

Etec Euro Albino de Souza
Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico
em Automação Industrial

Letícia Tafner Cossa
Bianca Caroline de Jesus
Maria Eduarda Menegoni Leyn
Enzo Signoretti Pina

Lixeira Inteligente: Reciclagem Automatizada

ETEC EURO ALBINO DE SOUZA
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO
EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

LETÍCIA TAFNER COSSA
BIANCA CAROLINE DE JESUS
MARIA EDUARDA MENEGONI LEYN
ENZO SIGNORETTI PINA

LIXEIRA INTELIGENTE: RECICLAGEM AUTOMATIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à ETEC Euro Albino de Souza, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, submetida à banca examinadora do curso Ensino Médio com Habilitação Profissional, como requisito para obtenção do diploma de Técnico em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Ms. Diogo Pedriali.

C836l Cossa, Letícia Tafner; Jesus, Bianca Caroline de; Leyn, Maria Eduarda Menegoni; Pina, Enzo Signoretti.

Lixeira Inteligente: Reciclagem Automatizada – Mogi Guaçu/SP, 2024.

38 p.

Trabalho de Conclusão do Curso de Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em Automação da ETEC Auro Albino de Souza, de Mogi Guaçu.

Orientador: Professor Mestre Diogo Pedriali
I. Reciclagem. II. Meio Ambiente. III. Sensor Indutivo.

CDD: 338.4

Etec Euro Albino de Souza
Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico
em Automação Industrial

Letícia Tafner Cossa
Bianca Caroline de Jesus
Maria Eduarda Menegoni Leyn
Enzo Signoretti Pina

Lixeira Inteligente: Reciclagem Automatizada

Monografia aprovada por banca examinadora em 26 de novembro de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Diogo Pedriali – (Orientador)

Prof. Luis Carlos Pompeu

Prof. Cicero Augusto Queiroz de Mello

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos pais, que transformaram nossos sonhos em suas prioridades. Eles, que estiveram ao nosso lado em todos os momentos, seguraram nossas mãos e nos deram a força necessária para continuar. Nossa eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a todos os professores do curso de Automação Industrial da ETEC Euro Albino de Souza, por todo o conhecimento e apoio que nos deram, durante estes três anos.

Aos colegas do curso, com quem pudemos compartilhar tantos momentos e aprender juntos. A companhia de vocês foi muito importante.

Agradecemos, especialmente, ao nosso orientador, professor Diogo Pedriali, pela paciência e orientação durante todo esse tempo. Sua ajuda foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

À ETEC Euro Albino de Souza, por oferecer um ambiente onde pudemos aprender e crescer tanto. Muito obrigado a todos.

“A maneira de se conseguir boa reputação reside no esforço em se ser aquilo que se
deseja parecer.”
Sócrates.

RESUMO

O aumento exponencial do consumo e da produção de resíduos tem gerado impactos significativos no meio ambiente, resultando em efeitos climáticos devastadores. Esses efeitos incluem a poluição do ar e da água, além da degradação do solo. O crescimento descontrolado de resíduos leva a um aumento substancial na emissão de gases de efeito estufa, intensificando o aquecimento global e, por conseguinte, trazendo à tona desafios ambientais que se tornam cada vez mais urgentes. A sociedade enfrenta, assim, uma crescente preocupação com a sustentabilidade e a necessidade premente de adotar práticas *eco-friendly*. A falta de conscientização, aliada a uma infraestrutura inadequada, resulta em um desperdício alarmante de recursos valiosos que poderiam ser reciclados ou reutilizados. Além disso, a má gestão de resíduos é um fator que pode desencadear problemas de saúde pública, como a contaminação de lençóis freáticos e a proliferação de vetores de doenças. Nesse contexto, a Automação Industrial se apresenta como uma solução viável, permitindo operações eficientes e de baixo custo, levando à criação e implementação da Lixeira Inteligente. Essa tecnologia utiliza sensoriamento para identificar e separar automaticamente resíduos metálicos e não metálicos, otimizando, assim, a coleta seletiva. Essa otimização não apenas promove a conscientização sobre a importância da reciclagem, mas também aumenta a eficiência do processo, minimizando o impacto ambiental. Ademais, a reciclagem de materiais metálicos resulta em economia de energia em comparação à sua produção a partir de matérias-primas virgens. A implementação dessas tecnologias é, portanto, um passo crucial rumo à sustentabilidade e à preservação do nosso meio ambiente.

Palavras-chave: Lixeira inteligente. Reciclagem. Sustentabilidade. Sensor indutivo.

ABSTRACT

The exponential increase in the consumption and production of waste has generated significant impacts on the environment, resulting in devastating climate effects. These effects include air and water pollution, as well as soil degradation. The uncontrolled growth of waste leads to a substantial increase in the emission of greenhouse gases, intensifying global warming and, consequently, bringing to light environmental challenges that become increasingly urgent. Society is thus facing a growing concern with sustainability and the pressing need to adopt eco-friendly practices. Lack of awareness, coupled with inadequate infrastructure, results in an alarming waste of valuable resources that could be recycled or reused. In addition, poor waste management is a factor that can trigger public health problems, such as the contamination of groundwater and the proliferation of disease vectors. In this context, Industrial Automation presents itself as a viable solution, allowing efficient and low-cost operations, leading to the creation and implementation of the Smart Recycle Bin. This technology uses sensing to automatically identify and separate metallic and non-metallic waste, thus optimizing selective collection. This optimization not only promotes awareness of the importance of recycling but also increases the efficiency of the process while minimizing environmental impact. In addition, the recycling of metal materials results in energy savings compared to their production from virgin raw materials. The implementation of these technologies is, therefore, a crucial step towards sustainability and the preservation of our environment.

Key words: Smart trash can. Recycling. Sustainability. Inductive sensor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma inclusão e exclusão da revisão sistemática.....	18
Figura 2 - Fluxograma de programação.....	23
Figura 3 - Cronograma.....	27
Figura 4 - Desenho técnico.....	28
Figura 5 - Custos.....	29
Figura 6 - Estrutura de metalon.....	29
Figura 7 - Protótipo.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETEC	Escolas Técnicas do Estados de São Paulo
CO₂	Dióxido de Carbono
LED	Diodo Emissor de Luz (<i>Light-Emitting Diode</i>)
PTCC	Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso
MDF	Fibras de Média Densidade
IEEE	Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>)
PRISMA	Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>)
PNP	Positivo-negativo-positivo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.2	JUSTIFICATIVA	15
1.2.1	ANÁLISE FINANCEIRA	15
1.2.2	ANÁLISE SOCIAL	15
1.2.3	ANÁLISE AMBIENTAL	15
1.2.4	ANÁLISE DE SEGURANÇA	15
1.3	RELEVÂNCIA	16
1.4	ACESSIBILIDADE	16
2	DESENVOLVIMENTO	17
2.1	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1.1	METODOLOGIA CIENTÍFICA	18
2.2	FUNDAMENTAÇÃO	19
2.3	RECICLAGEM	19
2.3.1	IMPACTOS ECONÔMICOS	20
2.3.2	PROPRIEDADES DOS MATERIAIS	21
2.4	SENSORES	21
2.5	PROGRAMAÇÃO	23
2.6	RECURSOS NECESSÁRIOS	26
2.6.1	PÚBLICO ALVO	27
2.6.2	CRONOGRAMA	27
2.7	DESENHOS E DETALHAMENTOS	27
2.8	CUSTOS	28
2.9	ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO	29
2.10	PROTOCOLO DE TESTES	30
2.10.1	EXECUÇÃO DOS TESTES	34
2.10.2	COLETA DE DADOS DOS TESTES	35
2.10.3	ANÁLISE DOS DADOS DOS TESTES	35
2.11	MELHORIAS	36
2.12	ASPECTOS POSITIVOS	36
2.13	RISCOS	37

2.14	DIFERENCIAIS.....	37
2.15	RECOMENDAÇÕES.....	38
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
3.1	TRABALHOS FUTUROS.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

Gradativamente fica evidente que no planeta os casos de desastres ambientais se tornam cada vez mais frequentes. Este problema, se não for abordado adequadamente, traz sérias consequências para a saúde e o desenvolvimento das pessoas globalmente (CHOPDE, 2022). Isso se deve ao mau direcionamento do lixo. Esse imbróglio interfere diretamente na qualidade de vida dos seres vivos devido à deterioração do meio ambiente, portanto, urge que medidas improteláveis sejam tomadas, como promover o ato de reciclar de maneira automatizada até mesmo em ambientes públicos.

