

COMPOSTEIRA ELETRÔNICA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

OLIVEIRA, Rogério Fernandes¹
MALUF, Marcio Nassif²

RESUMO

A separação de lixo para reciclagem, economia de energia, papel, desligar a torneira, reduzir o consumo de plástico, não jogar lixo nas ruas, são atitudes simples em seu cotidiano que ajudam a preservar o meio ambiente, sendo tratado neste projeto outro processo simples, mas menos conhecido, que também é um grande aliado do meio ambiente: a compostagem. A técnica de compostagem existe a milhares de anos, sendo ela um processo biológico onde os microrganismos como as bactérias, fungos e actinomicetes transformam a matéria orgânica (folhas, frutas, estrume, casca de ovo, papel, legumes, comidas no geral, e até mesmo tecidos) na presença de oxigênio, em uma substância homogênea, de cor castanha, com aspecto de terra: o adubo orgânico. Este projeto tem como objetivo a criação de uma composteira eletrônica doméstica, que poderá ser utilizada em casas e apartamentos, que transformará a matéria orgânica em adubo orgânico através do processo natural da degradação da matéria pelos micro-organismos, sendo utilizados neste projeto sensores e atuadores e uma placa de controle ESP-32 que juntos serão responsáveis por manter as condições ideais de temperatura, umidade e aeração, durante o processo de compostagem, fazendo com que o processo de decomposição seja acelerado.

Palavras-chave: compostagem, compostagem de resíduos sólidos, composteira.

1 INTRODUÇÃO

O mundo hoje busca por um ambiente sustentável, que destine corretamente os resíduos sólidos gerados pelas atividades humanas, no entanto, isso não acontece e

¹ Aluno do curso de Bacharelado em Engenharia da Computação da UNINTER.

² Professor orientador, Mestre em Engenharia Elétrica pela UFPR.

Artigo de Trabalho de Conclusão de Curso entregue como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Engenharia da Computação ao Centro Universitário Internacional UNINTER, Castanhal – PA, 2022.

tais resíduos são direcionados geralmente a grandes lixões a céu aberto ou aterros sanitários, o que resulta em produtos com alto poder poluidor como o chorume (possui um cheiro forte e desagradável, e pode poluir o solo, águas subterrâneas e rios), gás metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2) que são gases do efeito estufa, e no caso do gás metano pode provocar explosões e mau cheiro.

No Brasil o aterro sanitário é a técnica mais utilizada, e a compostagem vem sendo timidamente implementada em alguns estados, isso acontece devido ao fato de a compostagem exigir um maior investimento inicial, ter mais dificuldades operacionais, custo de tratamento superior ao aterro sanitário e até mesmo falta de conhecimento técnico aprofundado, no entanto, vale ressaltar que os benefícios ao meio ambiente são maiores.

O processo de compostagem é mostra-se de extrema importância para uma sociedade que busca a sustentabilidade, pois segundo o IPEA (Instituto de pesquisa aplicada – IPEA 2013), o Brasil recolhe cerca de 183,5 mil toneladas de resíduos sólidos por dia, sendo que 51,2% é de materiais orgânicos, quantidade essa que justifica o desenvolvimento de tecnologias para que possamos melhor empregar tais resíduos.

O composto gerado no processo de compostagem (Adubo orgânico) apresenta benefícios ao meio ambiente que vão além do fornecimento de um material rico em nutrientes e que melhora o crescimento das plantas, pois com sua adoção temos a redução do uso de fertilizantes químicos, a diminuição da quantidade de resíduos jogados nos aterros sanitários, a não geração de gases de efeito estufa.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Diversos fatores tornam o lixão a céu aberto a solução menos ecológica, por isso, tal processo já está praticamente extinto no Brasil, sendo utilizado atualmente o aterro controlado (também é uma forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos mas com menos impacto que o lixão) e o aterro sanitário que é menos prejudicial que os sistemas anteriores, mas que ainda assim apresenta alguns problemas como o uso de grandes extensões de terras, riscos aos animais selvagens, limite de quantidade de camadas de lixo, alto custo econômico na implantação e na manutenção, e o não reaproveitamento dos recursos sólidos gerados resultando em perda

econômica pois quanto mais resíduos são destinado aos aterros sanitários menos serão reciclados ou reutilizados.

O processo de compostagem pode colaborar com os dois processos citados anteriormente, evitando que a matéria orgânica chegue até eles, e gerando um produto rico em nutrientes para as plantas, o adubo orgânico.

Um dos fatores que inviabilizam o uso em massa do processo de compostagem em residências e apartamentos é o alto preço do equipamento, como por exemplo a “Composteira Elétrica Terraform Processador Resíduos Orgânicos 2Kg - Topema - Terraform – Topema” que custa em média R\$ 3.500,00 ou na versão para 5KG a “Composteira Elétrica Terraform Kitchen 5Kg” que custa em média R\$ 6.500,00, sendo esta marca uma das poucas opções de composteiras elétricas no mercado nacional, então como alternativa será implementado neste projeto uma composteira eletrônica de resíduos orgânicos de baixo custo e que poderá ser utilizada em casas e apartamentos.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Este projeto tem como objetivo desenvolver uma composteira eletrônica de resíduos orgânicos que possa ser utilizada em casas e apartamentos, e que acelere o processo de decomposição dos resíduos e possa ser utilizada com facilidade.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Desenvolver um equipamento eletrônico, composteira, que tem como objetivo acelerar o processo de decomposição dos resíduos orgânicos através do controle de três parâmetros, temperatura, umidade e aeração.

