

**CENTRO PAULA SOUZA  
ETEC CORONEL FERNANDO FEBELIANO DA COSTA  
3º Mecatrônica**

**Christian Miguel Sales Coelho**

**Lucas Jhony Cunha Ribeiro**

**Vitória Nogueiro**

**CLEAN SAND:  
limpeza automatizada das praias do Brasil**

**Piracicaba  
2024**

Christian Miguel Sales Coelho

Lucas Jhony Cunha Ribeiro

Vitória Nogueiro

**CLEAN SAND:  
limpeza automatizada das praias do Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Mecatrônica da Etec Cel. Fernando Febeliano da Costa, orientado pelo Profº Luis Henrique Bernardo como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Mecatrônica.

**Piracicaba**

**2024**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de expressar nossos sinceros agradecimentos aos professores Marcos Aníbal da Cunha e Luis Henrique Bernardo, pela dedicação, paciência e disposição em nos auxiliar na execução do projeto, fornecendo valiosas opiniões e alguns dispositivos essenciais para o nosso grupo. Além disso, agradecemos aos auxiliares docentes Abraão Lacerda e Mauro, que prestaram diversos favores ao grupo durante o processo de montagem física do TCC. Sem a colaboração de todos, o projeto não teria alcançado o nível de qualidade que atingiu, e somos imensamente gratos por tudo o que fizeram por nós.

## EPÍGRAFE

“Ensinar não é transmitir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção”.

PAULO FREIRE

## RESUMO

O projeto Clean Sand consiste em um robô autônomo que recolhe os lixos descartados de forma inapropriada nas areias das praias, que atualmente são pontos com alta taxa poluição, visando assim a diminuição do acúmulo desses resíduos no litoral, a preservação da segurança de quem os frequenta, preservação da biodiversidade local e a manutenção da estética desses ambientes. A autonomia do projeto permite maior eficiência e praticidade na coleta desses resíduos, sendo ele aplicado especialmente nos períodos de alta temporada desses locais, que trazem consigo maior índice de poluição e degradação dos mesmos. O robô é energizado por uma bateria recarregável, tornando-o uma opção contribuidora para o meio ambiente e sendo uma tecnologia de uso simples, uma vez que a programação já vem pronta e precisa somente que o conecte a bateria para iniciar seu trabalho. Dessa forma, Clean Sand contribui para a natureza e para a humanidade, de maneira sustentável, eficaz e autônoma.

**Palavras-Chave:** Autonomia; Preservação; Praias; Segurança; Poluição; Eficiência

## ABSTRACT

The Clean Sand project consists of an autonomous robot that collects inappropriately discarded rubbish on the sands of beaches, which are currently areas with high pollution rates, thus aiming to reduce the accumulation of this waste on the coast, preserving the safety of those who frequent them, preservation of local biodiversity and maintenance of the aesthetics of these environments. The autonomy of the project allows for greater efficiency and practicality in the collection of this waste, being applied especially during high season periods in these locations, which bring with them a higher level of pollution and degradation. The robot is powered by a rechargeable battery, making it a contributing option for the environment and being a simple-to-use technology, since the programming is already ready and all you need to do is connect it to the battery to start its work. In this way, Clean Sand contributes to nature and humanity, in a sustainable, effective and autonomous way.

**Key-Words:** Autonomy; Preservation; Beaches; Security; Pollution; Efficiency

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Dados Qualitativos e Quantitativos.....	16
--	----

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico sobre o valor total da quantidade de lixo coletado nos cinco anos (2011 a 2015) na limpeza da costa de Caravelas, BA.....	17
Figura 2 – Gráfico: Local de descarte dos resíduos sólidos.....	17
Figura 3 – Gráfico: Tipos de resíduos sólidos encontrados nas praias.....	18
Figura 4 – Rodas compradas.....	19
Figura 5 – Primeiro esboço do projeto.....	20
Figura 6 – Componentes recuperados.....	20
Figura 7 – Dimensões da bucha desenhada pelo professor Luis Bernardo.....	22
Figura 8 – Bucha finalizada.....	22
Figura 9 – Professor Luis Bernardo soldando os eixos nos motores.....	23
Figura 10 – Primeiros suportes para os motores.....	24
Figura 11 – Modelo final dos suportes dos motores.....	24
Figura 12 – Chapas cortadas e dobradas.....	25
Figura 13 – Lucas furando as chapas.....	26
Figura 14 – Mãos francesas finalizadas.....	26
Figura 15 – Suportes e motores prontos e fixados.....	27
Figura 16 – Base antes das modificações. ....	28
Figura 17 – Base após as modificações.....	28
Figura 18 – Carcaça sem pintura.....	29
Figura 19 – Carcaça finalizada.....	30
Figura 20 – Grelha de churrasqueira cortada.....	32
Figura 21 – Pá coletora finalizada.....	33
Figura 22 – Reservatório de resíduos finalizados.....	34
Figura 23 – Pistão fixado.....	36