Estudos observaram que 96% dos refugos no Brasil não são reciclados e que no ano de 2022 apenas 4% dos 82 milhões de toneladas de lixo foram reaproveitados (JORNAL NACIONAL, 2023). Isso evidencia um grande obstáculo que as empresas de reaproveitamento de resíduos sólidos têm ao coletar os materiais pós-consumo.

Este trabalho apresenta o projeto de uma lixeira inteligente que visa a separação correta de materiais metálicos e não metálicos. Com aplicações que abrangem ambientes corporativos, *shoppings*, ambientes escolares e residências.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este projeto busca promover a sustentabilidade, reciclagem automatizada e a conscientização ambiental através da separação correta de materiais que quando descartados de forma incorreta trazem malefícios ao meio ambiente os aterros sanitários ficariam lotados rapidamente, causando contaminação do solo e do lençol freático. Além disso, muitos materiais demoram anos, até mesmo séculos, para se decompor naturalmente, como é o caso do plástico. Essa demora na decomposição gera um acúmulo de resíduos que podem levar à poluição do ar e da água (SALOMÃO, 2023).

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo específico é fazer a separação dos materiais de forma rápida e automatizada, auxiliando que este descarte seja adequado em espaços sociais, diminuindo a necessidade do trabalho humano nesse processo de classificação de resíduos sólidos.

1.2 JUSTIFICATIVA

No momento da filtragem dos projetos, a preferência foi para algo que tivesse a finalidade de ajudar um grupo de pessoas ou ao meio ambiente, é isso o que a Lixeira Inteligente faz, separa corretamente o lixo sem esforço humano, possibilitando facilitar e promover a reciclagem desses materiais, prolongando a vida útil deles.

1.2.1 ANÁLISE FINANCEIRA

Com a realização do orçamento do projeto atual foi estipulado o valor aproximado de seiscentos reais (R\$ 600,00). Como alternativa inicial foi feita a realização de uma rifa que tornou possível a arrecadação de cento e noventa e dois reais (R\$ 192,00). Para a compra dos componentes e materiais para estrutura houve o gasto de duzentos e oito reais (R\$ 208,00) com a protótipo quase finalizado. Para completar o valor que faltava o grupo contribuiu com a quantia dividida igualmente.

1.2.2 ANÁLISE SOCIAL

A lixeira inteligente promove a reciclagem nos lugares públicos como escolas, *shoppings*, restaurantes, nos escritórios e restaurantes das empresas e indústrias. Também fica evidente que lugares de convivência passarão a ser mais limpos.

1.2.3 ANÁLISE AMBIENTAL

A reciclagem correta favorece o meio ambiente em todas suas formas, na vida terrestre e marinha principalmente. Devemos nos atentar sobre os malefícios que a poluição no oceano causa nos animais marinhos, diversos deles morrem por ingerir plástico ou até mesmo por se enroscar neles, o relatório mostra que a poluição plástica é uma ameaça crescente em todos os ecossistemas, de onde a poluição se origina até o mar (NAIROBI, 2023). o nosso projeto tem o objetivo de reciclar e prolongar a vida dos materiais recicláveis, assim promovendo a sustentabilidade.

1.2.4 ANÁLISE DE SEGURANÇA

A segurança desse projeto é alta, por não oferecer riscos aos seres humanos, pelo fato de trabalhar com baixa tensão e baixa velocidade na rotação dos motores. O motor Nema 17 suporta a intensidade de 4V que pode realizar uma força de 3.2kg/cm, já o MG90 possui uma tensão de operação de 4,8 V a 6 V que permite um

torque máximo de 2200g com 6V. Ficando evidente que esses números não levam riscos a integridade física dos seres vivos.

1.3 RELEVÂNCIA

O projeto tem uma relevância significativa. No processo de reciclagem, que além de preservar o meio ambiente também gera riquezas, os materiais mais reciclados são o vidro, o alumínio, o papel e o plástico.

Esta reciclagem contribui para a diminuição significativa da poluição do solo, da água e do ar. Muitas indústrias estão reciclando materiais como uma forma de reduzir os custos de produção (SILVA; BAZELA; PEREIRA. 2020). Visto que seu objetivo é alavancar a reciclagem adequada e a sustentabilidade de modo automatizado. Promovendo que a vida no planeta seja plena e facilitada. O processo de reciclagem ajuda a diminuir o desperdício de energia, água, a contaminação do solo e lençóis freáticos, além de ajudar a proteger recursos minerais importantes para manutenção do ecossistema e a vida humana (SILVA; BAZELA; PEREIRA. 2020).

1.4 ACESSIBILIDADE

Em comparação com outros meios de descarte, a lixeira inteligente estimula o processo de separação dos materiais suprimindo que esse trabalho seja humano, fazendo com que o lixo possa ser diretamente levado aos locais de descarte.

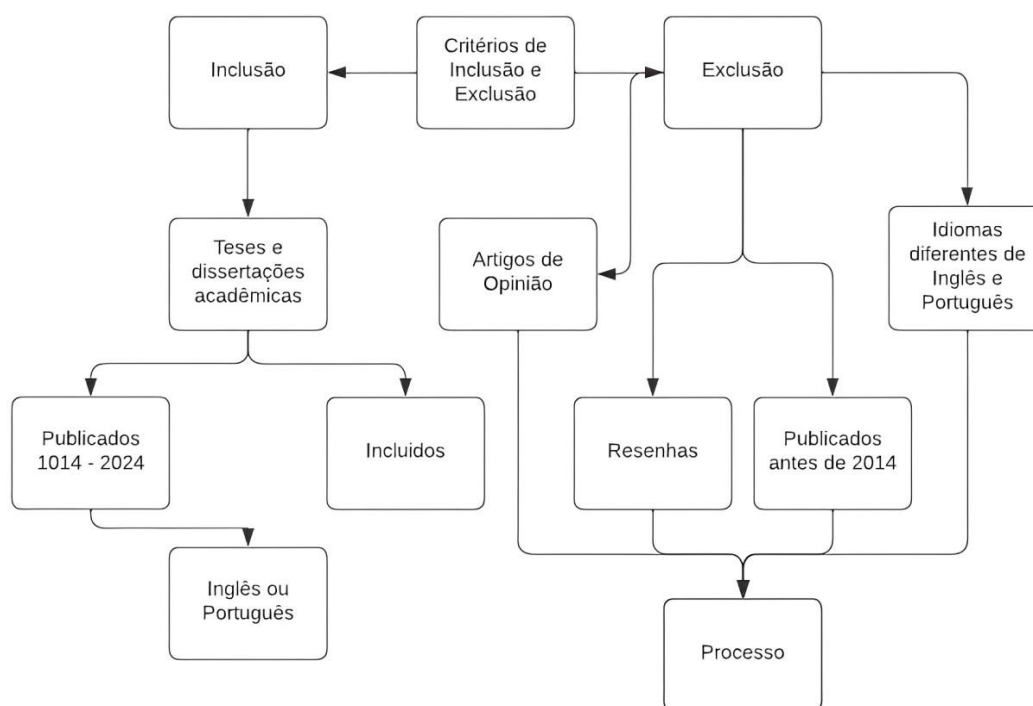
2 DESENVOLVIMENTO

A lixeira inteligente foi concebida para automatizar a separação de materiais metálicos e não metálicos, visando aprimorar a gestão de resíduos e eliminando a necessidade de intervenção manual. Essa abordagem, além de contribuir para a otimização do processo de descarte, visa melhorar a eficácia da reciclagem, resultando em uma administração mais eficiente dos resíduos. Automatizar processos na gestão de resíduos reduz custos, aumenta a produtividade e o controle de geração de resíduos. (VERTOWN, 2024).