- Criar um software que faça a coleta de dados de temperatura, humidade, presença gás metano, e que de posse desses dados otimize o processo de decomposição dos resíduos através do acionamento dos atuadores, e ainda, informe quando o processo terminar baseado nos dados do sensor de PH.

- Realizar testes práticos para verificar se o equipamento está funcionando conforme esperado.

- Desenvolver uma composteira eletrônica de baixo custo, que fará a compostagem dos resíduos orgânicos gerados por uma residência ou apartamento, tendo como hardware uma placa de controle de ESP32, ESP-WROOM-32, que possuirá um software denominado “composteira” que receberá dados dos sensores de temperatura DS18B20, umidade do solo HD-38, gás MQ-2 e sensor de PH, e os processará, e com base nesse processamento acionará os respectivos atuadores como o sistema de ar quente ou frio, pulverizador de água e LED, e mostrará em uma tela de LCD informações sobre a temperatura, umidade, nível de gás e PH do sistema.

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 – Compostagem de resíduos orgânicos

Segundo a NBR-10.004 - Resíduos sólidos – classificação, de 1997a, da ABNT a denominação resíduo sólido; residuo do latim, significa o que sobra de determinadas substâncias, e sólido é incorporado para diferencia-lo de líquido e gases.

A compostagem é um processo de decomposição de matéria orgânica pela ação de fungos, bactérias e outros microrganismos (TEIXEIRA et al, 2004). O processo pode ser dividido em duas partes: uma física (desintegração) e outra química (decomposição) (SOUZA, AQUINO, RICCI, FEIDEN, 2001).

A processo de compostagem dos resíduos orgânicos é dividida em 4 fases distintas, na primeira acontece a decomposição, na segunda ocorrem reações bioquímicas intensas, na terceira ocorre o resfriamento e na quarta acontece a cura, maturação ou humificação e a mineralização do composto. (D’Almeida, 2000).

A atividade microbiana geralmente acontece na superfície das partículas, então para aumentar a superfície ativa do material devemos reduzir o tamanho das partículas do mesmo, aumentando a atividade microbiana e a taxa de decomposição, no entanto, partícula extremamente pequenas causam a compactação, bloqueando a circulação de ar, diminuindo a quantidade de oxigênio para os microrganismos e com isso diminuindo a atividade microbiana (FIALHO, 2005).

O aumento da temperatura na compostagem é resultado da liberação de calor na degradação microbiológica do material orgânico (TEIXEIRA et al, 2004). A temperatura ideal do processo é entre 50°C e 65°C, permitindo assim uma máxima intensidade da atividade microbiológica. Acima de 65°C e abaixo de 50°C, a atividade cai e o ciclo de compostagem fica mais longo (FERNANDES e SILVA, 1999).

O outro fator importante na compostagem é a umidade. Baixos teores de umidade, menores que 30%, diminuem consideravelmente a atividade microbiológica, aumentando o período da compostagem. Valores elevados, maiores que 60%, por outro lado, bloqueiam a porosidade da leira, causando anaerobiose e todas as suas consequências: odores, atração de vetores e chorume (PEREIRA NETO, LELIS, 1999). A faixa ideal de umidade para a ação dos microrganismos na compostagem é de 55% a 60% (TEIXEIRA et al., 2004) (FERNANDES e SILVA, 1999).

O PH também é um fator importante, ele inicia com valor baixo (mais ácido) e se eleva gradativamente, conforme literatura, passando pelo PH neutro, de acordo com o que foi observado por Sundberg et al. (2004) e Yue Huang (2009), cuja faixa ideal situou-se entre 6,5 e 7,5 e alcançando pH superior a 8,0, enquanto contiver nitrogênio amoniacal (MARAGNO et al., 2007).

Praticamente qualquer resíduo orgânico que iria para o lixo pode ser utilizado na composteira, como cascas de frutas, cascas de ovo, serragem, borra de café, guardanapo de papel e restos de comida. Devem ser utilizados preferencialmente materiais ricos em carbono, tais como serragem e palhas, e um baixo volume de materiais ricos em nitrogênio, apenas o suficiente para iniciar o processo de fermentação (SOUZA, AQUINO, RICCI, FEIDEN, 2001). A composteira perfeita tem três vezes mais materiais ricos em carbono do que materiais ricos em nitrogênio (RIBEIRO, 2011).

2.2 – Sensores e atuadores

Os sensores são dispositivos que tem a capacidade de medir variáveis física do ambiente em que se encontram, como, temperatura, humidade e quantidade de gás, etc..., e transformá-la em uma saída elétrica (FRANCHI; CAMARGO, 2009).

Os atuadores são dispositivos que tem a capacidade de modificar o ambiente em que se encontram, de acordo com o sinal elétrico recebido, ou seja, ele converte um

sinal elétrico em uma saída física, temos como exemplo de atuadores os motores, leds, alto-falantes, aquecedores, bombas d'água, entre outros (BOLZANI, 2004).

2.3 – Relé eletrônico

O relé eletrônico é um dispositivo eletromecânico, que tem como objetivo isolar fisicamente dois circuitos, sendo ativado pela corrente de um circuito, ou sinal, produzindo alterações em outros circuitos elétricos (ELECTRONICS, 2019).

2.4 – Microcontrolador

Um microcontrolador é basicamente um pequeno computador, pois ele reúne todos os componentes eletrônicos, núcleo de processador, memória, periféricos programáveis de entrada e saída, em um único chip (JUNIOR, 2013).

