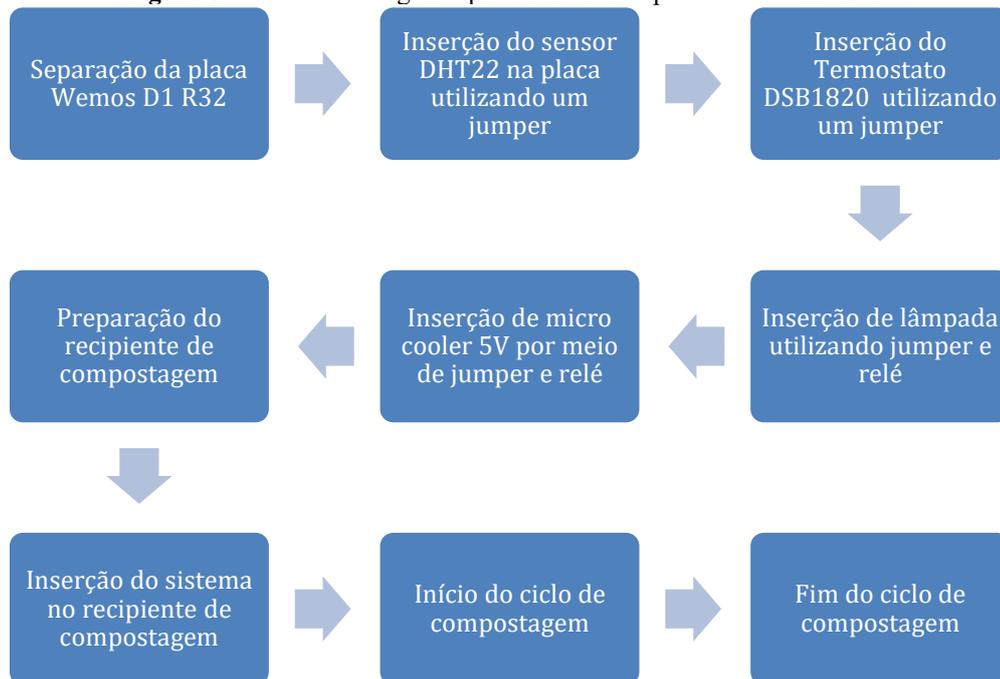
6 Metodologia

Foi realizada a montagem do trabalho (Figura 6) utilizando a placa Wemos D1 R32, juntamente com sensores responsáveis por realizar as aferições de temperatura e umidade, utilizando a linguagem C para integrar todas as partes e realizar a automação dos procedimentos, e a plataforma TAGO.io para armazenar os dados coletados. As aferições da composteira foram realizadas em intervalos regulares e geraram gráficos relacionados as informações enviadas previamente. A ideia principal foi viabilizar e disseminar o uso de composteiras nos ambientes domésticos.

7 Desenvolvimento

O desenvolvimento desse projeto foi feito conforme o fluxo representado na Figura 6, no qual estão demonstradas todas as etapas importantes para obter resultados positivos e atingir os objetivos propostos. O primeiro passo para a automatização da composteira foi montar o sistema eletrônico para monitorar e controlar os parâmetros necessários. Para isso, foi utilizada a placa Wemos D1 R32 baseada no microcontrolador ESP32. Além disso, foram utilizados os sensores de temperatura DS18B20 e de umidade e temperatura DHT22, 2 relés para controle da lâmpada e do micro cooler 5V.

Figura 6 Fluxo da montagem e processo da Composteira Automatizada.



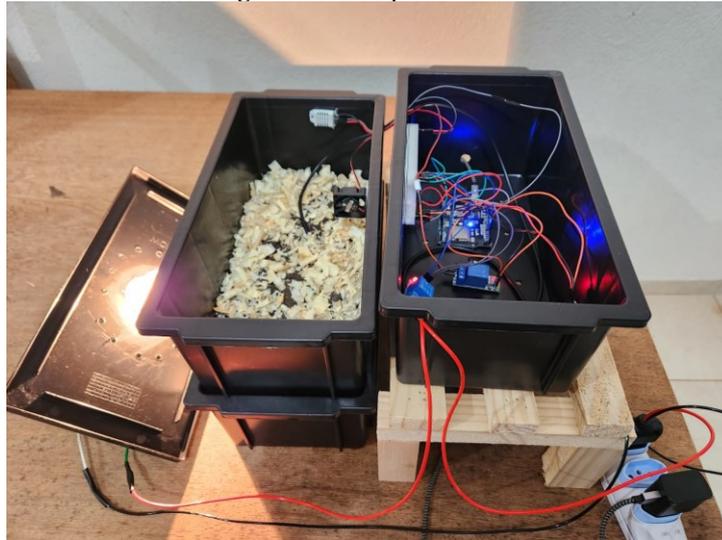
Fonte: Os autores.