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

No âmbito da automação industrial, a eficiente gestão de resíduos é fundamental para minimizar os impactos ambientais e otimizar a utilização de recursos. Foram definidos critérios específicos para inclusão e exclusão. Foram analisadas teses e dissertações acadêmicas publicadas nos últimos 10 anos (2014-2024) e disponíveis nos idiomas, inglês ou português. Artigos de opinião, resenhas e estudos anteriores a 2014 ou em línguas diferentes de inglês e português foram excluídos, como apresentado no fluxograma da figura 1:

Figura 1 - Fluxograma inclusão e exclusão da revisão sistemática.



Fonte: Autoria própria

Para embasar o projeto, foram realizadas consultas nas bases de dados IEEE e Google Acadêmico, reconhecidas por suas vastas coleções de artigos acadêmicos em diversas áreas. No Google Acadêmico, destacam-se as informações obtidas do "Projeto LISA: Lixeira Inteligente Seletiva Automática" (MAGNO, 2018). A base de dados IEEE foi fundamental ao fornecer insights através da pesquisa "Trash Can! An AI system for automatic classification of waste" (CHOPDE et al., 2022).

A estratégia de busca foi desenvolvida com o objetivo de identificar estudos pertinentes sobre automação industrial e sustentabilidade. As palavras-chave empregadas incluíram "Lixeira Inteligente", "Reciclagem", "Sustentabilidade" e "Sensor Indutivo", tanto em inglês quanto em português.

2.1.1 METODOLOGIA CIENTÍFICA

Neste trabalho, utilizou-se o protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) como metodologia para garantir um processo sistemático e transparente na revisão, essencial para embasar a construção

do protótipo. O protocolo PRISMA oferece diretrizes para a coleta e análise de informações, promovendo rigor metodológico ao reduzir vieses e assegurar que todas as etapas de busca e seleção de estudos sejam documentadas de forma clara. Aplicar esse protocolo permitiu identificar referências pertinentes sobre tecnologias similares e abordagens de desenvolvimento, essenciais para o planejamento do protótipo.

Na etapa de construção do protótipo, priorizou-se a organização lógica das etapas, começando pela estrutura física, seguida da instalação da parte eletrônica e, por último, a integração dos sensores e motores. Inicialmente, projetou-se uma estrutura sólida e adequada para suportar os componentes eletrônicos, garantindo funcionalidade e durabilidade. Em seguida, foram integrados os circuitos e componentes eletrônicos, priorizando a distribuição de energia e a conexão eficiente entre os módulos. Por fim, foram sistematicamente instalados os sensores e motores, seguindo análises sobre o melhor posicionamento para otimizar o desempenho e a precisão do sistema, considerando as exigências específicas do projeto.

2.2 FUNDAMENTAÇÃO

A fundamentação do projeto da lixeira inteligente abrange diversas áreas de conhecimento que contribuem para sua concepção e implementação eficaz.

2.3 RECICLAGEM

Na prática da reciclagem, é fundamental compreender os materiais descartados e sua destinação adequada em diferentes tipos de lixeiras, promovendo a eficiência e a sustentabilidade do processo.

Os plásticos são materiais comuns no descarte diário e incluem embalagens, garrafas, sacolas e utensílios diversos. Esses materiais devem ser depositados em lixeiras identificadas com a cor vermelha, indicando a destinação para reciclagem. Jornais, revistas, caixas de papelão, papéis de escritório e outros produtos derivados de papel devem ser separados e descartados em lixeiras identificadas com a cor azul, indicando sua destinação para reciclagem.

Latas de alumínio, latas de metal, utensílios domésticos de metal e outros produtos metálicos devem ser colocados em lixeiras identificadas com a cor amarela, indicando a destinação para reciclagem. Garrafas de vidro, frascos e potes podem ser reciclados e devem ser depositados em lixeiras identificadas com a cor verde, indicando a destinação para reciclagem.

Restos de alimentos, cascas de frutas e vegetais, borras de café e outros resíduos orgânicos devem ser depositados em lixeiras identificadas com a cor marrom, indicando a destinação para compostagem ou outros processos de reciclagem orgânica.

Para contextualizar a importância da reutilização e da sustentabilidade, destaca-se que a reutilização de uma tonelada de alumínio economiza até 95% da energia necessária para produzir alumínio novo a partir de minério bruto e evita a emissão de cerca de 9 toneladas de CO₂ (SILVA, 2003). Isso demonstra como a reutilização é crucial para economizar recursos e reduzir a pegada de carbono.

2.3.1 IMPACTOS ECONÔMICOS

A introdução da lixeira inteligente para a separação de materiais, com seu potencial de otimizar o processo de reciclagem, apresenta implicações econômicas significativas. No prisma econômico, a reciclagem contribuiu para a utilização mais racional dos recursos naturais e a reposição daqueles recursos que são passíveis de serem reaproveitados (VENANCIO, 2021). A eficiência na separação de materiais, especialmente metais e não metais, resulta em uma redução nos custos associados ao descarte inadequado e à recuperação de materiais. Isso impacta positivamente os recursos financeiros, uma vez que a reciclagem eficiente pode reduzir os custos de produção e promover práticas comerciais mais sustentáveis. Além disso, ao aumentar a eficiência na gestão de resíduos, reduz os custos de manutenção de aterros sanitários e mitiga os impactos ambientais associados. Ademais, vale ressaltar que o reuso dos materiais reciclados tende a ser mais vantajoso financeiramente. Considerando as três dimensões da sustentabilidade, no tocante à cooperativa de materiais recicláveis, existe uma relação de equidade social pelo fato de muitas pessoas sobreviverem do “reaproveitamento” do lixo produzido nas cidades, ou seja, o reaproveitamento é também uma questão econômica já que a reciclagem desses resíduos é uma fonte de renda para o catador/cooperado (GUIMARÃES, 2012). Assim sendo a melhor opção do que realizar a transformação desses materiais desde a matéria-prima, contribuindo ainda mais para a viabilidade econômica do projeto, e destacando essa parte sustentável e social do nosso projeto.

2.3.2 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

As propriedades dos materiais metálicos e não metálicos desempenham um papel fundamental na eficácia da separação. Os materiais metálicos são conhecidos por sua condutividade elétrica, o que os torna suscetíveis à detecção por métodos indutivos. Por outro lado, os materiais não metálicos, como plásticos e vidros, não conduzem eletricidade da mesma forma e, portanto, requerem técnicas de detecção alternativas.

Os materiais metálicos abrangem uma variedade de elementos e ligas, sendo alguns exemplos comuns o alumínio, o ferro, o cobre e o aço. Esses metais são frequentemente encontrados em objetos do dia a dia, como latas de refrigerante, utensílios domésticos, fios elétricos e estruturas metálicas.

Devido à sua condutividade elétrica, são facilmente detectáveis por sensores indutivos, permitindo sua identificação e separação eficaz em processos de reciclagem. Essa capacidade de detecção torna possível recuperar esses materiais valiosos e reintegrá-los na cadeia produtiva, contribuindo para a redução do desperdício e o aproveitamento sustentável dos recursos.

2.4 SENSORES

Os sensores indutivos são emissores de sinais que detectam, sem contato direto, elementos metálicos que atravessam o seu campo magnético convertendo em um sinal elétrico inteligível. Esses sensores consistem em uma bobina em torno de um núcleo. A saída é analógica, o circuito eletrônico do sensor converte a variação da oscilação em um sinal contínuo a aproximação do campo magnético, causada pela proximidade do objeto metálico detectado, que pode acabar variando a corrente e a tensão e em seguida acontece a leitura e interpretação desse sinal para determinar a proximidade do material.

O sensor indutivo utilizado é do tipo analógico e PNP, que detecta objetos metálicos e fornece uma saída proporcional à sua proximidade. Quando um objeto se aproxima, o sensor ativa um transistor PNP, permitindo que a corrente flua para a saída. Isso resulta em um sinal analógico que varia conforme a distância do objeto, proporcionando uma medição mais detalhada do que um sinal digital simples.

Entre algumas outras opções a serem escolhidas como o sensor capacitivo, optou-se pela escolha do sensor indutivo já que sua característica é detectar objetos

metálicos o que se tornou extremamente funcional para o projeto, diferente do sensor capacitivo que sua característica é detectar uma gama de materiais sendo eles metais e não metais, mas tendo seus defeitos em quesito de precisão, concluindo que o sensor indutivo então seria a melhor opção devido a sua confiabilidade alta precisão e imunidade.