O módulo ESP32 é uma placa de desenvolvimento fabricada pela empresa Espressif, que possui diversos recursos para a criação de projetos, no módulo temos o chip ESP32, interface usb-serial, regulador de tensão 3.3V, e com ela você pode realizar gravação de firmware e testar aplicações em desenvolvimento sem ter que soldar o chip na placa. (ESPRESSIF, 2018).

3 - METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma composteira eletrônica de resíduos orgânicos, sendo a ela composta de hardware (sensores, atuadores, módulos relé, e uma placa de desenvolvimento ESP32), e um software (responsável por toda a lógica do sistema), sendo utilizado o SDK ESP-IDF e um sistema operacional de tempo real freeRTOS, juntamente com algumas bibliotecas para o desenvolvimento do referido software.

3.1 – Hardware utilizado

A composteira terá os seguintes itens de hardware:

- **ESP32:** é uma série de microcontroladores de baixo custo e baixo consumo de energia, sendo utilizado neste projeto o **ESP-WROOM-32**, que possui um cristal de 40MHz, memória flash integrada de 4MB, antena embutida e blindagem EMI, Wi-Fi e Bluetooth embutidos além de diversos outros recursos.

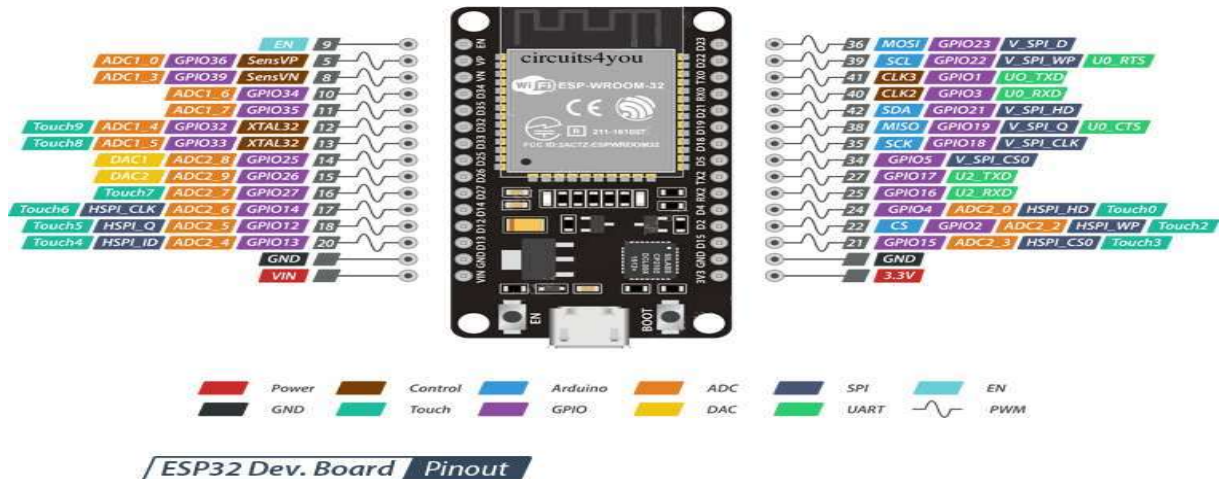


Figura 1 - ESP-WROOM-32

Disponível em: <<https://lobodarobotica.com/blog/esp32-pinout/>>. Acesso em 07 de abril de 2022.

- **Sensor de temperatura DS18B20:** é um sensor de temperatura a prova d'água, que não sofre interferência em função da distância do seu cabo. Ele possui resolução de 9 a 12 bits (configuráveis) para leituras de temperatura através de uma interface 1-Wire, de modo que apenas um fio (e terra) deve ser ligado ao microcontrolador.



Figura 2 - Sensor de temperatura DS18B20

Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-sensor-de-temperatura-ds18b20-prova-dagua-do-tipo-sonda>>. Acesso em 07 de abril de 2022.

- **Sensor de umidade do solo HD-38:** é um sensor que funciona com a tensão de 3,3 a 12V, possui saída analógica e digital, tendo sua sensibilidade ajustada via potenciômetro, e que pode ler um certo nível de umidade.



Figura 3 - Sensor de umidade do solo HD-38

Disponível em: < <https://mundoprojetado.com.br/sensor-de-umidade-capacitivo-para-solo/>>. Acesso em 07 de abril de 2022.

- **Sensor de gás MQ-2:** Este sensor, funciona com tensão de alimentação de 5V, e é capaz de detectar concentrações (300-10.000ppm) de gases combustíveis como o Metano, e outros inflamáveis.



Figura 4 - Sensor de gás MQ-2 com placa de suporte feita pelo autor

Fonte: Próprio autor

- **Sensor de PH com Módulo PH4502C:** Utilizado para mediar a nível de acidez da matéria orgânica.



Figura 5 - Sensor de PH com Módulo PH4502C

Disponível em: < <https://roboticaparatodos.com.br/wp-content/uploads/2019/11/Roteiro-Q01-PHmetro-Digital.pdf> >. Acesso em 07 de abril de 2022.

- **Triturador:** Basicamente um motor com lâminas acopladas que irá reduzir o volume de matéria orgânica inserida na composteira, diminuindo a granulometria do material, e com isso acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica.