Inicialmente, conectamos os sensores DS18B20 e DHT22 à placa Wemos D1 R32, seguindo as especificações do datasheet de cada componente. Em seguida, realizamos a interligação dos relés, responsáveis pelo acionamento da lâmpada e do micro cooler, garantindo a segurança e o controle adequado do ambiente da composteira (Figura 7).

Após a montagem física dos componentes, é necessário programar a placa Wemos D1 R32 para que ela possa coletar os dados dos sensores e controlar os relés. Utilizaremos a linguagem de programação C para realizar essa tarefa, aproveitando as bibliotecas disponíveis para os sensores e os relés. O código desenvolvido será capaz de ler a temperatura e a umidade do ambiente, acionar a lâmpada e o cooler de acordo com os parâmetros definidos e enviar esses dados para a plataforma do TAGO.io.

A plataforma do TAGO.io é uma solução online que permite a coleta, visualização e análise de dados em tempo real. Para conectar o sistema eletrônico da composteira com o TAGO.io, utilizaremos a biblioteca disponível para a placa Wemos D1 R32, que facilita a integração com a plataforma.

Figura 7 Protótipo montado.

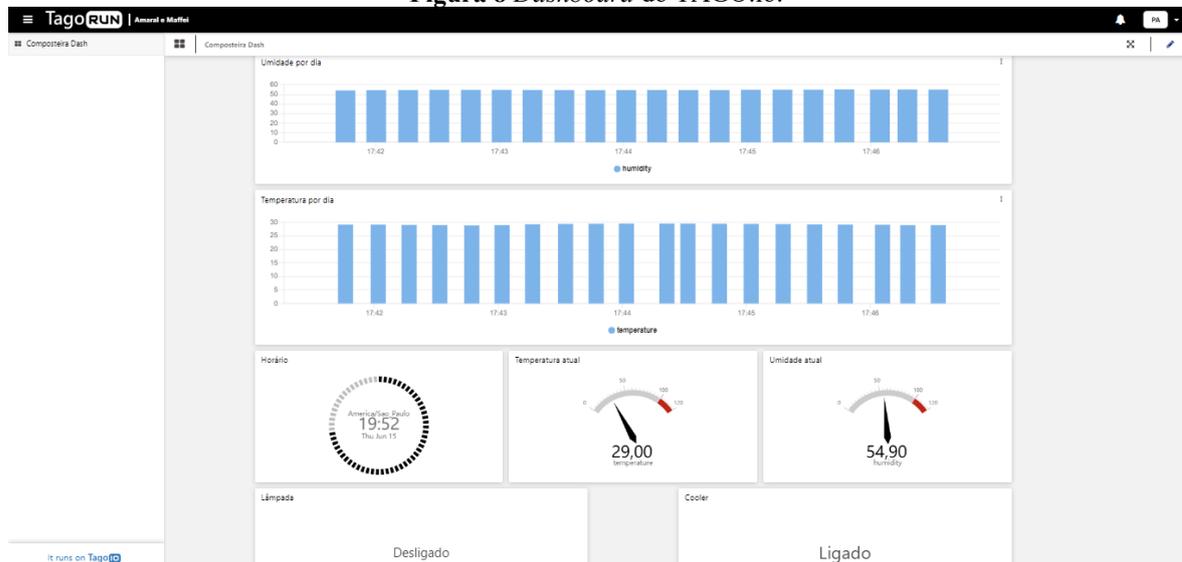


Fonte: Os autores

Ao realizar a conexão com o TAGO.io, foi necessário configurar os dados de acesso, como a chave de *API* e as variáveis que são enviadas para a plataforma. Essas variáveis podem ser a temperatura, a umidade, o *status* da lâmpada e do *cooler*, entre outras informações relevantes para o monitoramento da composteira.

Uma vez conectado ao TAGO.io, os dados coletados pelos sensores foram enviados para a plataforma e permitiram a visualização em tempo real por meio de gráficos e tabelas (Figura 8). Além disso, é possível configurar alertas e notificações para monitorar o sistema de compostagem.

Figura 8 Dashboard do TAGO.io.



Fonte: Os autores.

Com o sistema eletrônico montado e conectado à plataforma do TAGO.io, é possível iniciar o ciclo da compostagem.