O sensor ultrassônico utilizado foi o HC-SR04, que é composto por dois terminais principais, o Trigger e o Echo. O princípio de funcionamento desse sensor está baseado na emissão e recepção de ondas sonoras de alta frequência, também conhecidas como ultrassônicas, com frequências superiores a 20 kHz, o que as torna inaudíveis ao ouvido humano.

Quando o pino Trigger é colocado em nível alto por mais de 10 microssegundos (μs), o sensor emite um pulso de ondas ultrassônicas. Essas ondas viajam pelo ar e, ao encontrar um objeto ou superfície, são refletidas de volta para o sensor. Quando o sinal refletido retorna ao sensor, ele é detectado pelo pino Echo, que então permanece em nível alto por um período correspondente ao tempo que as ondas ultrassônicas levaram para ir até o objeto e retornar.

A distância até o objeto pode ser calculada a partir desse tempo de retorno do sinal, utilizando a fórmula:

$$\text{Distância} = \frac{\text{Tempo ECHO em nível alto} * \text{Velocidade do Som}}{2}$$

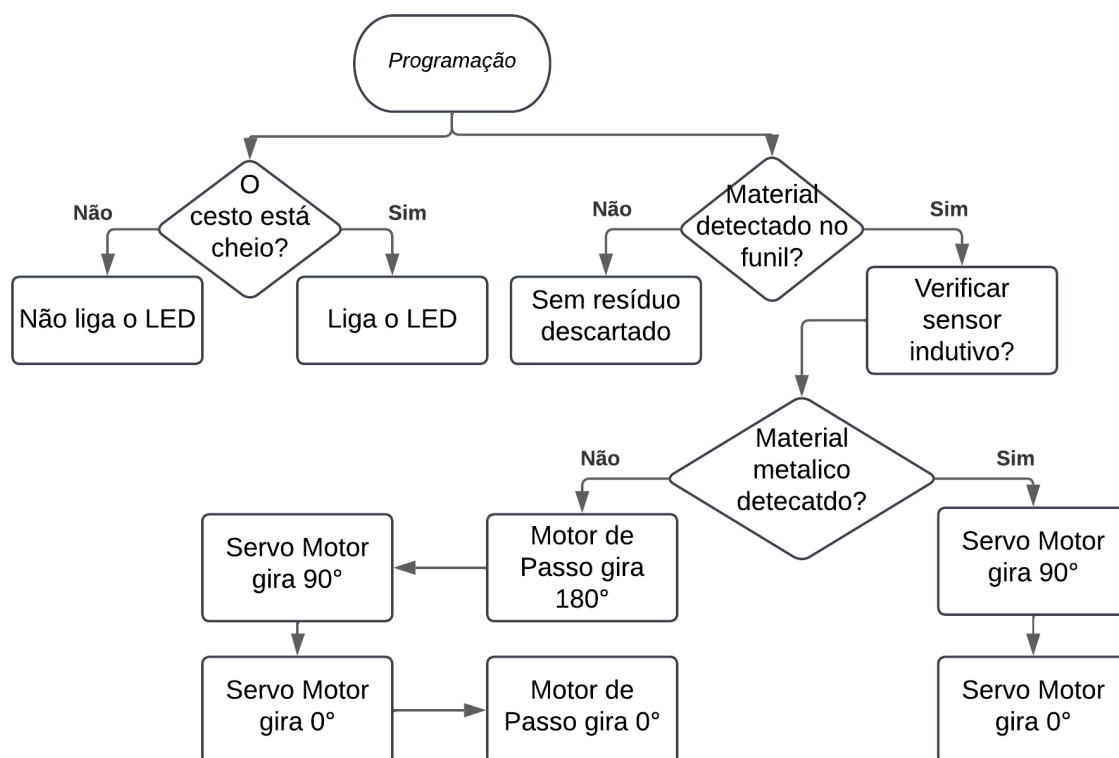
Neste cálculo, a velocidade do som no ar é geralmente considerada como sendo 340 metros por segundo, embora isso possa variar dependendo de fatores como temperatura e umidade. O fator 2 na fórmula é utilizado porque o tempo registrado pelo pino Echo corresponde ao percurso de ida e volta do sinal, e a distância que se busca calcular é apenas a distância até o objeto, e não o percurso completo.

Este sensor foi utilizado no projeto para delimitar o nível do cesto da lixeira e para identificação de resíduos em geral descartados na lixeira.

2.5 PROGRAMAÇÃO

Para a aplicação da programação é necessário compreender sua forma de acionamento e seu funcionamento, apresentado no fluxograma da figura 2:

Figura 2 - Fluxograma de programação.



Fonte: Autoria própria.

Os componentes utilizados foram o Microcontrolador Arduino UNO, que é o cérebro do projeto, responsável por processar as entradas dos sensores e controlar os motores, Motor de Passo com *Driver*, utilizado para girar a lixeira e separar os materiais em diferentes compartimentos, Servo Motor, usado para abrir e fechar a tampa da lixeira, Sensor Indutivo que detecta materiais metálicos, Sensor ultrassônico 2, que detecta a presença de objetos, Sensor ultrassônico 1 que é responsável pelo Nível e o *LED* que faz indicação visual de operação.

Segue abaixo o código utilizado no protótipo:

```
#include <Ultrasonic.h> // Inclui a biblioteca do ultrassônico
```

```

#include <Servo.h> // Incluir a biblioteca do servo motor
// Ultrassônico de baixo
const int trigPin2 = 3;
const int echoPin2 = 4;
const int ledPin = A0; // Pino do LED

// Tempo máximo de espera em microssegundos
const long timeout = 30000; // Ajuste conforme necessário

// Ultrassônico de cima

const int trigPin1 = 11;
const int echoPin1 = 12;
// Cria objetos ultrassônicos
Ultrasonic ultrassom1(trigPin1, echoPin1);
Ultrasonic ultrassom2(trigPin2, echoPin2);
// Cria objeto para o servo motor
Servo myServo; // Cria um objeto servo

// Definição dos pinos do motor de passo
const int stepPin = 9; // Pino de Ste
const int dirPin = 10; // Pino de Direção
const int ms1Pin = 6; // Pino MS1
const int ms2Pin = 7; // Pino MS2
const int ms3Pin = 8; // Pino MS3
const int enablePin = 5; // Pino Enable
long distancia1; // Cria a variável distancia do tipo long
const int sensorIndutivoPin = 13; // Define o pino do sensor indutivo
void setup() {
  pinMode(trigPin1, OUTPUT);
  pinMode(echoPin1, INPUT);
  pinMode(trigPin2, OUTPUT);
  pinMode(echoPin2, INPUT);
  Serial.begin(9600); // Inicializa a comunicação serial
  pinMode(sensorIndutivoPin, INPUT); // Define o pino do sensor indutivo como entrada
  // Inicializa o pino do LED como saída
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  // Anexa o servo motor ao pino desejado (por exemplo, pino 2)
  myServo.attach(2); // Ajuste o pino conforme necessário
  myServo.write(90); // Inicia o servo na posição 90 graus
  // Configura pinos do motor de passo
  pinMode(stepPin, OUTPUT);
  pinMode(dirPin, OUTPUT);
  pinMode(ms1Pin, OUTPUT);
  pinMode(ms2Pin, OUTPUT);
  pinMode(ms3Pin, OUTPUT);
  pinMode(enablePin, OUTPUT);
  // Ativar o driver
  digitalWrite(enablePin, LOW); // Ativar (normalmente LOW)
  // Configurar a resolução (por exemplo, passo completo)
  digitalWrite(ms1Pin, HIGH);
  digitalWrite(ms2Pin, LOW);
  digitalWrite(ms3Pin, LOW);
}
void loop() {

