



# **ESCOLA SALESIANA SÃO JOSÉ**

**Centro Profissional Dom Bosco - CPDB**

**CURSO TÉCNICO EM ELETROELETRONICA**

## **TRANSPORTE DE LIXO VIA DUTO SUBTERRÂNEO**

Christopher Gabriel Guerazo Paranhos da Silva

Vinicius Silvio da Silva Fernandes

Thiago Fernandes da Silva

**Orientador:** Geraldo Moreno Florentino Júnior

**Coorientador:** Camila Tombasco Furlan

**Campinas**

**2024**

Christopher Gabriel Guerazo Paranhos da Silva

Vinicius Silvio da Silva Fernandes

Thiago Fernandes da Silva

## **TRANSPORTE DE LIXO VIA DUTO SUBTERRÂNEO**

Plano de Pesquisa referente ao trabalho de conclusão de curso do Centro Profissional Dom Bosco, apresentado para a obtenção de grau técnico no curso de eletroeletrônica.

**Orientador:** Geraldo Moreno Florentino Júnior

**Coorientador:** Camila Tombasco Furlan

Campinas

2024

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus que sem ele não seríamos nada e estamos aqui graças a ele. Os nossos familiares e professores que nos orientaram durante todo o processo educacional, também fez uma grande diferença durante todo o nosso tempo de estudo e aprendizado.

## **AGRADECIMENTOS**

A conclusão deste trabalho de conclusão de curso representa um marco significativo em nossa trajetória acadêmica e pessoal. Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste projeto. Aos nossos professores, principalmente para os orientadores e corientadores Geraldo Moreno Florentino Júnior, Camila Tombasco Furlan e Galesandro Henrique Capovilla nosso sincero agradecimento por sua dedicação, paciência e empenho. Suas orientações foram fundamentais para que pudéssemos desenvolver este trabalho com qualidade e rigor acadêmico. Suas palavras de incentivo e críticas construtivas nos ajudaram a crescer e a melhorar ao longo deste processo. Aos nossos familiares, ainda que não diretamente envolvidos no projeto, devemos um agradecimento especial. Seu apoio emocional e compreensão foram indispensáveis para que pudéssemos nos dedicar plenamente aos estudos. Agradecemos pela paciência nos momentos de ausência e pela motivação constante para que seguíssemos em frente. A todos, o nosso muito obrigado. Este trabalho é também um reflexo do carinho e do suporte que recebemos ao longo desta jornada.

“Pequenas ações de hoje garantem  
um planeta mais limpo amanhã.

— Lucas Andrade

## RESUMO

O protótipo aborda o problema crítico do descarte inadequado de resíduos sólidos no Brasil, onde em 2019 apenas 10% dos 80 milhões de toneladas de resíduos anuais foram reciclados, causando poluição e problemas de saúde pública. Inspirado na solução inovadora da SK Telecom, que implementou um sistema de transporte de lixo via dutos subterrâneos na Coreia do Sul, este projeto em proporção real visa adaptar essa tecnologia para bairros, condomínios e apartamentos planejados no Brasil, com lixeiras distribuídas esquematicamente. O sistema utiliza um Arduino Mega, uma placa micro controladora que processa todos os dados do circuito. O reconhecimento do usuário que vai descartar o lixo é feito através de um dispositivo RFID, que consiste em tags contendo um chip e uma antena para armazenar e transmitir dados sem fio para um leitor conectado ao Arduino. A célula de carga é usada para calcular o peso do lixo, e as informações são exibidas em um display LCD, uma tela digital que mostra a pesagem do lixo em kg. Um servo motor, compacto e leve, são usados para controlar a abertura e fechar a tampa da lixeira, após o fechamento da lixeira, o motor de aspirador de pó é acionado, puxando todo resíduo presente na lixeira por meio do tubo. Espera-se que o projeto reduza a emissão de gases causada pelos veículos de transporte de lixo, melhore a organização e a conscientização sobre o descarte de resíduos, diminua a poluição visual e os odores nas ruas e ambientes, e promova a coleta seletiva, aumentando a taxa de reciclagem, contribuindo para os seguintes objetivos da ONU, 6 Água potável e saneamento, 11 Cidades e comunidades sustentáveis, 12 Consumo e produção responsáveis, 13 Ação contra a mudança global do clima.