Ao combinar corretamente esses materiais na composteira, fornecendo a

temperatura e a umidade adequadas e monitorando o processo por meio da automação e da plataforma do TAGO.io, é possível obter um composto orgânico de qualidade para uso próprio, contribuindo para a redução de resíduos e para a prática de uma vida mais sustentável.

8 Resultados e Discussões

A composteira desenvolvida utilizando um termostato DS18B20 em substituição ao módulo W1209, 2 relés, uma lâmpada, um micro cooler 5V, um sensor de temperatura e umidade DHT22, a placa Wemos D1 R32 e a plataforma TAGO.io apresentou bons resultados.

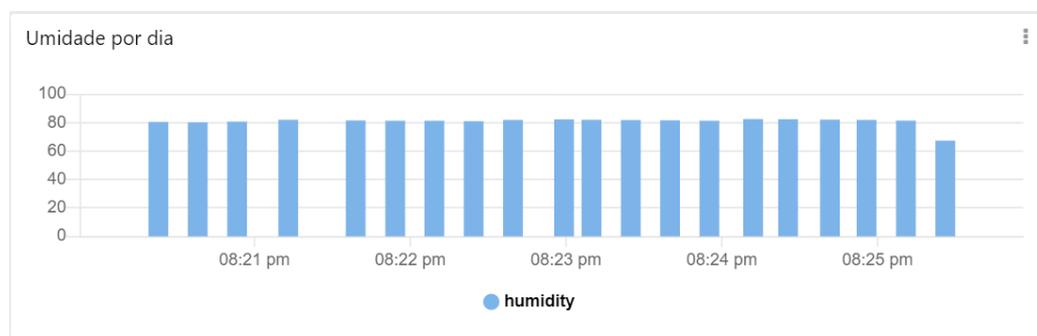
A utilização do termostato DS18B20 em vez do módulo W1209 mostrou-se uma escolha acertada. O DS18B20 é um sensor de temperatura digital de alta precisão, que forneceu medições confiáveis e estáveis ao longo do processo de compostagem. Sua integração com a placa Wemos D1 R32 permitiu a coleta precisa de dados de temperatura, fornecendo informações importantes para o controle e monitoramento do sistema.

A presença de 2 relés no sistema permitiu o acionamento de dispositivos externos, como a lâmpada e o micro cooler 5V. Esses componentes desempenharam um papel importante na regulação da temperatura e na ventilação da composteira. A lâmpada foi utilizada para elevar a temperatura em momentos necessários, enquanto o micro cooler 5V proporcionou a dissipação do calor excessivo. Essa combinação possibilitou o controle eficiente da temperatura dentro da composteira, criando condições ideais para a decomposição dos resíduos orgânicos.

O sensor de temperatura e umidade DHT22 foi responsável por fornecer informações precisas sobre a umidade relativa do ar. Essa informação foi fundamental para garantir as condições adequadas para o processo de compostagem, evitando níveis excessivos ou insuficientes de umidade, que poderiam comprometer a eficiência do processo.

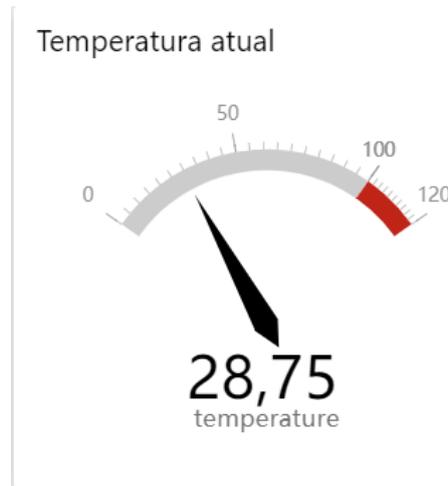
A placa Wemos D1 R32, atuando como o cérebro do sistema, desempenhou um papel central na coleta, processamento e transmissão dos dados. Sua capacidade de conectividade *Wi-Fi* permitiu a integração perfeita com a plataforma TAGO.io. Através dessa plataforma, foi possível visualizar e analisar os dados coletados em tempo real (Gráfico 1 e 2), proporcionando uma visão abrangente do funcionamento da composteira automatizada.

Gráfico 1 Gráfico de umidade TAGO.io



Fonte: próprios autores

Gráfico 2 Gráfico de umidade TAGO.io



Fonte: próprios autores

Durante os 6 meses de montagem e testes do protótipo, foi possível observar a eficiência do sistema na automação da composteira doméstica. A integração dos componentes eletrônicos e a correta programação da placa Wemos D1 R32 garantiram o funcionamento adequado do sistema de controle de temperatura e umidade, proporcionando condições ideais para a decomposição dos resíduos orgânicos.