```

```

// Lê a distância do ultrassônico de cima
distancia1 = ultrassom1.read(); // Usa o método read() para obter a distância em cm
// Verifica se a distância está dentro do limite
if (distancia1 <= 25) {
  Serial.print("Distância = "); // Imprime na serial
  Serial.print(distancia1); // Imprime o valor da variável distancia
  Serial.println(" cm"); // Imprime "cm"

  delay(500); // Delay antes de verificar o sensor indutivo
  // Verifica o estado do sensor indutivo
  bool materialMetalico = (digitalRead(sensorIndutivoPin) == HIGH);
  if (materialMetalico) {
    Serial.println("Detectado material metálico."); // Condição 1
    // Aciona o servo motor após 3 segundos
    delay(3000); // Espera 3 segundos
    myServo.write(0); // Abre o servo motor a 0 graus
    delay(5000); // Mantém aberto por 5 segundos
    myServo.write(90); // Fecha o servo motor a 90 graus
  } else {
    Serial.println("Material não metálico."); // Condição 2
    unsigned long startTime = millis();
    bool detected = false;
    // Espera 5 segundos para verificar o sensor indutivo
    while (millis() - startTime < 5000) {
      materialMetalico = (digitalRead(sensorIndutivoPin) == HIGH);
      if (materialMetalico) {
        detected = true;
        break; // Sai do loop se o material metálico for detectado
      }
      delay(100); // Espera um pouco antes de verificar novamente
    }
    if (!detected) {
      acionarMotorPasso(); // Chama a função para girar o motor de passo
    }
  }
}
}
// Código do LED e medição do ultrassônico de baixo
// Limpa o pino de trigger
digitalWrite(trigPin2, LOW);
delayMicroseconds(2);
// Define o trigger para enviar um pulso de 10 microssegundos
digitalWrite(trigPin2, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin2, LOW);
// Mede o tempo de resposta
long duration2 = pulseIn(echoPin2, HIGH, timeout);

// Calcula a distância em centímetros
float distancia2 = (duration2 / 2.0) * 0.0344;
// Mostra a distância no monitor serial
Serial.print("Distância do sensor de baixo: ");
Serial.print(distancia2);
Serial.println(" cm");
// Verifica se a distância é menor ou igual a 3 cm
if (distancia2 <= 3.0) {

```

```

    digitalWrite(ledPin, HIGH); // Acende o LED quando a distância é <= 3 cm
    Serial.println("LED aceso");
} else {
    digitalWrite(ledPin, LOW); // Apaga o LED quando a distância é maior que 3 cm
    Serial.println("LED apagado");
}
// Aguarda antes de medir novamente
delay(100);
}
// Função para girar o motor de passo 180 graus
void acionarMotorPasso() {
    // Gira 180 graus (supondo 200 passos por volta)
    digitalWrite(dirPin, HIGH); // Define a direção
    for (int i = 0; i < 200; i++) { // 100 passos para 180 graus
        digitalWrite(stepPin, HIGH);
        delayMicroseconds(1000); // Tempo entre os passos
        digitalWrite(stepPin, LOW);
        delayMicroseconds(1000);
    }
    delay(2000); // Aguarda 2 segundos antes de acionar o servo
    // Aciona o servo motor
    myServo.write(0); // Abre o servo motor a 0 graus
    delay(5000); // Mantém aberto por 5 segundos
    myServo.write(90); // Fecha o servo motor a 90 graus
    delay(2000); // Aguarda 2 segundos antes de girar o motor de passo novamente
    // Gira 180 graus na direção oposta
    digitalWrite(dirPin, LOW); // Inverte a direção
    for (int i = 0; i < 200; i++) {
        digitalWrite(stepPin, HIGH);
        delayMicroseconds(1000);
        digitalWrite(stepPin, LOW);
        delayMicroseconds(1000);
    }
    delay(2000); // Aguarda 2 segundos antes de retornar ao loop
}
}

```

2.6 RECURSOS NECESSÁRIOS

Foram necessários meios de arrecadação de dinheiro como rifas, o dinheiro arrecadado foi direcionado a compra dos materiais e componentes eletrônicos. Para o desenvolvimento da programação e montagem do protótipo se fez necessária a utilização do Arduino IDE, que também possibilitou uma visão do quanto dinheiro teria de ser desembolsado com base nos modelos de motores e componentes eletrônicos adequados. Artigos do Google Acadêmico foram utilizados para o embasamento fundamento e comprovação da qualidade dos componentes escolhidos.

2.6.1 PÚBLICO ALVO

O público alvo são as pessoas no geral sem faixa etária de idade, para que todos aprendam e saibam a importância do descarte correto do lixo. O projeto lixeira inteligente pode ser aplicado em diversos locais como em *shoppings*, aeroportos, salões de festas, escolas, restaurantes, hospitais e supermercados. Tendo em vista o seu uso direcionado para materiais leves e recicláveis.

2.6.2 CRONOGRAMA

Segue abaixo na figura 3 o cronograma utilizado para a execução e desenvolvimento do protótipo durante o ano letivo.

Figura 3 - Cronograma.

Data	Cronograma	Responsáveis
27/fev	Montagem dos grupos de trabalho e análise das demandas regi	Maria Eduarda
05/mar	Análise dos temas definidos pelos grupos.	Bianca
12/mar	Definições e metodologias de projetos e análise dos temas inov	Bianca
12/mar	Início da escrita da monografia.	Maria Eduarda
19/mar	Análise crítica do tema inovador a ser desenvolvido.	Leticia
26/mar	Abordagem sobre metodologia científica.	Leticia
10/abr	Início da rifa para arrecadamento de capital.	Enzo
16/abr	Continuação da escrita da monografia.	Maria Eduarda
20/abr	Encerramento da rifa.	Enzo
23/abr	Revisão sobre citações bibliográficas e utilização do Mendeley.	Maria Eduarda
31/mai	Compra dos sensores.	Enzo
01/mai	Programação do sistema.	Bianca
07/mai	Continuação da escrita da monografia.	Maria Eduarda
11/jun	Pré-apresentação do desenvolvimento do projeto.	Leticia
20/jun	Instalação dos motores e componentes eletrônicos no projeto.	Enzo
07/jul	Montagem da estrutura do protótipo em Metalon.	Enzo
22/jul	Pintura da estrutura do protótipo.	Enzo
06/ago	Desenvolvimento do protótipo, da monografia e do pôster.	Bianca
12/set	Finalização do protótipo.	Leticia
01/out	Desenvolvimento da monografia e do pôster.	Leticia
29/out	Correções para a entrega da monografia.	Bianca
05/nov	Revisão total da monografia e do pôster.	Maria Eduarda

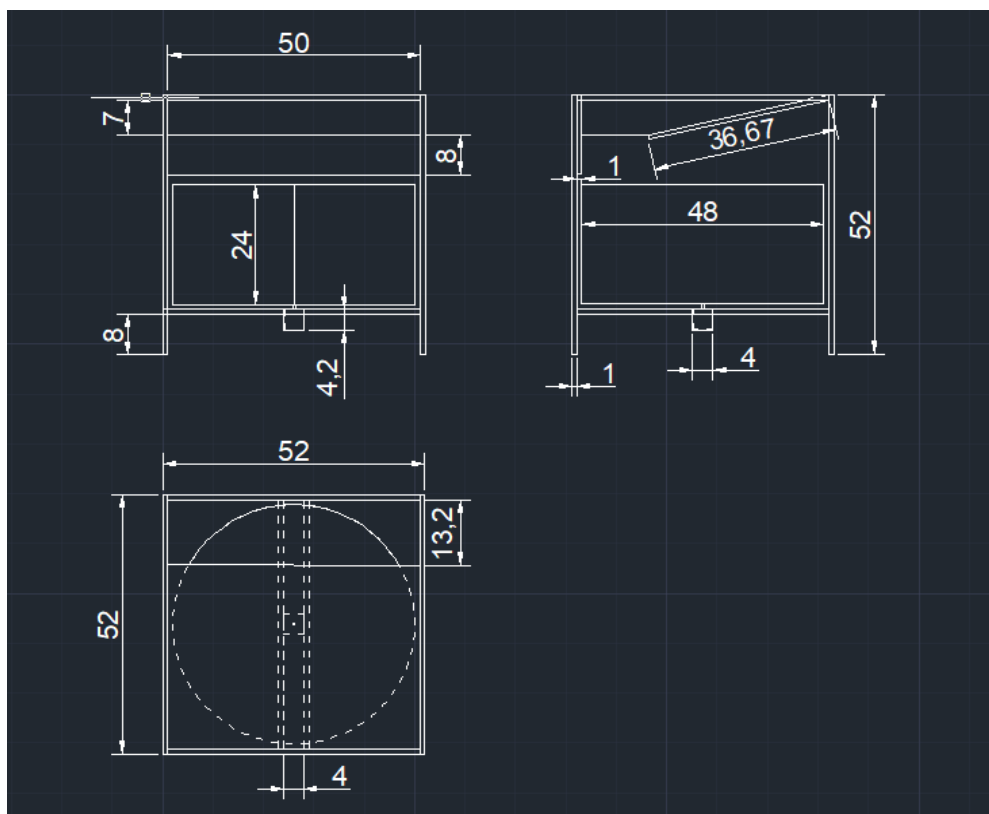
Fonte: Autoria própria.