**PALAVRAS-CHAVES:** Resíduos, Reciclagem, Descarte de lixo.

## ABSTRACT

The prototype addresses the critical issue of improper solid waste disposal in Brazil, where in 2019, only 10% of the 80 million tons of annual waste were recycled, causing pollution and public health problems. Inspired by SK Telecom's innovative solution, which implemented an underground waste transportation system in South Korea, this full-scale project aims to adapt this technology to neighborhoods, condominiums, and planned apartments in Brazil, with strategically placed trash bins. The system uses an Arduino Mega, a microcontroller board that processes all circuit data. The user disposing of the waste is recognized via an RFID device, consisting of tags with a chip and antenna that store and transmit data wirelessly to a reader connected to the Arduino. A load cell is used to calculate the weight of the waste, and the information is displayed on an LCD, a digital screen that shows the weight of the waste in kg. A compact and lightweight servo motor is used to control the opening and closing of the trash bin lid. After the bin is closed, the vacuum motor is activated, pulling all the waste through the tube. The project is expected to reduce gas emissions caused by waste transport vehicles, improve waste disposal organization and awareness, reduce visual pollution and odors in streets and environments, and promote selective collection, increasing the recycling rate and contributing to the following UN goals: 6 Clean Water and Sanitation, 11 Sustainable Cities and Communities, 12 Responsible Consumption and Production, and 13 Climate Action.

**KEYWORDS:** Waste, Recycling, Garbage disposal

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama do protótipo.....	16
Figura 2 – Auto Desk Auto Cad.....	17
Figura 3 – Arduino IDE.....	18
Figura 4 – Kit RFID.....	19
Figura 5 – Arduino Mega.....	20
Figura 6 – Micro Servo Motor.....	21
Figura 7 – Display LCD.....	22
Figura 8 – Célula de carga.....	23
Figura 9 – Motor de aspirador de pó.....	24
Figura 10 - Acrílico.....	25



**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Cronograma.....	26
Tabela 2 – Planilha de orçamento.....	28

## SUMARIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. JUSTIFICATIVA .....	12
3. OBJETIVOS .....	13
4. MATERIAIS E METODOS .....	14
4.1    Método de Engenharia.....	15
4.1.1. Diagrama do protótipo.....	16
4.1.2. AUTO DESK AUTO CAD.....	17
4.1.3. IDE Arduíno.....	18
4.1.4. Kit RFID.....	19
4.1.5. Arduíno Mega.....	20
4.1.6. Micro Servo Motor.....	21
4.1.7. Display 16x2 com módulo I2c.....	22
4.1.8. Célula de carga.....	23
4.1.9. Motor de aspirador de pó.....	24
4.1.10. Acrílico.....	25
5. CRONOGRAMA.....	26
6. RESULTADOS ESPERADOS .....	27
7. PLANILHA DE ORÇAMENTO .....	28
8. REFERENCIAL TEÓRICO .....	29
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição causada pelo descarte inadequado de resíduos sólidos é um problema ambiental e social significativo, conforme descrito por Arthur Ribeiro (2023). No Brasil, a geração de resíduos sólidos alcança cerca de 80 milhões de toneladas por ano, sendo que apenas 10% são reciclados, de acordo com Ribeiro Figueiredo (2023).

Esse descarte inadequado resulta em poluição do solo, da água e do ar, além de contribuir para a proliferação de vetores de doenças e causar danos à saúde humana e ao meio ambiente.

O protótipo propõe a implementação de um sistema de transporte de lixo via dutos subterrâneos que pode ser implementado em bairros, condomínios e apartamentos planejados.

Os pontos de coleta serão distribuídos a cada 150 e 200 metros em proporção real. O funcionamento será da seguinte forma, o usuário utiliza um cartão de acesso para ativar o sensor da lixeira, que se abre para o descarte do lixo e se fecha em alguns segundos, em seguida, com o lixo descartado dentro da lixeira, a célula de carga calcula o peso do lixo em kg, e o peso será exibido no display LCD, após isso, rele aciona o motor, que direciona o lixo através do tubo para o depósito.