Figura 6 – Triturador de resíduos orgânicos

Fonte: Próprio autor, 2022

- **Sistema de ar quente e frio:** É composto de uma resistência cônica, utilizada para aquecer o ar dentro da composteira, e um mini compressor de ar que empurrará ar frio pra dentro da composteira a cada 3 horas, ajudando na aeração do composto.



Figura 7 – Resistencia cônica e mini bomba de ar

Fonte: Próprio autor, 2022

- **Pulverizador de água:** é composto por um bico nebulizador de água e uma minibomba de água.

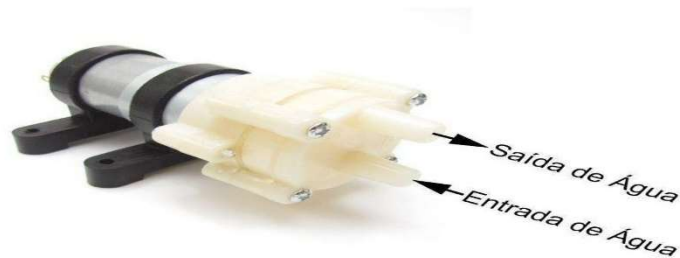


Figura 8 – Mini bomba de água

Fonte: Próprio autor, 2022

- **Módulo relé:** Será a interface de saída com relé que acionará os atuadores, pois os mesmos trabalham com tensões e correntes incompatíveis com a saída digital do microcontrolador ESP-32.

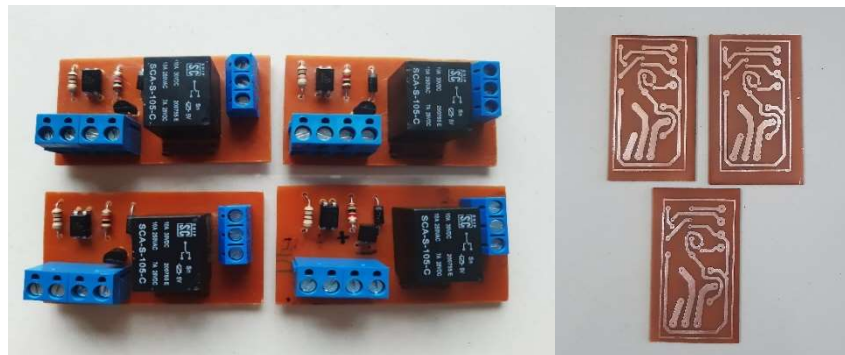


Figura 9 – Módulos relé feitos pelo autor

Fonte: Próprio autor, 2022

- **Display LCD 16x2:** Responsável por mostrar informações ao usuário através de um display.

- **Placa de expansão para a placa de controle ESP-32:** É uma placa adaptadora projetada para permitir ao usuário do ESP-32 utilizar conectores bornes em seus terminais de expansão, facilitando as conexões.

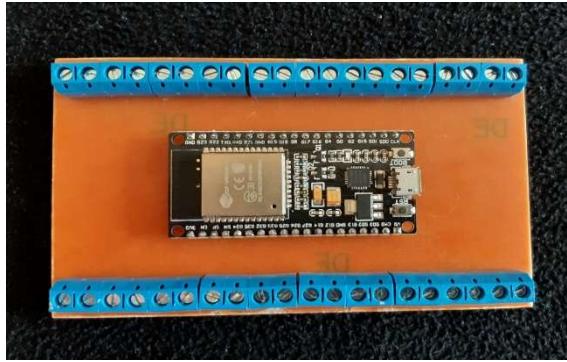


Figura 10 – Placa de expansão feita pelo autor

Fonte: Próprio autor, 2022

– **Placa de expansão para os módulos relé de 5V:** É uma placa que recebe uma entrada 5V na entrada e fornece quatro saídas de 5V na saída, reduzindo para um a quantidade de fontes usadas para ligar os relés.



Figura 11 – Placa de expansão para alimentar os módulos relé, feito pelo autor.

Fonte: Próprio autor, 2022

3.2 - Software utilizado

O projeto contempla os seguintes recursos de software:

- **SDK-IDF:** contém essencialmente API (bibliotecas de software e código-fonte) para ESP32 e scripts para operar o conjunto de ferramentas. Será utilizada a linguagem de programação C para construção do software da composteira.

- **Visual Studio Code:** É um editor de código redefinido e otimizado para construir e depurar aplicativos modernos.

- **Sistema operacional de tempo real:** será usado o FreeRTOS.

3.3 - Desenvolvimento

3.3.1 – Montagem do hardware

Os sensores, módulos relés e LED serão conectados diretamente ao ESP32 através de seus pinos de entrada e saída, e os atuadores serão acionados pelas interfaces de saída que são os módulos relés.