2.7 DESENHOS E DETALHAMENTOS

Todas as medidas da Figura 4, representada abaixo, estão na escala centímetros. Para a estrutura (esqueleto) do projeto o Metalon 1x1 foi utilizado, ele é responsável por dar formato e sustentar todo o projeto. No topo do desenho é possível

notar um funil, o mesmo é feito de MDF, todo o lixo passará por ele e será direcionado ao cesto. Abaixo do funil, é possível encontrar o cesto, responsável por recolher e conter todo o lixo separado.

Figura 4 - Desenho técnico.



Fonte: Autoria própria.

2.8 CUSTOS

Com base nos artigos analisados, testes feitos em sites de montagem de circuitos e pesquisas para melhor atender as necessidades dos movimentos foram seleccionados os materiais da figura 5.

Figura 5 - Custos.

Quantidade	Componentes	valor	valor total
1	Arduino UNO	R\$24,00	R\$264,42
2	Sensor ultrassônico	R\$14,00	
1	Servo Motor MG90	R\$26,10	
1	Motor de passo Nema 17	R\$64,10	
1	Metalon 6m 1x1,2cm	R\$47,43	
1	Cesto plástico 45cmx 20cm	R\$52,99	
1	Lata de tinta spray na cor preto foco	R\$17,90	
2			

Fonte: Autoria própria.

2.9 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO

As etapas de desenvolvimento ocorreram desde a chegada dos respectivos componentes (sensor ultrassônico e Arduino UNO) após os testes, iniciou-se a montagem prática, para checar o funcionamento do código e das ligações necessárias para determinadas funções, após a compra do Metalon, o esqueleto do projeto foi montado, em seguida o funil feito sob medida, fabricado e encaixado juntamente ao cesto. Os motores foram comprados, e assim iniciou-se a instalação dos componentes eletrônicos na estrutura.

Figura 6 - Estrutura de metalon.



Fonte: Autoria própria.

2.10 PROTOCOLO DE TESTES

Para o aferimento correto das medidas captadas pelo sensor ultrassônico 1 foi utilizada uma régua de 30 cm de comprimento e o auxílio do serial monitor como especificado no código abaixo:

```
// Define os pinos

const int trigPin = 3; // Pino para enviar o pulso do sensor ultrassônico
const int echoPin = 4; // Pino para receber o eco do sensor
const int ledPin = A0; // Pino para controlar o LED

// Tempo máximo de espera em microssegundos
const long timeout = 30000; // Tempo máximo para aguardar o eco

void setup() {
  // Inicializa o pino do LED como saída
  pinMode(ledPin, OUTPUT);

  // Inicializa os pinos do sensor ultrassônico
  pinMode(trigPin, OUTPUT); // Define o pino trigPin como saída
  pinMode(echoPin, INPUT); // Define o pino echoPin como entrada

  // Inicializa a comunicação serial para enviar dados ao computador
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // Limpa o pino de trigger para garantir que está em nível baixo
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2); // Espera 2 microssegundos para estabilidade

  // Define o trigger para enviar um pulso de 10 microssegundos
  digitalWrite(trigPin, HIGH); // Liga o trigger para enviar o pulso
  delayMicroseconds(10); // Espera 10 microssegundos para completar o pulso
  digitalWrite(trigPin, LOW); // Desliga o trigger

  // Mede o tempo que o eco leva para voltar
  long duration = pulseIn(echoPin, HIGH, timeout);

  // Calcula a distância em centímetros (tempo de ida e volta do som)
  float distance = (duration / 2.0) * 0.0344; // Divide por 2 para obter apenas a ida

  // Mostra a distância no monitor serial
  Serial.print("Distância: "); // Exibe a mensagem "Distância: "
  Serial.print(distance); // Exibe a distância medida
  Serial.println(" cm"); // Adiciona "cm" e muda de linha

  // Verifica se a distância é menor ou igual a 7 cm
  if (distance <= 7.0) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // Acende o LED se o objeto estiver próximo
  } else {
```

```

    digitalWrite(ledPin, LOW); // Apaga o LED se o objeto estiver longe
}

// Aguarda 100 milissegundos antes de medir novamente
delay(100);
}

```

O serial monitor utilizado tem a função de mostrar a distância real capitada pelos sensores ultrassônicos.

Para a verificação do sensor ultrassônico 2 foi necessário outro código que ligasse um Led quando a medida estipulada fosse perturbada, como indica a programação em anexo:

```

// Código do LED e medição do sensor ultrassônico de baixo

// Limpa o pino de trigger para garantir que está em nível baixo
digitalWrite(trigPin2, LOW);
delayMicroseconds(2); // Espera 2 microssegundos para estabilizar

// Define o trigger para enviar um pulso de 10 microssegundos
digitalWrite(trigPin2, HIGH); // Liga o trigger para iniciar o pulso
delayMicroseconds(10); // Mantém o trigger ligado por 10 microssegundos
digitalWrite(trigPin2, LOW); // Desliga o trigger

// Mede o tempo de resposta do eco que volta para o sensor
long duration = pulseIn(echoPin2, HIGH, timeout);

// Calcula a distância em centímetros
float distance = (duration / 2.0) * 0.0344; // Divide por 2 para considerar apenas a ida e
converte para cm

// Mostra a distância medida no monitor serial
Serial.print("Distância do sensor de baixo: "); // Exibe a mensagem de identificação do
sensor
Serial.print(distance); // Exibe a distância calculada
Serial.println(" cm"); // Adiciona "cm" para indicar a unidade de medida

// Verifica se a distância medida é menor ou igual a 7 cm
if (distance <= 7.0) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // Acende o LED se a distância for 7 cm ou menos
} else {
    digitalWrite(ledPin, LOW); // Apaga o LED se a distância for maior que 7 cm
}
} else { // Caso o material esteja fora do alcance do sensor
    Serial.println("Material fora do alcance."); // Exibe mensagem se o objeto estiver fora do
limite
    digitalWrite(ledPin, LOW); // Garante que o LED esteja apagado se não houver objeto
próximo
}

// Aguarda antes de realizar uma nova medição

```

delay(100); // Pausa de 100 milissegundos para evitar leituras consecutivas rápidas demais