A expectativa é que este sistema traga maior organização e conscientização sobre o descarte de lixo, tornando se funcional para diversos tipos de empreendimentos urbanos planejados e promover uma gestão mais eficiente dos resíduos, contribuindo para a sustentabilidade e a qualidade de vida nas comunidades atendidas.

Tal perspectiva se aproxima dos conceitos apresentados por Júnior (2023), o descarte inadequado de lixo é um problema ambiental e social grave que afeta o Brasil. O país gera cerca de 80 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, dos quais apenas 10% são reciclados. O descarte inadequado pode causar uma série de impactos negativos, como poluição do solo, da água e do ar, proliferação de vetores de doenças, e danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Espera-se que que o projeto em proporção real se torne funcional para bairros, condomínios e apartamentos planejados, para que a organização e conscientização do lixo esteja presente na vida de todos.

## 2. JUSTIFICATIVA

O projeto será desenvolvido com base nos descartes de resíduos importância no projeto que está envolvendo componentes eletrônicos em um circuito eletrônico, elétrico, pneumático e um Arduino Mega, que envolve a programação e o circuito elétrico para o circuito funcionar corretamente.

As vantagens do protótipo em proporções reais seria que teria latas de lixo espalhadas pelo ambiente, evitando o odor do lixo, a poluição visual de lixo e restos de lixo espalhados por todo lugar e também a redução do tráfego dos transportes de coleta de lixo, gerando uma economia na manutenção nesses veículos, nos gastos de gasolina, e com a poluição que os automóveis coletores de lixo causam. Com a implantação dessas latas de lixo o problema de haver lixos nos rios, lagos, terrenos baldios seria reduzido, pois iria tornar o descarte de lixo em locais inadequados menos recorrentes e tornaria a prática de coleta seletiva mais comum nas residências, além do melhor controle e manuseio do descarte de resíduos das casas, podendo direcionar para o local de descarte correto para cada tipo de resíduo que haja.

Esse projeto visa tornar mais fácil também a separação dos resíduos que possam ter uma reutilização em alguma outra área da sociedade, podendo ser direcionado para indústrias que consigam processar esse resíduo reduzindo a quantidade de toneladas de extração de recursos do planeta, preservando a longo prazo a longevidade da vida no planeta.

Além do projeto cumprir os objetivos 6 - Água potável e saneamento, 11 - Cidades e comunidades sustentáveis, 12 - Consumo e produção responsáveis, 13 - Ação contra a mudança global do clima da ONU.

### 3. OBJETIVOS

Objetivo geral: Entregar um protótipo que simule a coleta de lixo subterrânea por meio de uma lixeira automatizada para identificar o usuário depositante e liberar acesso ao descarte, inspirado no sistema já utilizado em Songdo, cidade da Coreia do Sul.

Objetivos específicos:

- Obter um conhecimento geral sobre resíduos orgânicos e não orgânicos. E de que forma poderíamos diminuir quantidade de lixo nas áreas urbanas e áreas marítimas.
- Espera se que o protótipo seja instalado em escala real para conseguir impactar de uma forma positiva a curto e longo prazo, assim cada vez acabando com a poluição e visando a saúde em nosso planeta.
- Fazer com que as lixeiras sejam distribuídas com distancias especificas para não haver descarte desnecessário nas ruas por conta de não haver lixeiras por perto no ambiente.
- Diminuir a taxa de resíduos sólidos serem descartados em terrenos, rios, esgotos e em lugares inadequados.
- Chamar atenção de empresas de reciclagem e criação de pontos específicos de descarte garantirão o processamento adequado dos materiais coletados.
- Aderir um sistema de monitoramento para registrar a quantidade de lixo descartado em cada ponto de coleta, permitindo uma avaliação precisa da participação e eficiência em cada local.

#### **4. MATERIAIS E METODOS**

Para a realização deste estudo, vamos utilizar o método de engenharia, focado na resolução de problemas práticos.