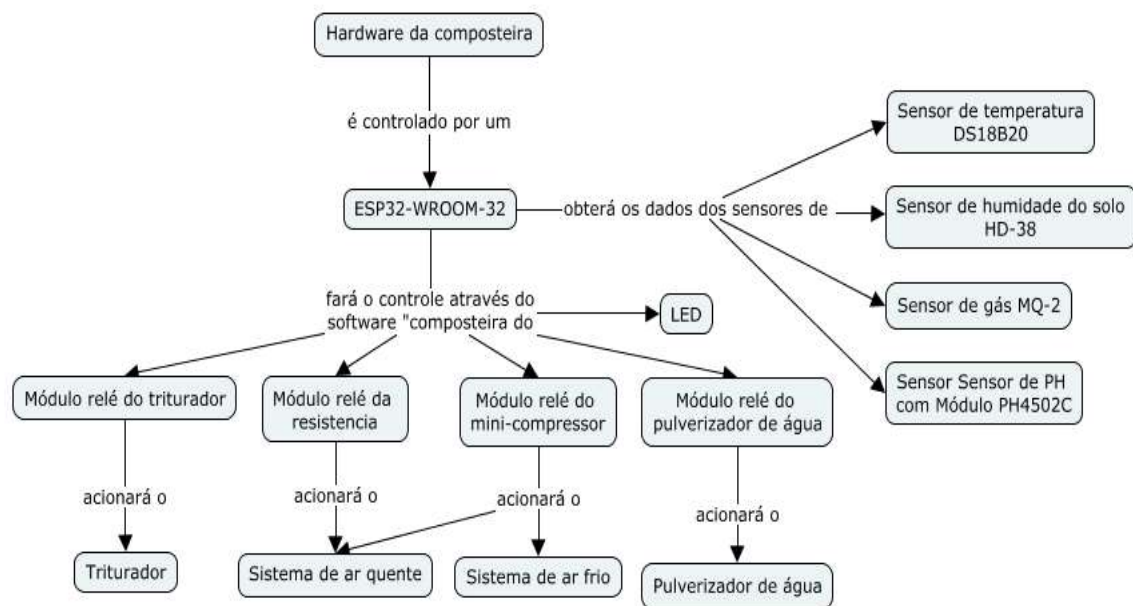


Figura 12 – Esquema de funcionamento e montagem do hardware

Fonte: Próprio autor, 2022

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Fotos do protótipo

As Figuras 13 a 16 apresentam fotos do protótipo montado do projeto.



Figura 13 – Frente da composteira de resíduos orgânicos.

Fonte: Próprio autor, 2022

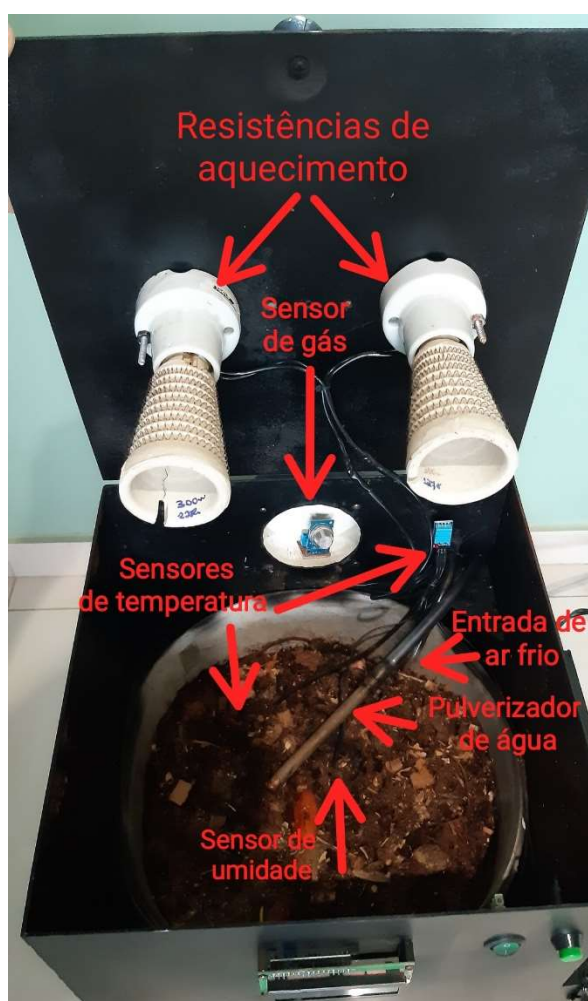


Figura 14 – Parte interna da composteira de resíduos orgânicos.

Fonte: Próprio autor, 2022



Figura 15 – Parte traseira da composteira de resíduos orgânicos.