As aferições do funcionamento do motor de passo e do servo motor ocorreram com o uso de um transferidor, garantindo que os respectivos motores alcançassem os ângulos detalhados nos códigos abaixo:

```
// Cria objeto para o servo motor
Servo myServo; // Cria um objeto servo para controlar o servo motor

// Definição dos pinos do motor de passo
const int stepPin = 9; // Pino para o pulso do motor de passo (Step)
const int dirPin = 10; // Pino para definir a direção do motor
const int ms1Pin = 6; // Pino MS1 para configurar a resolução do passo
const int ms2Pin = 7; // Pino MS2 para configurar a resolução do passo
const int ms3Pin = 8; // Pino MS3 para configurar a resolução do passo
const int enablePin = 5; // Pino Enable para ativar ou desativar o driver do motor

long distancia; // Cria a variável 'distancia' do tipo long para armazenar a distância medida
const int sensorIndutivoPin = 13; // Define o pino do sensor indutivo para detectar material metálico

void setup() {
  pinMode(trigPin1, OUTPUT); // Define o pino de trigger do ultrassônico superior como saída
  pinMode(echoPin1, INPUT); // Define o pino de eco do ultrassônico superior como entrada
  pinMode(trigPin2, OUTPUT); // Define o pino de trigger do ultrassônico inferior como saída
  pinMode(echoPin2, INPUT); // Define o pino de eco do ultrassônico inferior como entrada

  Serial.begin(9600); // Inicializa a comunicação serial

  pinMode(sensorIndutivoPin, INPUT); // Define o pino do sensor indutivo como entrada

  // Inicializa o pino do LED como saída
  pinMode(ledPin, OUTPUT);

  // Anexa o servo motor ao pino desejado (por exemplo, pino 2)
  myServo.attach(2); // Ajusta o pino para controlar o servo
  myServo.write(90); // Inicia o servo na posição 90 graus (posição inicial)

  // Configura os pinos do motor de passo
  pinMode(stepPin, OUTPUT); // Define o pino de Step como saída
  pinMode(dirPin, OUTPUT); // Define o pino de Direção como saída
  pinMode(ms1Pin, OUTPUT); // Define o pino MS1 como saída para o modo de passo
  pinMode(ms2Pin, OUTPUT); // Define o pino MS2 como saída para o modo de passo
  pinMode(ms3Pin, OUTPUT); // Define o pino MS3 como saída para o modo de passo
  pinMode(enablePin, OUTPUT); // Define o pino Enable como saída para ativar o motor

  // Ativa o driver do motor de passo
  digitalWrite(enablePin, LOW); // Define o Enable como LOW para ativar

  // Configura a resolução de passo (neste caso, passo completo)
  digitalWrite(ms1Pin, HIGH);
  digitalWrite(ms2Pin, LOW);
```

```

digitalWrite(ms3Pin, LOW);
}

void loop() {
  // Lê a distância do ultrassônico superior
  distancia = ultrassom1.read(); // Usa o método read() para obter a distância em cm do
  sensor ultrassônico

  // Verifica se a distância está dentro do limite de 25 cm
  if (distancia <= 25) {
    Serial.print("Distância = "); // Exibe a mensagem "Distância = "
    Serial.print(distancia); // Exibe o valor da variável distancia
    Serial.println(" cm"); // Adiciona "cm" e muda de linha
    delay(500); // Pausa antes de verificar o sensor indutivo

    // Verifica o estado do sensor indutivo
    bool materialMetalico = (digitalRead(sensorIndutivoPin) == HIGH);
    if (materialMetalico) { // Se detectar material metálico
      Serial.println("Detectado material metálico."); // Exibe mensagem de material metálico

      // Aciona o servo motor após 3 segundos
      delay(3000); // Espera 3 segundos
      myServo.write(0); // Move o servo para 0 graus para abrir
      delay(5000); // Mantém o servo na posição 0 graus por 5 segundos
      myServo.write(90); // Retorna o servo para a posição inicial (90 graus)
    } else {
      Serial.println("Material não metálico."); // Exibe mensagem se o material não for metálico

      unsigned long startTime = millis(); // Marca o tempo inicial para esperar
      bool detected = false; // Variável para indicar se o material foi detectado

      // Aguarda até 5 segundos para verificar novamente o sensor indutivo
      while (millis() - startTime < 5000) { // Enquanto o tempo decorrido for menor que 5
        segundos
          materialMetalico = (digitalRead(sensorIndutivoPin) == HIGH); // Lê o estado do sensor
          if (materialMetalico) { // Se o material for detectado
            detected = true; // Marca como detectado
            break; // Sai do loop
          }
          delay(100); // Pausa antes de verificar novamente
        }
        if (!detected) { // Se não for detectado
          acionarMotorPasso(); // Chama a função para girar o motor de passo
        }
      }

      // Código para o LED e medição do ultrassônico inferior

      // Limpa o pino de trigger do ultrassônico inferior para garantir que está em nível baixo
      digitalWrite(trigPin2, LOW);
      delayMicroseconds(2); // Espera 2 microssegundos para estabilizar

      // Define o trigger para enviar um pulso de 10 microssegundos
      digitalWrite(trigPin2, HIGH); // Liga o trigger para iniciar o pulso
      delayMicroseconds(10); // Mantém o trigger ligado por 10 microssegundos
    }
  }
}

```

```

digitalWrite(trigPin2, LOW); // Desliga o trigger

// Mede o tempo de resposta do eco do sensor ultrassônico inferior
long duration = pulseIn(echoPin2, HIGH, timeout);

// Calcula a distância em centímetros
float distance = (duration / 2.0) * 0.0344; // Divide por 2 para ida e volta e converte para
cm

// Exibe a distância medida no monitor serial
Serial.print("Distância do sensor de baixo: "); // Exibe a mensagem de identificação do
sensor
Serial.print(distance); // Exibe a distância calculada
Serial.println(" cm"); // Adiciona "cm" para indicar a unidade de medida

// Verifica se a distância medida é menor ou igual a 7 cm
if (distance <= 7.0) {
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // Acende o LED se a distância for 7 cm ou menos
} else {
  digitalWrite(ledPin, LOW); // Apaga o LED se a distância for maior que 7 cm
}
} else {
  Serial.println("Material fora do alcance."); // Exibe mensagem se o objeto estiver fora do
limite do sensor
  digitalWrite(ledPin, LOW); // Garante que o LED esteja apagado se não houver objeto
próximo
}

// Aguarda antes de realizar uma nova medição
delay(100); // Pausa de 100 milissegundos para evitar leituras muito frequentes
}

```

2.10.1 EXECUÇÃO DOS TESTES

Após a finalização da instalação eletrônica foi feito o primeiro teste utilizando uma fonte de 12 volts e 2 ampères não obtivendo resultados satisfatórios, devido ao funcionamento debilitado dos motores; Foram aferidas as ligações e novamente o protótipo apresentou os mesmos problemas, ficou constatado que uma possível causa dessa falha seria a ligação das bobinas internas do motor de passo Nema 17, o que mais tarde foi anulado e descoberto que a verdadeira causa seria a fonte utilizada para alimentação de todo o sistema, após a substituição o protótipo veio a funcionar atendendo as necessidades. Na sequência, a imagem a seguir ilustra o funcionamento adequado do protótipo após a substituição da fonte de alimentação.

Figura 7 - Protótipo.



Fonte: Autoria própria.

2.10.2 COLETA DE DADOS DOS TESTES

A coleta dos testes foi realizada durante toda a construção do protótipo, onde foi obtida em partes de acordo com cada trecho concluído. Apresentaram resultados satisfatórios, porém com algumas dificuldades em relação à biblioteca do código para o ESP32, que foi o microcontrolador usado inicialmente no projeto, mas que demonstrou certas dificuldades no desenvolvimento, e assim optou-se pelo uso do Arduino UNO que, na prática, apresentou os devidos resultados esperados. Outra dificuldade inclusa, seria com a fonte externa que não cumpriu com sua devida função, pois, foi determinada uma certa corrente e tensão que acabaram não sendo suficientes para o correto funcionamento do projeto, assim optou-se por uma fonte superior a antiga.

2.10.3 ANÁLISE DOS DADOS DOS TESTES

Foi analisado que, os sensores ultrassônicos e o indutivo com suas programações adequadas, e seus devidos ajustes na distância e no tempo de performance, obteve-se um resultado competente ao esperado. Os motores utilizados no projeto (servo motor e o motor de passo) também atenderam as necessidades do projeto, pois, seu funcionamento particular e em conjunto com os outros componentes

foi eficiente para atender exigência desejada. Apesar dos empecilhos com certos elementos e da dificuldade em realizar o código. Concluiu-se que os componentes escolhidos para o projeto atenderam às necessidades, e que a alternativa para uma fonte externa de alimentação para os motores é a melhor opção para que o circuito funcione corretamente, e contendo uma estrutura resistente à demanda de objetos descartados. Assim obtendo uma análise competente ao esperado.