A lixeira escolhida para o projeto foi de acrílico, junto com o tubo e a caixa que o lixo será direcionado (depósito), a lixeira é equipada com tampa na parte superior para permitir o descarte de resíduos. Os seguintes componentes vão ser utilizados para o funcionamento da pesquisa. Os servos motores vão ser essenciais para controlar com precisão o movimento da tampa da lixeira. Eles permitiram a abertura e o fechamento automático da tampa, garantindo um controle eficiente do sistema. Um leitor RFID para capturar sinais de cartões ou tags RFID, a lixeira conseguirá reconhecer a proximidade de um usuário autorizado e responder adequadamente, acionando a abertura das tampas. Um relé para gerenciar a ativação dos Servo motores e do motor de aspirador de pó. O relé permitirá o controle eficiente dos sinais elétricos, assegurando que os Servo motores e o motor de aspirador de pó sejam acionados apenas quando necessário. O motor de aspirador de pó vai ser utilizado para realizar a sucção no tubo dos resíduos depositados na lixeira.

Esses componentes serão essenciais para formar um sistema funcional, capaz de realizar a coleta de lixo de maneira automatizada e eficiente.

#### **4.1 Método de Engenharia**

O objetivo da pesquisa usando o método de engenharia é para solucionar problemas que muitas cidades possuem como o descarte de resíduos que é ineficiente, resultando em acúmulo de lixo em áreas públicas e em entupimentos de bueiros. Além disso, a falta da separação adequada dos resíduos dificulta a reciclagem e o tratamento apropriado.

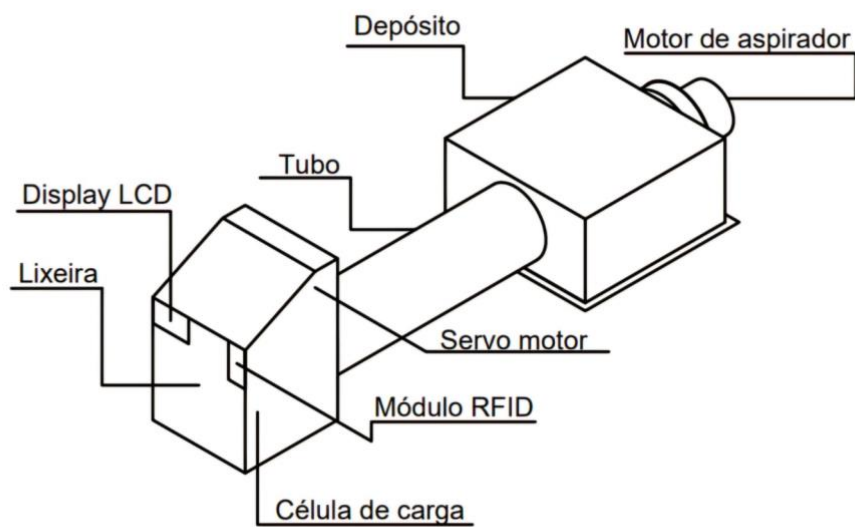
Um sistema de lixeiras automatizadas poderia facilitar o descarte correto de resíduos, melhorando a limpeza urbana e a eficiência dos processos de reciclagem. Sistemas tradicionais de coleta de lixo costumam ser ineficientes, resultando em desperdício de combustível, mão de obra e tempo.

Com o sistema de lixo via dutos subterrâneos seria mais eficaz o processo. O desenvolvimento de um sistema de lixeiras automatizadas que monitoram os níveis de resíduos em tempo real poderia permitir uma coleta de lixo mais eficiente, economizando recursos e reduzindo a pegada de carbono.

#### 4.1.1. Diagrama do protótipo

O diagrama é essencial para mostrar visualmente como funciona a parte interna e externa de uma maneira fácil de entender, mostrando o processo do descarte do lixo, a tubulação subterrânea, e a central de processamento.

Figura 1 - Diagrama do projeto



Fonte: Autoria própria

O diagrama é fundamental antes mesmo de realizar o projeto, para ter a ideia de como será feito, seguindo os princípios.

O projeto com os principais dispositivos que envolve o uso de uma estrutura de acrílico, Arduino Mega para processar dados de um sistema que reconhece usuários via RFID para ler os dados, e dois servos motores para abrir e fechar tampas, e um motor de aspirador enviando o lixo via um tubo até uma central de processamento.