Figura 24 – União do Carro ao Coletor.....	37
Figura 25 – Esboço da pintura.....	37
Figura 26 – Arduino UNO R3.....	38
Figura 27 – Regulador de Tensão LM2596.....	39
Figura 28 – Quatro Módulos relés.....	40
Figura 29 – Sensor Ultrassônico.....	41
Figura 30 – Motor de Vidro Elétrico.....	42
Figura 31 – Atuador Linear Pistão Elétrico.....	43
Figura 32 – Início da programação.....	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

FFP-UERJ - Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

MDF - Medium Density Fiberboard; painel de partículas de média densidade

TCC – Trabalho de Conclusão do Curso

UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UFF - Universidade Federal Fluminense

## SUMÁRIO

### Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	11
1.1 Justificativa .....	12
1.2 Objetivo .....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.1 Acúmulo de lixo nas praias e no oceano .....	14
2.2 Contribuições socioambientais .....	15
2.3 Principais resíduos encontrados nas areias das praias .....	16
3 MONTAGEM DO CARRO .....	19
3.1 Motores .....	21
3.2 Base e suportes dos motores .....	23
3.3 Carcaça .....	29
4 MONTAGEM DO COLETOR .....	31
4.1 Estrutura .....	31
4.2 Pá coletora .....	32
4.3 Reservatório dos resíduos .....	33
4.4 Fixação da pá coletora e o reservatório de dejetos .....	34
4.5 Montagem do pistão .....	35
4.6 Acabamento .....	37
5 PARTE ELÉTRICA .....	38
5.1 Arduino .....	38
5.2 Regulador de tensão .....	39
5.3 Módulo Relé .....	40
5.4 Motor de Vidro Elétrico .....	41
5.5 Pistão Elétrico .....	43
6 PROGRAMAÇÃO .....	44
7 APLICAÇÃO .....	46
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	47
REFERÊNCIAS .....	48

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tornou-se notável a quantidade crescente de resíduos descartados de maneira inapropriada nas praias ao redor do mundo, devido ao crescimento acelerado da população e a falta de conscientização da mesma.

Diante dessa problemática, um grupo de alunos do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Mecatrônica desenvolveu um projeto visando amenizar os impactos ambientais causados pelas ações citadas anteriormente, que consiste em um robô que trabalhará de forma autônoma para recolher o lixo presente nas areias das praias, pois é notório a falta de asseio desses ambientes.

A proposta se chama “Clean Sand”, sendo constituída por duas partes: a primeira é chamada de “carro” e é responsável pela movimentação do robô, onde os motores, bateria e a parte elétrica ficarão localizados. Já a segunda é chamada de “coletor” e será encarregada de retirar os dejetos da areia e armazená-los em um compartimento que estará acoplado nessa mesma parte. A programação será feita de tal modo que ele não seja dependente de um operador para se movimentar e irá contar com sensores de presença para que não esbarre em obstáculos, maximizando o seu desempenho.

O principal objetivo é utilizar o robô após grandes eventos ou datas comemorativas – que são períodos de alta temporada nesses ambientes – e ao final do dia, sendo ativado entre meia-noite e o amanhecer, pois há menor fluxo de pessoas nesse intervalo de tempo. Ademais, a fonte de alimentação do robô autônomo se dá por meio de uma bateria selada, que em outras ocasiões, pode vir a ser alimentada através de painéis solares, necessitando de pequenas adaptações para a instalação da energia renovável.

## 1.1 Justificativa

A inspiração para o desenvolvimento do projeto surgiu de um dos integrantes do grupo, Christian, que vivenciou diretamente os problemas relacionados à falta de limpeza nas áreas litorâneas, tendo residido durante treze anos nas cidades de São Vicente, Santos e Praia Grande.