2.11 MELHORIAS

Foram observados alguns aspectos que poderiam servir como melhoria e que possam ser abordados em trabalhos futuros, como, por exemplo, criar um tipo de compostagem na parte externa do projeto para que fosse incluído o lixo orgânico. Como melhorias futuras para a expansão do projeto, pode-se inserir novos sensores que favoreçam outros tipos de materiais descartados. Além disso, adaptar-se a estruturas maiores conforme a necessidade de cada espaço, podendo também conter objetos maiores e mais resistentes, sendo possível a aplicação em indústrias.

2.12 ASPECTOS POSITIVOS

Com o auxílio dos sensores para a identificação de metal e não metal e a separação dos resíduos, facilita a reciclagem da forma correta e assim impede a agravação do impacto ambiental. A separação correta dos materiais ajuda a evitar a contaminação dos resíduos recicláveis por materiais não recicláveis, garantindo a eficiência na reciclagem.

O projeto incentiva boas práticas e conscientiza pessoas sobre a correta separação de lixo, além de promover atitudes sustentáveis. A automação inclusa no projeto, incluindo o uso dos sensores ultrassônicos e o indutivo, demonstra que o projeto criado é um projeto inovador, pois desenvolveu a tecnologia dentro dele, destacando o grande potencial da automação aplicada. Consequentemente, com a melhora da separação dos resíduos, pode-se facilitar a triagem e o processamento dos materiais recicláveis descartados. O projeto se alinha com políticas públicas de gestão de resíduos, influenciando nas metas de sustentabilidade e reciclagem. O uso do Metalon aplicado no projeto tem como característica de ser um material duradouro e resistente, garantindo uma vida útil. A junção do Metalon e MDF proporciona uma estética moderna e funcional, podendo ser aplicada em residências e ambientes comerciais.

2.13 RISCOS

Na realização deste projeto, é importante identificar e entender os riscos que podem surgir. Pode-se afetar o andamento e os resultados esperados, como os riscos técnicos, que são referentes às falhas nos componentes eletrônicos devido ao desgaste ou defeitos de fábrica afetando a funcionalidade do projeto. A incompatibilidade tecnológica ocorre devido aos erros de comunicação que podem ocorrer entre os componentes e a programação aplicada. A imprecisão da funcionalidade, os sensores podem não identificar os materiais devidamente, afetando seu funcionamento.

Os riscos ambientais, referentes ao descarte incorreto dos componentes eletrônicos que se torna um empecilho, pois os componentes eletrônicos têm um ciclo de vida e seu descarte inadequado pode causar impactos ambientais negativos. Os riscos operacionais, referente à necessidade de manutenção constante e a disponibilidade de suporte técnico para a solução dos problemas necessários.

Os riscos financeiros, referentes à alguns custos elevados que podem surgir, e esses gastos podem ser imprevistos, com a manutenção do projeto em geral, seja nos componentes eletrônicos ou mesmo materiais que fazem parte da estrutura e riscos de segurança, referentes a um risco físico existente, podendo causar acidentes durante a operação ou manutenção do sistema devido à manipulação dos componentes eletrônicos.

2.14 DIFERENCIAIS

É importante destacar as distinções deste projeto em relação ao projeto que foi utilizado como referência. Em termos de estrutura, foi adotado o uso de Metalon e MDF para a montagem, enquanto o projeto de inspiração utilizou outros materiais, como madeira e papelão. Outro diferencial significativo é o conjunto de sensores: foram utilizados dois sensores ultrassônicos e um sensor indutivo. Um dos sensores ultrassônicos é posicionado acima do cesto, quando o lixo atinge seu limite máximo, uma luz se acende. Isso contrasta com o projeto de referência, que não incluiu esse mecanismo.

2.15 RECOMENDAÇÕES

Para o uso da lixeira inteligente, devem ser seguidas as seguintes recomendações para garantir a eficiência dos componentes eletrônicos e a eficácia do processo de reciclagem de metais e não metais, incluindo papel, vidro e plástico (com exceção do lixo orgânico):

Promova a conscientização ambiental e a sustentabilidade da sociedade, incentivando a reutilização, a redução e o descarte correto dos materiais.

Evite descartar matérias que possuam líquidos em seu interior ou qualquer outra substância que possa comprometer e danificar o recipiente em que foram descartados.

Certifique-se de que o vidro esteja devidamente embalado para evitar quebras. Monitore constantemente a capacidade de armazenamento dos compartimentos de resíduos recicláveis, esvaziando-os regularmente para evitar sobrecargas que possam danificar o sistema ou reduzir sua eficiência.

Realize manutenções constantes nos componentes eletrônicos e mecânicos para garantir que o produto continue funcionando corretamente, limpando os sensores e verificando as conexões elétricas regularmente.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto foi encarado como um desafio, no qual foram aplicados os conhecimentos adquiridos ao longo dos três anos letivos, desde a escolha dos componentes convenientes até a programação necessária para atender às funções do projeto. Assim, foi possível atingir os objetivos do grupo. Imprevistos ocorreram durante o desenvolvimento, mas tudo foi solucionado imediatamente, dentro do prazo estabelecido para a entrega.

3.1 TRABALHOS FUTUROS

Foram observados alguns aspectos que podem ser aplicados em trabalhos futuros. Sendo apenas um protótipo, ficou limitado a certas formas de melhorias como a ampliação na estrutura e a utilização de materiais alternativos, que poderiam ser implementados para atender diferentes necessidades. Uma das propostas seria criar uma caixa de compostagem na parte externa do projeto para a inclusão do lixo orgânico.

Outra propositura seria adaptar o protótipo para tamanhos maiores, permitindo o descarte de materiais de maior dimensão, tornando-se viável a aplicação em indústrias.

REFERÊNCIAS

CHOPDE, Abhay et al. **Trash can! an ai system for automatic classification of waste.** in: **2022 international conference on computational intelligence and sustainable engineering solutions (CISES)**. IEEE, 2022. p. 167-171. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9844351>>. Acesso em: 29. jul. 2024.

GUIMARÃES, Jaqueline; **A logística reversa como ferramenta para a sustentabilidade: um estudo sobre a importância das cooperativas de reciclagem na gestão dos resíduos sólidos urbanos.** 2012. Disponível em: <<https://reuna.emnuvens.com.br/reuna/article/view/422>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

JORNAL NACIONAL. **Dia mundial da reciclagem: 96% dos resíduos produzidos no brasil não são reaproveitados. 2023.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2023/05/17/dia-mundial-da-reciclagem-96percent-dos-residuos-produzidos-no-brasil-nao-sao-reaproveitados.ghtml>>. Acesso em: 21 jul. 2024.

MAGNO, A.; NUNES, S. **Projeto LISA: lixeira inteligente seletiva automática. [s.l.: s.n.].** Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15833/1/AMSN23112018.pdf>>. Acesso em: 1 abr. 2024.

NAIROBI. **Relatório da ONU sobre poluição plástica alerta.** UNEP, 2021. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/relatorio-da-onu-sobre-poluicao-plastica-alerta-sobre#:~:text=Como%20resultado%2C%20todas%20as%20esp%C3%A9cies%20marinhas%2C%20desde%20pl%C3%A2ncton,que%20os%20impedem%20de%20reciclar%20o%20oxig%C3%AAnio%20e%20luz>>. Acesso em: 05 ago. 2024.

SALOMÃO. **Os riscos ambientais da não-reciclagem.** Meu Verde Jardim, 2023. Disponível em: <<https://meuverdejardim.com.br/os-riscos-ambientais-da-nao-reciclagem/>>. Acesso em: 05 ago. 2024.

SILVA, Danrlei de Andrade; BAZELA, Diego Fernando; PEREIRA, Guilherme Fernandes. **Balança: sistema automatizado de coleta e pesagem de metais para reciclagem.** 2020. Disponível em: <<http://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/4902>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

SILVA; JOÃO. **A indústria do alumínio e a crise de energia.** Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rem/a/DZG4KdTXcndBcsWZjs8h7zs/#>>. Acesso em: 25 jun. 2024.

VENANCIO, Maria Geraldina; **A importância social, ambiental e econômica das cooperativas de reciclagem**: estudo de caso da COOARLAS CANOAS (RS) mediante o perfil de seus cooperativados. 2021. Disponível em: <<https://repositorio.unilasalle.edu.br/handle/11690/1885>>. Acesso em: 10 ago. 2024.