#### 4.1.2. AUTO DESK AUTO CAD

AUTO DESK AUTO CAD, é um software de CAD (projeto auxiliado por computador) que é usado para desenhos 2D e 3D precisos, projetos e modelagem com sólidos, superfícies, objetos de malha, recursos de documentação e muito mais.

Figura 2 - Auto Desk Auto Cad



Fonte: AUTO DESK

O software AUTO CAD foi usado para a criação do modelo do protótipo para exemplificar o funcionamento do protótipo.

### 4.1.3. IDE Arduíno

O Arduino IDE é um software que usa a linguagem de programação c/c + sendo utilizado para programar placas de microcontroladores, como as da linha Arduino.

Ele permite escrever, compilar e enviar códigos para o microcontrolador, facilitando o desenvolvimento de projetos de automação, robótica e eletrônica. O IDE inclui uma interface simples e bibliotecas que ajudam a controlar sensores, motores e outros componentes eletrônicos.

Figura 3 - Arduino IDE



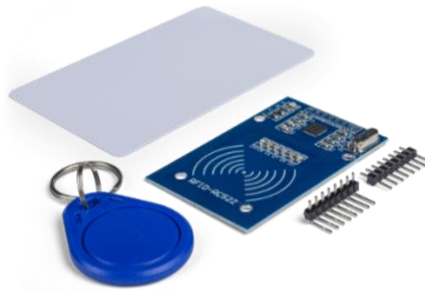
Fonte: Arduino IDE

O Software foi utilizado para fazer todas as programações que foram introduzidas no hardware Arduino fazendo os funcionamentos de entradas e saídas, analógicas e digitais.

#### 4.1.4. Kit RFID

kit RFID é um sistema de identificação por radiofrequência (RFID). O sistema RFID utiliza ondas eletromagnéticas para acessar a dados armazenados num microchip.

Figura 4 - Kit RFID



Fonte: < <https://www.robocore.net/rfid/kit-rfid-mfrc522>>

O microchip tem uma pequena antena que emite um sinal para identificar os dados armazenados.

O funcionamento do RFID no protótipo será usado de forma específica sendo usado como um sensor que irá identificar a pessoa que usou o cartão ou tag para abrir a lixeira.

#### 4.1.5. Arduíno Mega

O Arduino Mega é uma placa de prototipagem baseada no microcontrolador ATmega2560

Figura 5 - Arduino Mega



Fonte: < <https://www.makerhero.com/produto/placa-mega-2560-r3-cabo-usb-para-arduino/> >

O Arduino Mega é destinado a projetos que requerem mais memória e/ou um maior número de pinos do que o Arduino Uno.

O Arduino vai ser designado para a programação do protótipo inteiro definindo o que cada componente irá fazer.

#### 4.1.6. Micro Servo Motor

Com o micro servo motor é possível controlar o giro e a posição do mesmo através dos comandos enviados pela plataforma microcontrolada. Após o envio do comando para que o servo ele altera sua posição que vai de 0 a 180 graus, o mesmo verifica sua posição atual e em seguida executa o comando girando até a posição indicada.

Figura 6 - Micro Servo Motor



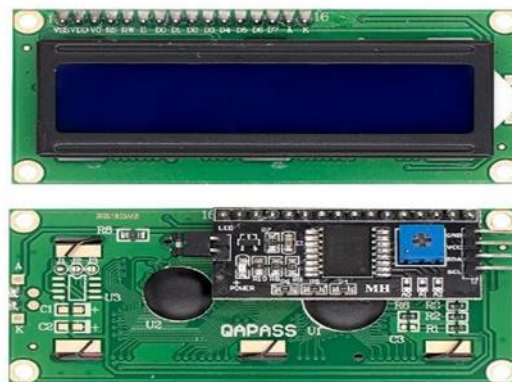
Fonte: < <https://www.usinainfo.com.br/servo-motores/micro-servo-motor-9g-sg90-180-16kgfcm-de-posicao-2299.html> >

Será usado para o funcionamento das tampas da lixeira como a superior e a inferior.