Christian relatou que a situação se agravava durante os períodos de alta temporada turística, como feriados e celebrações nacionais, quando havia um aumento significativo na quantidade de resíduos descartados inadequadamente pela população. Apesar da presença de catadores de lixo nas praias, a poluição persistia, dado que a quantidade de resíduos era superior à capacidade de coleta desses trabalhadores.

Diante dessa problemática, durante as reuniões realizadas pelo grupo, surgiu a ideia de desenvolver um projeto que pudesse mitigar esse cenário. Desde o início, considerou-se a possibilidade de criar um robô para esse propósito, tendo em vista a experiência prévia dos integrantes na montagem de outros robôs em atividades realizadas durante o curso de Mecatrônica.

## 1.2 Objetivo

O projeto Clean Sand foi idealizado e construído com o objetivo de mitigar a grande quantidade de lixo descartado de forma inadequada nas areias das praias. A aplicação do robô nas áreas litorâneas beneficiará tanto a biodiversidade local quanto as pessoas que frequentam esses espaços, uma vez que a poluição, além de comprometer os ecossistemas presentes, impacta negativamente a estética do ambiente, tornando-o insalubre e, em certos casos, até mesmo perigoso para os visitantes.

Para alcançar esse objetivo, o projeto foi programado de modo a não depender de um operador humano para movimentar o robô. Ademais, sensores foram acoplados às suas laterais e à parte frontal, visando maximizar seu desempenho e evitar colisões com eventuais obstáculos no ambiente.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Inicialmente os estudantes se prontificaram em pesquisar artigos e pesquisas sobre o contexto das praias e de sua poluição, para assim refletirem em como a aplicabilidade do projeto será conveniente e eficaz no devido ambiente.

As pesquisas foram essenciais para a compreensão da realidade dos locais litorâneos, mostrando como é feita atualmente a limpeza desses espaços, os períodos de maior poluição e os prejuízos decorrentes da mesma.

### **2.1 Acúmulo de lixo nas praias e no oceano**

O grupo realizou uma pesquisa acerca da problemática principal - o acúmulo de lixo nas praias. Segundo a Fundação Mamíferos Aquáticos (2022) cada pessoa produz por dia cerca de 1,2 kg de resíduos poluentes por dia e há 25 milhões de toneladas de lixo descartadas no oceano. As praias, comumente sendo vistas como pontos turísticos, são extremamente afetadas por tal problema, uma vez que as pessoas que passam o dia nesses locais produzindo lixo os descarta, na maioria das vezes, nas próprias areias das praias.

Uma outra pesquisa realizada pela Unicamp nas praias de Abraão e Preta no litoral da Ilha Grande em Angra dos Reis (RJ) mostrou que esses locais recebem milhares de turistas durante o ano, em especial nos feriados e nas épocas mais quentes, e nesse período de alta temporada há aumento na quantidade de lixo descartados nas praias. Essa constatação permite estabelecer relações com a aplicação do projeto Clean Sand, que visa atuar principalmente nesses períodos de superlotação, para assim mitigar os prejuízos advindos dessa poluição, que causa, assim como afirma o artigo, a perda da biodiversidade local, proliferação de doenças, ambientes perigosos para quem os frequenta e poluição visual.

## 2.2 Contribuições socioambientais

Em uma pesquisa realizada pela Faculdade do Norte do Paraná, em 2015, a professora Maria Christina Barbosa de Araújo formada em gestão costeira afirma que “A permanência de resíduos sólidos nos ambientes costeiros fere aos princípios básicos da sustentabilidade”, assunto esse que já era comentado a muitos anos e se agravou cada vez mais durante os anos. A especialista também afirma que esse descarte incorreto de lixo torna propícia a propagação de organismos patogênicos, como bactérias, fungos e vírus.

Ademais, uma matéria disponibilizada no site do G1 em 2024 mencionou mais alguns dos malefícios dessa problemática. Entre eles, podemos citar: os lixos despejados nas areias conseqüentemente irão para os mares, ameaçando a vida marinha; muitos resíduos podem ser perigosos para quem frequenta as praias, pois podem ser vidros, pedaços de metais, plásticos cortantes, etc; poluição visual, uma vez que a estética local ficará comprometida pela sujeira ali presente.

Dessa forma, fica notório os benefícios socioambientais que o projeto Clean Sand tem a oferecer, levando em conta que o objetivo do mesmo é combater a essa problemática principal que se ramifica em muitas conseqüências: a poluição das praias. Com o robô sendo posto em prática, será possível mitigar tais resíduos e, assim, problemas como a falta de segurança e saneamento e a degradação dos ambientes costeiros e de sua biodiversidade serão extintos.