Fonte: Próprio autor, 2022

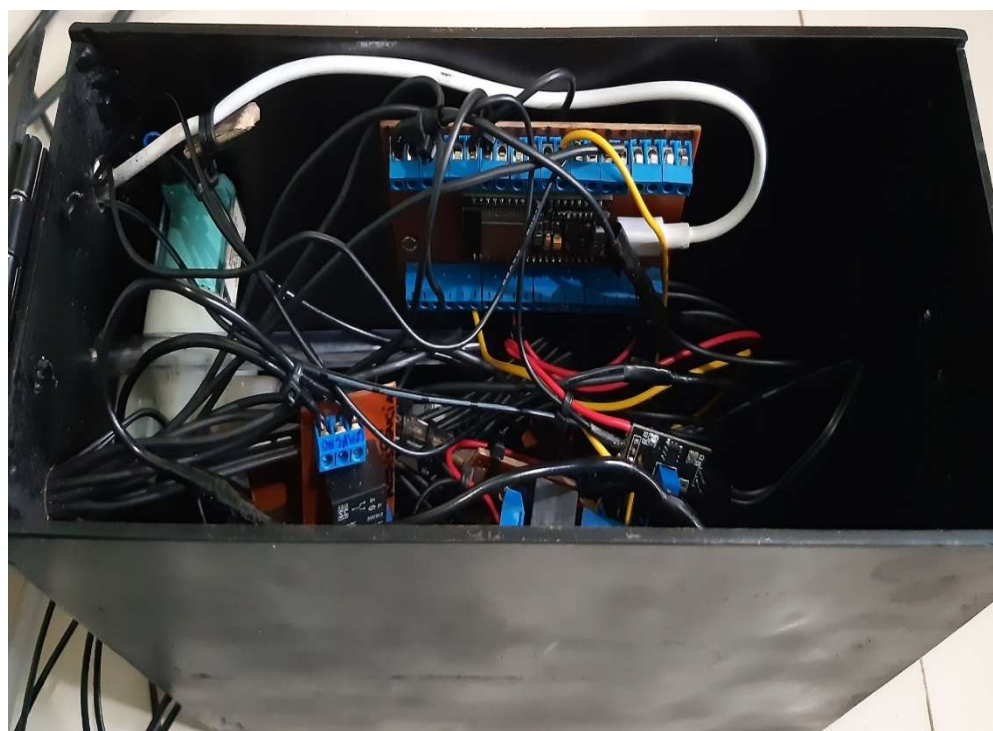


Figura 16 – Parte de controle da composteira de resíduos orgânicos.

Fonte: Próprio autor, 2022

4.2 Programação do software

O software do sistema é composto pelos seguintes elementos e funcionalidades de controle:

- **O software “composteira”:** coletará os dados dos sensores de temperatura DS18B20, umidade HD-38, gás MQ-2, e de PH, e fará o processamento das informações e baseado nele fará o acionamento dos atuadores da seguinte forma:

- **O triturador:** tem a função de triturar o material inserido, acelerando o processo de decomposição através da diminuição da granulometria do material, antes do processo de decomposição iniciar, sendo acionado através de um botão.

- **O sistema de ar quente:** tem a função de aumentar a temperatura do ar dentro da composteira e com isso esquentar o material orgânico, controlando sua temperatura, sendo acionado quando a temperatura for menor que 50°C e desligado quando chegar em 65°C.

- **O sistema de ar frio:** tem como função forçar a entrada de oxigênio para dentro da matéria orgânica (aeração forçada), sendo ligado por 1min 8x ao dia, ou seja, de 3 em 3 horas.

- **O pulverizador de água:** tem como função aumentar a umidade da matéria orgânica, adicionando vapor de água na mesma, sendo acionado quando a umidade estiver abaixo de 55% e desligado quando a umidade chegar em 60%.

- **O sistema:** mostrará no monitor de LCD quando o PH da matéria orgânica atingir um valor entre 6,5 e 7,5, indicando o término da compostagem.

- **Display de LCD 16 x 2:** mostrará o valor medido nos sensores de temperatura, umidade, gás, PH, e tempo de compostagem em dias. E caso o sensor de gás meça valores acima de 5% de gás metano será mostrado no LCD uma mensagem mandando adicionar matéria orgânica seca.

- **Válvula solenoide:** será acionada sempre que o pulverizador de água estiver ligado, para segurar a pressão da água da torneira, pois a mini bomba de água deixava a água passar sem que a mesma fosse acionada, pois ela não resistia a pressão da torneira.