É importante ressaltar que a documentação e o planejamento prévio do projeto foram cruciais para o sucesso da implementação. O tempo dedicado à pesquisa, estudo dos componentes e suas características, assim como a compreensão dos parâmetros adequados para a compostagem, permitiu uma abordagem sólida e eficiente durante a montagem do protótipo.

Em resumo, os resultados obtidos durante a implementação da composteira doméstica automatizada foram positivos e promissores. A utilização do termostato DS18B20, dos relés, da lâmpada, do micro cooler 5V, do sensor de temperatura e umidade DHT22, da placa Wemos D1 R32 e da plataforma TAGO.io proporcionou um controle preciso e eficiente do processo de compostagem. Essa abordagem tecnológica, aliada aos conhecimentos sobre os parâmetros adequados para a compostagem, contribuiu para a produção eficiente de composto orgânico e a prática de uma compostagem sustentável em ambiente doméstico.

Entretanto, a automação de uma composteira doméstica pode apresentar diversos desafios e problemas que podem comprometer o desenvolvimento do projeto. Durante a implementação, foram identificados alguns obstáculos que afetaram o funcionamento do sistema. Um dos problemas encontrados diz respeito ao módulo W1209, responsável por coletar e enviar dados para a placa de controle. No entanto, constatou-se que o W1209 não enviava os dados para a placa, limitando-se apenas a exibir os valores no *display*. Essa limitação impediu a integração adequada dos dados coletados com outras funcionalidades do sistema.

Aquisição de componentes eletrônicos também se mostrou um desafio. As compras em plataformas *on-line* demonstraram longos prazos de entrega, o que impactou negativamente o cronograma do projeto. Além disso, quando disponíveis em lojas físicas, os componentes eletrônicos mostraram-se muito caros, dificultando o acesso aos itens necessários para a automação da composteira.

A plataforma TAGO.io, utilizada para a integração e monitoramento dos dados coletados, apresentou um problema de desconexão. Se nenhum dado fosse recebido pela

plataforma em um período de 50 segundos, ela se desconectava da placa. Para sanar esse problema, o sistema deve enviar dados para a plataforma constantemente.

Embora se tenha alguns problemas durante o processo de automação da composteira doméstica, sanadas as dificuldades e obstáculos, desenvolvimento do projeto permitiu identificar que é possível e interessante ter uma composteira doméstica automatizada para evitar o descarte de resíduos orgânicos no meio ambiente.

9 Conclusões

Neste trabalho, foi feito o desenvolvimento de uma composteira doméstica automatizada, utilizando uma placa Wemos D1 R32, sensores de temperatura e umidade, relés, lâmpada e micro cooler 5V. Todo o processo de desenvolvimento do projeto foi demonstrado passo a passo, desde a definição do sistema eletrônico, incluindo a conexão com a plataforma do TAGO.io para visualização e análise dos dados coletados.

Durante o desenvolvimento percebeu-se a necessidade de encontrar os parâmetros adequados para o ciclo da compostagem, como por exemplo, a temperatura ideal de acordo com a literatura e os materiais a serem colocados na composteira. Ao adotar a automação nesse processo, é possível otimizar o controle e monitoramento da compostagem, contribuindo para uma produção eficiente de composto orgânico e para a prática de uma compostagem sustentável em ambiente doméstico. Em suma, a automatização da composteira doméstica apresenta-se como uma solução inovadora e ecologicamente responsável, que une a tecnologia e a sustentabilidade em prol da redução de resíduos e da produção de adubo natural.

10 Sugestão de Trabalhos futuros

A automação da composteira doméstica é uma área de pesquisa promissora, que visa facilitar e aprimorar o processo de compostagem de resíduos orgânicos. No desenvolvimento deste projeto, foi realizado o protótipo e a montagem do sistema na composteira, utilizando sensores de umidade e temperatura, lâmpada, micro cooler 5v, 2 relés, placa Wemos D1 R32 e a plataforma TAGO.io para monitoramento.

Diante do progresso já alcançado, há diversas sugestões de trabalhos futuros que podem ser realizados para aprofundar o estudo sobre a automatização da composteira doméstica, com foco em comparar o ciclo da compostagem tradicional ao método proposto neste trabalho. Algumas sugestões são:

Realizar uma avaliação abrangente do sistema automatizado já desenvolvido é um passo importante. Coletar dados e realizar testes práticos para verificar a eficiência do sistema, comparando-o com os métodos tradicionais de compostagem, fornecerá informações valiosas sobre sua eficácia e funcionamento. Aspectos como a velocidade da decomposição, a qualidade do composto produzido e a estabilidade do ambiente serão considerados nessa análise comparativa.