### 2.3 Principais resíduos encontrados nas areias das praias

No artigo “análise quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos coletados por cinco anos no dia mundial de limpeza de praias realizado na região costeira de barra de caravelas, BA”, um grupo de pesquisadores iniciou uma análise que durou cinco anos no litoral de Barra de Caravelas-BA. A pesquisa mostra os tipos de materiais encontrados, o peso médio da quantidade que eles foram encontrados e alguns exemplos de quais seriam eles.

Tabela 1- Dados Qualitativos e Quantitativos

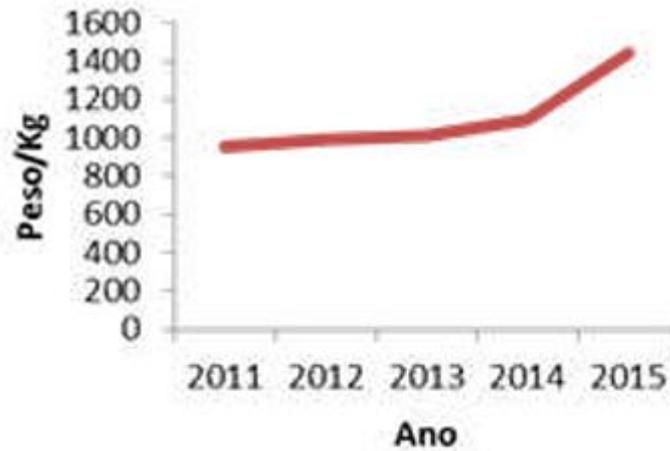
Tipo de resíduo	Média	Exemplares encontrados
Plástico	594,38/Kg	Copos descartáveis, garrafas pet e sacolas plásticas.
Vidro	49,2/Kg	Garrafas de champanhe, cacos de vidros e lâmpadas.
Borracha	43,56/Kg	Pneus, brinquedos e luvas.
Isopor	49,34/Kg	Bandejas de isopor, fragmento de boias e marmitas.
Mistura	17,42/Kg	Fio queimado, pincéis e sapatos.
Espuma	16,52/Kg	Colchão, esponjas e sofá.
Nylon	26,2/Kg	Cordas e restos de redes.
Tecido	141,88/Kg	Roupas, calçados e lençóis.
Papel	3,56/Kg	Papelão, folha de caderno e papel higiênico.
Metal	70,46/Kg	Latas de cerveja, geladeira e fogão.

Fonte: Revista Mosaicum, 2018.

No mesmo artigo foi-se evidenciado a quantidade cada vez mais crescente desses resíduos ao decorrer dos anos. Em 2011, o peso total do lixo coletado foi de 956.1kg, enquanto em 2012 foi de 991.1, sendo que esses números irão aumentar também nos anos seguintes, como mostra a Figura 1. Dessa forma, fica a cada ano mais explícita a necessidade de novas soluções para diminuir tal poluição, uma vez que a quantidade da mesma apenas se agrava.

Nesse contexto, o TCC Clean Sand mostra sua utilidade, como uma opção eficiente e prática para a coleta dos mesmos resíduos mais mencionados na Tabela 1, como copos, brinquedos, latas e etc.