4.2.1 Trechos de Código

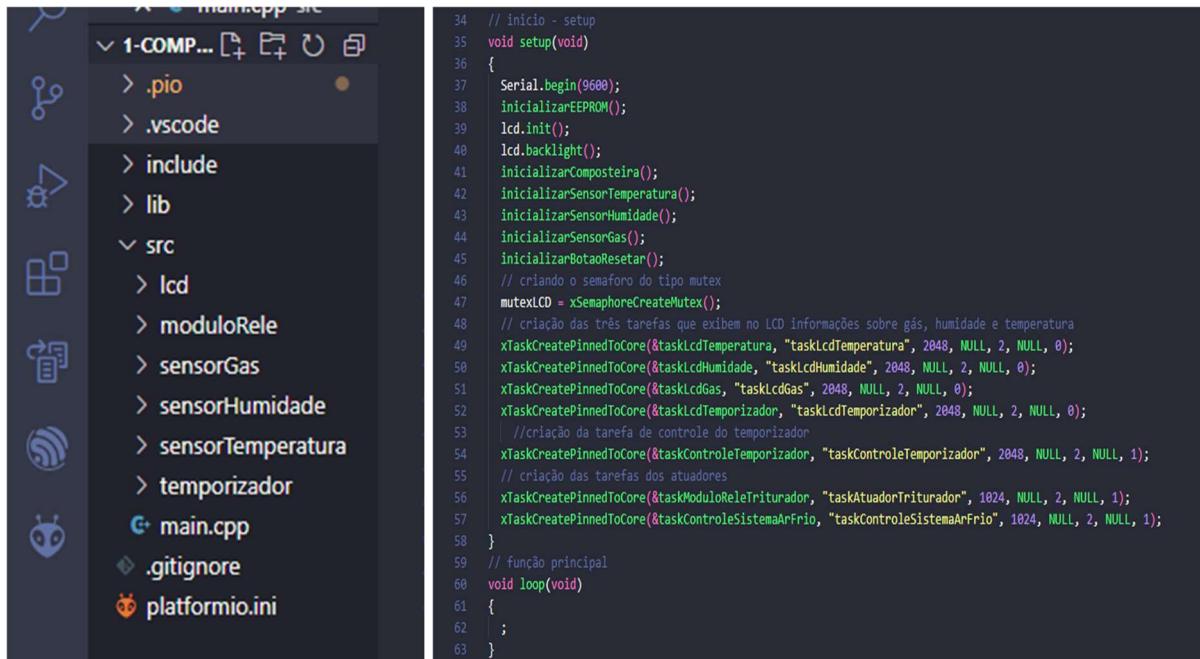


Figura 17a – Estrutura do projeto

Figura 17b – Função principal do código

Fonte: Próprio autor, 2022

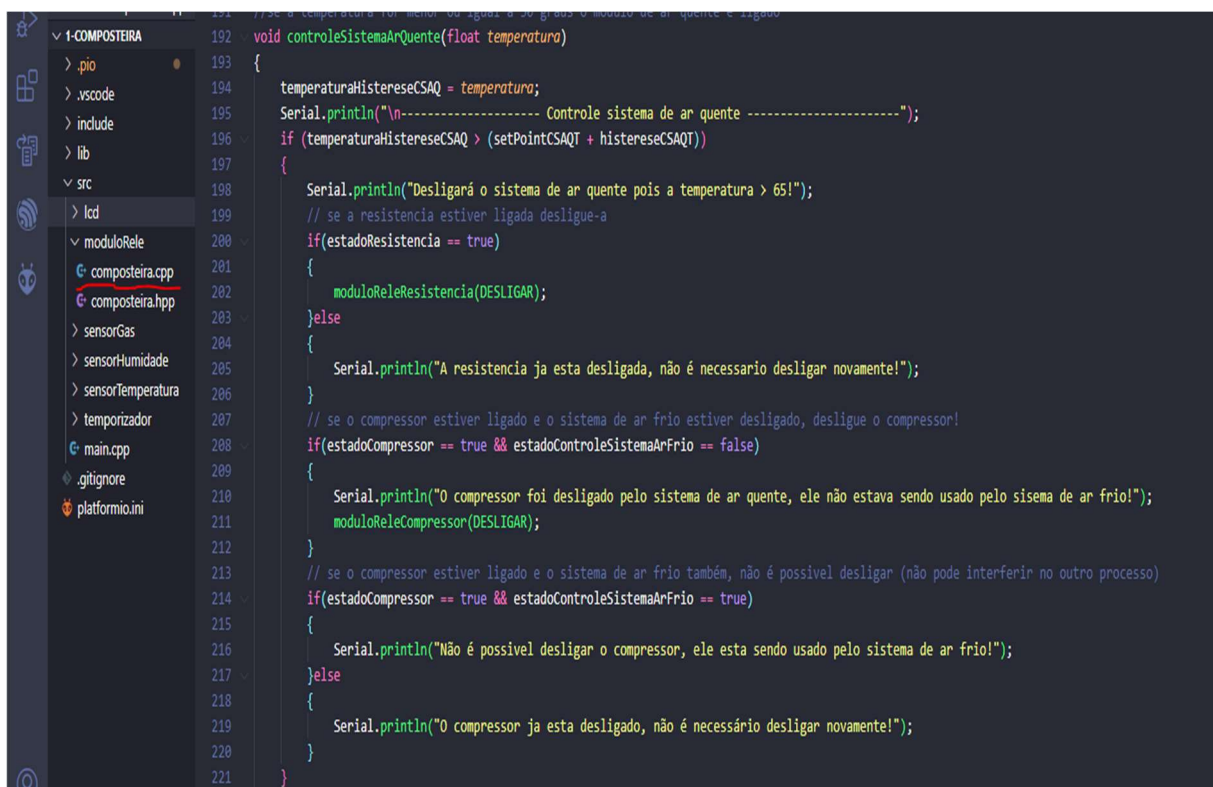


Figura 18 – biblioteca denominada composteira, que controla os módulos relé

Fonte: Próprio autor, 2022

4.3 Temperatura

A temperatura do composto do dia 01 ao dia 05 alcançou a temperatura de 45,09°C, evidenciando que nesse intervalo ocorreu a fase mesófila. Do dia 06 ao dia 11 ocorreu a fase mais intensa da decomposição, deixando explícito a ocorrência da fase termófila, que é a fase da bioestabilização do composto, e que pode alcançar altas temperaturas, neste caso 55,65°C no dia 08. Após esse período, do dia 12 ao 15, a temperatura se inverteu e ficou com valores próximos da 45°C, conforme tabela 1, indicando o retorno a fase mesófila, indicando o término da bioestabilização e o início da humificação que é a fase criófila (maturação do composto), onde o composto adquire a temperatura ambiente, sendo esta a fase mais longa do processo.

Tabela 1 – Tabela de temperaturas

Tabela de temperaturas	
Dias	Temperatura
01	27,03°C
02	28,97°C
03	33,56°C
04	39,66°C
05	45,09°C
06	49,25°C
07	54,84°C
08	55,65°C
09	53,19°C
10	49,55°C
11	47,58°C
12	45,92°C
13	41,72°C
14	38,02°C
15	36,23°C

Fonte: Próprio autor, 2022

A medição de temperaturas foi feita diariamente e sempre no horário de 9h00min da manhã, e sem seguida feito o reviramento do composto para ajudar na aeração.

4.4 Umidade

A humidade é um dos fatores mais importantes no processo de compostagem, sendo que a faixa ideal de umidade para a ação dos microrganismos na compostagem é de 55% a 60% (TEIXEIRA et al., 2004) (FERNANDES e SILVA, 1999), sendo a mesma mantida nesses valores durante o período de 15 dias.

A umidade foi verificada todos os dias no horário de 9h00min, através do valor capturado pelo sensor de humidade e mostrado no LCD da composteira, sendo ainda verificada a presença de mau cheiro através do valor capturado pelo sensor de gás e mostrado no LCD da composteira e também de forma natural, não sendo detectado a presença de mau cheiro na composteira durante os 15 dias de compostagem.