Investigar a viabilidade econômica do sistema automatizado é essencial para avaliar a sua aplicabilidade em escala doméstica. É necessário analisar os custos de produção, manutenção e operação do sistema, comparando-os com os benefícios obtidos, como a economia em resíduos descartados e a produção de adubo de alta qualidade. Essa análise permitirá determinar se o método proposto é economicamente viável e atrativo para os usuários. Além da análise econômica, é fundamental considerar o impacto ambiental do sistema automatizado em comparação com os métodos tradicionais de compostagem. Avaliar o

consumo de energia, a redução de resíduos enviados para aterros sanitários e a diminuição das emissões de gases de efeito estufa serão pontos de interesse nessa avaliação. Compreender o impacto ambiental do sistema proposto ajudará a determinar seu valor sustentável.

Buscar melhorias e otimizações no sistema automatizado é um trabalho contínuo. Explorar diferentes ajustes e aprimoramentos, como o controle mais preciso da temperatura e umidade, a utilização de algoritmos de aprendizado de máquina para prever e ajustar o processo de compostagem, e a integração de novas tecnologias, como sensores de pH, são exemplos de áreas que podem ser exploradas. Essas otimizações visam aperfeiçoar o sistema automatizado e maximizar sua eficiência.

Por fim, é importante documentar os resultados obtidos ao longo da pesquisa e disseminar o conhecimento adquirido. Comparar os dados obtidos com os métodos tradicionais de compostagem, destacando as diferenças, benefícios e limitações do sistema automatizado, contribuirá para a construção de uma base científica sólida e para a disseminação de informações relevantes. Isso pode ser feito por meio de publicações acadêmicas, apresentações em eventos científicos e até mesmo em forma de manuais ou guias práticos para o público interessado.

Ao continuar este trabalho, explorando o ciclo da compostagem e comparando o método tradicional ao proposto neste estudo, estarás contribuindo para o avanço do conhecimento nessa área. Com os trabalhos futuros sugeridos, será possível aprimorar o sistema automatizado de compostagem doméstica, promover a sustentabilidade e incentivar a adoção de práticas mais ecológicas.

Agradecimentos

Agradecemos nossa orientadora Valéria Maria Volpe e coorientador Mario Henrique de Souza Pardo pela ajuda prestada na montagem do protótipo do projeto e na orientação do artigo, e à professora Teresa Cristina Castilho Gorayeb pela ajuda e orientação nos conceitos de compostagem e resíduos.

Referências

COELHO, Vinicius Teixeira. DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UMA COMPOSTEIRA ELETRÔNICA PARA USO RESIDENCIAL. 2013. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação (Lato Sensu) em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

DORF, Richard C.; SVOBODA, James A. Introduction to electric circuits. 8^a ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc., 2016.

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP32 Datasheet. [s.l], [s.d.]. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf. Acesso em: 13 Jun. 2023.

HO, T. T. K.; LE, T. H.; NGUYEN, N. K. Q.; TRAN, C.S.; NGUYEN, P. T.; VO, T. D. H.; THAI, V. N.; BUI, X. T. Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity.

Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2022, v. 6 1 00211. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016422000330>. Acesso em: 13 Jun. 2023.

NASCIMENTO, J.; SILVA, P.; SANTOS, M. (2018). A influência do Cooler DC no resfriamento de computadores. Revista Brasileira de Tecnologia e Inovação, 5(2), 23-31.

PROFISSÃO REPÓRTER (ed.). Brasil desperdiça cerca de 27 milhões de toneladas de alimentos por ano; 60% vêm do consumo de famílias: pesquisas da ONU trazem dados alarmantes sobre desperdício no país. descarte de lixo eletrônico também prejudica a Amazônia. Pesquisas da ONU trazem dados alarmantes sobre desperdício no país. Descarte de lixo eletrônico também prejudica a Amazônia. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/profissao-reporter/noticia/2022/02/24/brasil-desperdica-cerca-de-27-milhoes-de-toneladas-de-alimentos-por-ano-60percent-vem-do-consumo-de-familias.ghtml>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SILVA, Janice Rodrigues da. AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM: USO DE SENSORES PARA MONITORAMENTO E CONTROLE DE PARÂMETROS DE UM PROCESSO SUSTENTÁVEL. 2019. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2019.

WAGNER, Brunah. UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA O MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS TEMPERATURA E UMIDADE EM COMPOSTEIRAS. 2017. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.