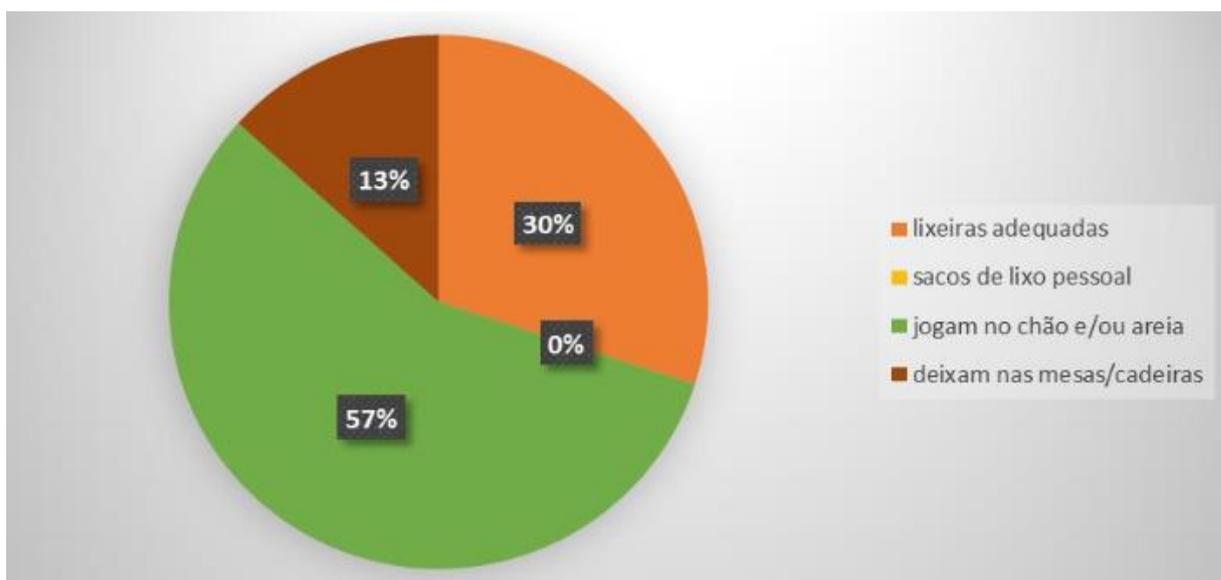
Figura 1- Gráfico sobre o valor total da quantidade de lixo coletado nos cinco anos (2011 a 2015) na limpeza da costa de Caravelas, BA.



Fonte: Revista Mosaicum, 2018.

Ademais, na pesquisa "A problemática dos resíduos sólidos no destino turístico natal [Brasil]" realizada em 2023 por outro grupo de pesquisadores, uma análise foi feita sobre os locais praianos que as pessoas mais descartam seus lixos e a maior taxa foi de 57%, relacionada ao lixo depositado no chão/areia, como mostra a Figura 2.

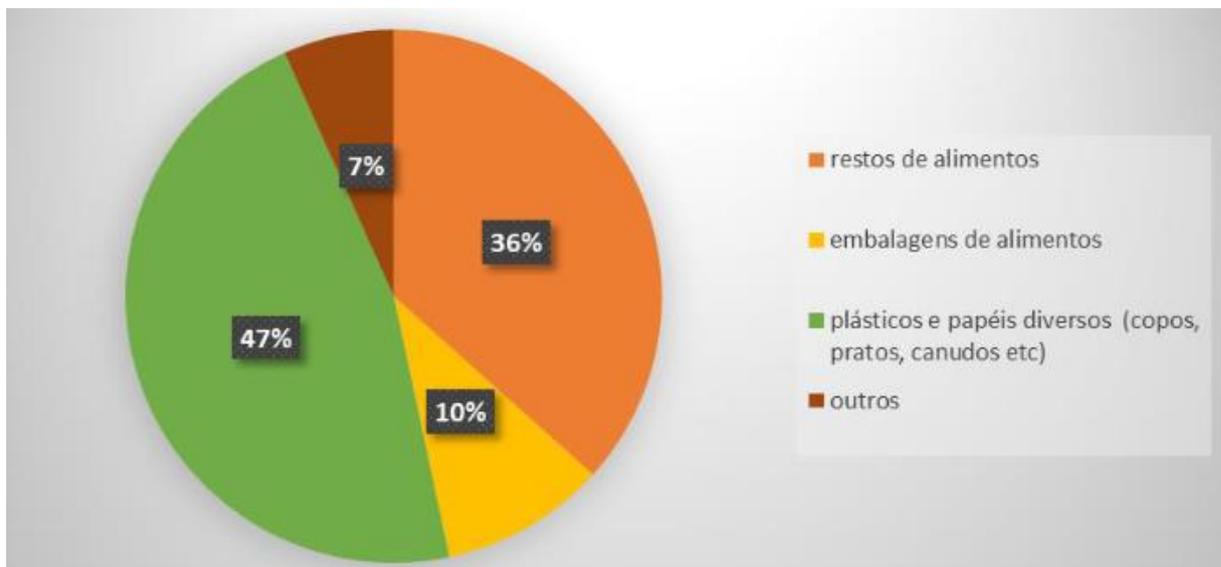
Figura 2- Gráfico: Local de descarte dos resíduos sólidos



Fonte: Elaborado pelos autores do artigo, 2023.

Além disso, o mesmo grupo realizou uma estimativa dos resíduos mais encontrados nas praias, assim como na pesquisa no município de Caravelas-BA. Observando então a Figura 3, é possível notar a relação de semelhança entre esses materiais.