4.5 PH

O PH também é um fator importante no processo de compostagem, ele iniciou com o valor de 4.9 (mais ácido) e se elevou até chegar em 6.2 (mais básico) no 15º dia quando foi finalizado o experimento.

4.6 Chorume

O Chorume é o líquido proveniente da decomposição natural dos resíduos orgânicos. A produção do mesmo é maior nos processos anaeróbicos que nos aeróbicos. A composteira não apresentou chorume, provavelmente em decorrência do sistema de ar frio ser ligado a cada 3 horas para fazer a aeração da mesma, favorecendo o processo aeróbico.

4.7 Composto

O composto produzido pela composteira tem um cheiro agradável de terra úmida, formando uma massa marrom escura, não sendo possível identificar os materiais utilizados, exceto algumas partes da serragem grossa que foi utilizada. Que de acordo com Maragno et al (2007), são materiais de degradação mais lenta (FIGURA 19).



Figura 19 – Composto com serragem grossa

Fonte: Próprio autor, 2022

Não foi detectado qualquer tipo de agente patogênico na composteira como larvas, moscas ou bolor.

Para determinar a maturação do composto de forma simples foi utilizada a metodologia proposta por Silva (2003). Foi misturado uma porção do composto em um becker de 500ml com água e agitado por alguns segundos (Figura 20), se após a agitação o líquido ficasse escuro, com aspecto de uma tinta preta e algumas partículas em suspensão, o composto estaria curado, pronto para uso. Caso a água não fique tingida de preto e o material se depositar no fundo do becker, então o processo de compostagem ainda não estaria terminado.



Figura 20 – Composto com serragem grossa

Fonte: Próprio autor, 2022

De acordo com os parâmetros estabelecidos pelo autor do teste, o composto produzido não está pronto para uso, pois a água ficou tingida de marrom escuro e não preto, e ainda ficou composto no fundo do becker.

5 CONCLUSÕES

O controle de temperatura da composteira não foi suficiente para aquecer todo o composto por igual pois as resistências de aquecimento foram instaladas apenas na parte superior da composteira, conforme figura 14, devido a isso as temperaturas obtidas no composto durante o processo ficaram conforme tabela 1, e não conforme as referências desejadas (FERNANDES e SILVA, 1999), entre 50 e 65°C, no entanto, a humidade da composteira se manteve dentro do que foi estabelecido por (TEIXEIRA et al., 2004) (FERNANDES e SILVA, 1999) de 55% a 60%.

Na composteira não foi detectado a presença de chorume, mau cheiro ou agentes patogênicos, sendo este o resultado da combinação de alguns fatores como a aeração forçada através do sistema de ar frio, aumento da temperatura devido ao sistema de ar quente, e do sistema de controle da humidade.

Embora o composto produzido pela composteira eletrônica de resíduos orgânicos não esteja pronto para uso em 15 dias, conforme teste de maturação do composto feito utilizando a metodologia proposta por Silva (2003), o mesmo já está no início da fase criófila (maturação do composto) pois a temperatura já se aproxima da temperatura ambiente, indicando uma aceleração no processo de compostagem.

Os valores de PH obtidos durante a compostagem foram de 4,9 para 6,2 em 15 dias, não ficando dentro da faixa ideal de 6,5 a 7,5 (MARAGNO et al., 2007), mostrando que embora seja relativamente difícil controlar o PH durante o processo de maneira manual, o valor de PH estava sendo corrigido pela ação dos microrganismos que acabam produzindo substâncias ácidas e básicas de acordo com as características do composto (PEREIRA NETO, 2014).

Conclui-se que a compostagem doméstica de resíduos orgânicos é uma alternativa viável, pois ela pode gerar um composto (adubo) rico em nutrientes para as plantas e ainda diminui a quantidade de resíduos sólidos que seriam destinados aos grandes lixões a céu aberto, aterro controlado, ou aterros sanitários, reduzindo os impactos ambientais e com isso trazendo grandes benefícios ao meio ambiente.

Foi possível desenvolver um equipamento completo, hardware e software, que embora não seja um equipamento muito complexo, o projeto ajudou a ter uma visão geral sobre os sistemas computacionais e ainda colocar em prática tópicos de algumas matérias como sistemas embarcados, eletrônica analógica e digital, análise de circuitos elétricos, lógica de programação e algoritmos, raciocínio lógico, qualida-

de de software, linguagens de programação, programação orientada a objetos, sistemas operacionais, microcontroladores e microprocessadores, arquitetura de computadores e engenharia de software.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RIBEIRO, Raquel. Guia de Compostagem Caseira. Brasil, PDF, Disponível em: <<http://www.compostagem.ecophys.com.br/files/Guia-de-Compostagem-Caseira---Raquel-Ribeiro---2-Edicao---2013.pdf>> Acesso em: 05 de agosto de 2021.

IPEA. Brasil coleta 183,5 mil toneladas de resíduo sólidos por dia. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=13932> Acesso em: 06 de agosto de 2021.

Espressif, ESP32 Technival Reference Manual – Espressif Systems, Disponível em <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf> Acesso em: 07 de agosto de 2021.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. da. Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos. Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB), 1999.

Brasil precisa cumprir Política Nacional de Resíduos Sólidos, Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 30 de abril de 2021. Disponível em: <<https://cbic.org.br/sustentabilidade/2021/04/30/brasil-precisa-cumprir-politica-nacional-de-residuos-solidos/>> Acesso em: 02 de fevereiro de 2022.