#### 4.1.7. Display 16x2 com módulo I2c

O display LCD 16x2. O display LCD 16x2 conta com 16 colunas e 2 linhas, e pode ser de luz de fundo (backlight) azul ou verde, com cores brancas das letras. Dos 16 pinos, 12 são utilizados para conexão básica. 11 pinos são de entrada/saída (1 e 0).

Figura 7 – Display LCD



Fonte: < <https://www.baudaeletronica.com.br/produto/display-lcd-16x2-azul-com-modulo-adaptador-i2c.html> >

O display será usado como o próprio nome já fala um visor para mostrar as informações se ela a tampa foi aberta o nome do usuário e por assim vai.

#### 4.1.8. Célula de carga

Uma célula de carga, também conhecida como sensor de carga, é um dispositivo utilizado para medir a força ou peso aplicado sobre ela.

Figura 8 - Célula de carga



Fonte: < <https://www.robocore.net/rfid/kit-rfid-mfrc522>>

Ela converte a força mecânica aplicada em um sinal elétrico proporcional, que pode ser lido e interpretado por um sistema eletrônico.

#### 4.1.9. Motor de aspirador de pó

No aspirador de pó, um ventilador elétrico cria uma corrente de ar de alta velocidade que se move por uma mangueira flexível conectada a um bocal.

Figura 9 - Motor de aspirador de pó



Fonte: < <https://www.maxjato.com.br/motor-aspirador-electrolux-gt30n-220v>>

Após o fechamento da tampa inferior, o aspirador de pó será acionado para realizar a sucção dos resíduos, garantindo que o lixo seja transportado eficientemente para o destino apropriado.



#### 4.1.10. Acrílico

Acrílico que se trata de um material transparente sintético (não natural). A escolha dele foi para que todas etapas sejam vistas por completo.

Figura 10 - Acrílico



Fonte:

O acrílico foi usado como estrutura e base para toda do projeto fazendo percurso do lixo com transparência e clareza.

## 5. CRONOGRAMA

ATIVIDADE	RESPONSÁVEL	MESES												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ideias para executar a pesquisa	Christopher	x	x											
Procurar materiais que serão usados para a confecção do protótipo.	Christopher Vinicius Thiago		x		x									
Testes no prototipo	Christopher Vinicius Thiago			x	x	x	x		X	x	x			
Execução do plano de pesquisa	Christopher Vinicius Thiago			x										
Com os materiais aderidos obter um avanço no protótipo	Christopher Thiago Vinicius			x										
Atualizar o relatório de pesquisa com mais aprofundamento em cada tópico	Christopher Thiago Vinicius				x	x	x	x	x	x	x			

## 6. RESULTADOS ESPERADOS

Com o desenvolvimento deste projeto, foi pensado não apenas reduzir, mas potencialmente eliminar a emissão de gases poluentes associados aos veículos de transporte de lixo, sem comprometer os empregos dos trabalhadores envolvidos na coleta. Ao invés disso, propomos a realocação desses profissionais para funções na central de descarte e separação de resíduos, proporcionando-lhes um ambiente de trabalho mais seguro, menos exaustivo e com melhores condições ergonômicas.

Adicionalmente, ao revisar os custos associados ao transporte de lixo, identificamos a oportunidade de reinvestir esses recursos em benefícios diretos para os trabalhadores, melhorando suas condições de trabalho e remuneração. A implementação deste sistema visa também promover uma gestão de resíduos mais eficiente e acessível para todos, reduzindo o descarte inadequado em áreas urbanas. Como resultado, espera-se uma diminuição significativa dos odores e da poluição visual nas ruas, contribuindo para uma melhoria geral na qualidade de vida nas cidades.

Este projeto não só facilita e torna mais prático o descarte de resíduos, mas também busca incentivar a coleta seletiva nas grandes cidades, aumentando a taxa de reciclagem e promovendo um consumo mais consciente e sustentável. Ao reduzir o descarte irregular, o uso excessivo de recursos naturais e o consumo desenfreado, estamos alinhando nossas ações aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU, promovendo um futuro mais equilibrado e sustentável para o planeta.

## 7. PLANILHA DE ORÇAMENTO

QTD	DESCRIÇÃO DO RECURSO	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	FONTE
1x	Acrilico	R\$580	R\$580,00	
1X	Kit RFID	R\$ 16,99	R\$ 16,99	<a href="https://l1nk.dev/EYO7t">https://l1nk.dev/EYO7t</a>
1X	Arduino Mega	R\$ 113,42	R\$ 113,42	Amazom.com.br
2X	Micro Servo Motor	R\$ 22,00	R\$ 44,00	<a href="https://abrir.link/YooTr">https://abrir.link/YooTr</a>
1x	Rele 5V	R\$ 9,00	R\$ 9,00	<a href="https://abrir.link/rTeKz">https://abrir.link/rTeKz</a>
1X	Motor de aspirador de pó	R\$ 112,90	R\$ 126,90	<a href="https://encurtador.com.br/uBDU6">https://encurtador.com.br/uBDU6</a>
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 886,31</b>	

## 8. REFERENCIAL TEÓRICO

O problema do descarte inadequado de resíduos sólidos é uma questão ambiental e social significativa no Brasil. Segundo Política Nacional de Resíduos Sólidos (2022), o país produz aproximadamente 80 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, dos quais apenas 10% são reciclados. Esse cenário contribui para a poluição do solo, da água e do ar, além de gerar impactos negativos na saúde pública e no meio ambiente. A literatura destaca que a má gestão dos resíduos sólidos não apenas polui o ambiente, mas também coloca em risco a saúde das comunidades próximas aos locais de descarte inadequado (Silva et al., 2015). A ausência de uma coleta eficiente e a falta de infraestrutura adequada levam ao acúmulo de lixo em áreas públicas, que muitas vezes acaba sendo lançado em rios, terrenos baldios e outras áreas inadequadas, agravando a situação. Inspirado no modelo implementado em Songdo, na Coreia do Sul, este projeto propõe a adaptação de um sistema de transporte de lixo via dutos subterrâneos para o contexto brasileiro. Segundo Silva e Prestes (2019), o sistema utilizado em Songdo é um exemplo notável de como a tecnologia pode ser aplicada para melhorar a gestão de resíduos urbanos, criando um ambiente mais limpo e sustentável. Esse sistema elimina a necessidade de caminhões de lixo, reduzindo significativamente a emissão de gases poluentes e contribuindo para a melhoria da qualidade do ar nas cidades. A aplicação de tecnologias como Arduino Mega, RFID, e Servo Motores é central para o desenvolvimento de um sistema automatizado de coleta de resíduos. Ribeiro (2023) argumenta que o uso dessas tecnologias permite um controle preciso e eficiente do processo de coleta, minimizando a necessidade de intervenção humana e aumentando a eficácia da separação e destinação dos resíduos. O Arduino Mega é utilizado para processar os dados coletados pelos sensores e controlar os atuadores responsáveis pela abertura e fechamento das lixeiras, enquanto o RFID assegura que apenas usuários autorizados possam acessar o sistema.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, M. F., O lixão de Posse-GO: Impactos ambientais e a questão do lixo. 2013. 39 f., il. Monografia (Licenciatura em Geografia) Universidade de Brasília, Posse-GO, 2013.

Descarte incorreto: 70% das pessoas não separam o lixo. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2023-04/descarte-incorreto-70-das-pessoas-nao-separam-o-lixo>>.

ESCOLA, Brasil. "Você sabe para onde vai o lixo?"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/curiosidades/voce-sabe-para-onde-vai-lixo.htm>. Acesso em 14 de agosto de 2024.

ONU - Organização das Nações Unidas. Declaração universal dos direitos humanos. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br/documentos/direitos-humanos>.

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs>

SILVA, A. R. S., et al. Impactos ambientais referentes à não coleta de lixo e reciclagem. Caderno de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIT – Alagoas, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 63–76, 2015. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/2136>. Acesso em: 14 mar. 2024.

SILVA, P. C.; PRESTES, J.D., Songdo – smart and clean: Criando um espaço urbano distópico. Revista de Estudos Universitários – REU, Sorocaba, SP, v. 45, n.

1, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uniso.br/reu/article/view/3632>. Acesso em: 13 mar. 2024.

.