Figura 3- Gráfico: Tipos de resíduos sólidos encontrados na praia



Fonte: Elaborado pelos autores do artigo, 2023.

Com esses dados, portanto, fica evidente que a problemática que rodeia as praias do mundo se intensifica cada vez mais, sendo exclusivamente causada por ações humanas, ações essas que decorrem do descarte inadequado de resíduos nas areias dos ambientes litorâneos.

### 3 MONTAGEM DO CARRO

Para dar início ao processo de construção do projeto, o grupo decidiu que seria essencial começar pela estrutura base, responsável tanto pela movimentação do robô quanto pelo armazenamento dos componentes elétricos.

Nas primeiras semanas de pesquisa, a ideia inicial era utilizar uma esteira para a movimentação. Contudo, após análise, essa abordagem foi descartada devido à sua complexidade de execução. Como alternativa, o grupo optou por utilizar rodas de carrinho de feira, que se mostraram resistentes e suficientemente grandes para atender às necessidades do projeto. Assim, Chris adquiriu duas rodas por meio do aplicativo Shopee para testá-las, o que confirmou sua utilidade e adequação ao projeto.

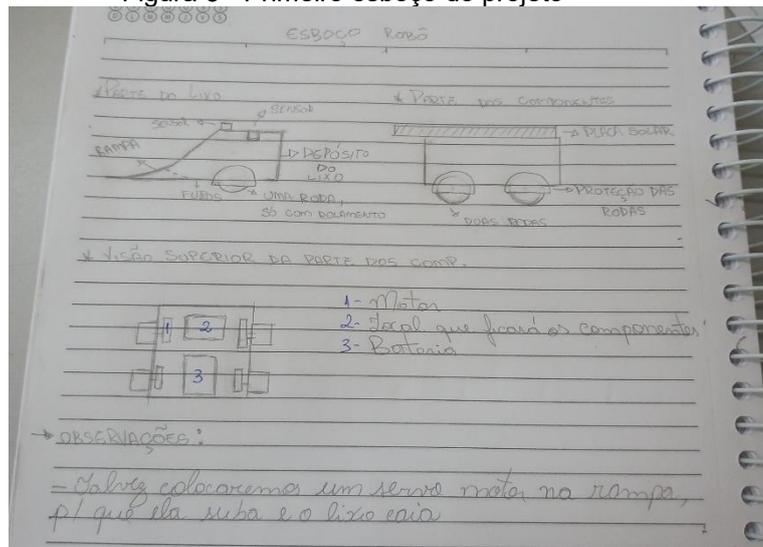
Figura 4 - Rodas compradas



Fonte: Autoral, 2024.

Ademais, foi elaborado o primeiro esboço do projeto, permitindo uma visão geral da ideia principal, com a indicação da localização dos componentes principais e da rampa coletora.

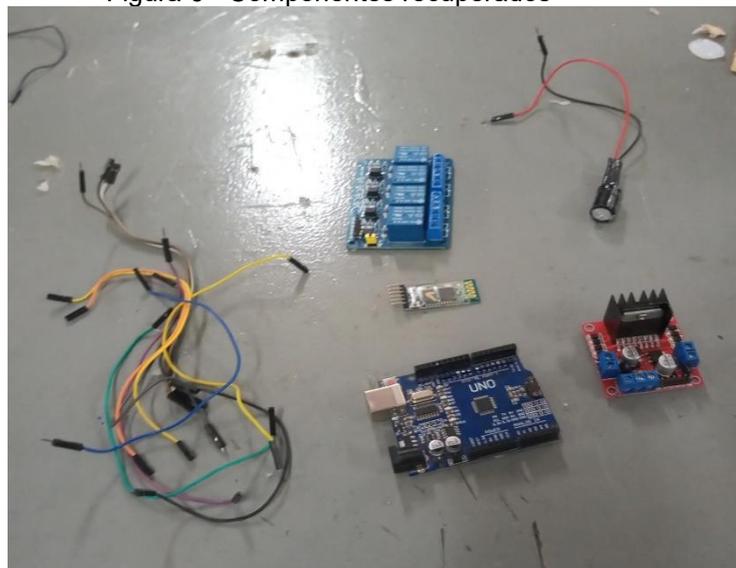
Figura 5 - Primeiro esboço do projeto



Fonte: Autoral, 2024.

Em seguida, Christian trouxe o robô sumô desenvolvido por seu grupo em 2023 para ser desmontado, permitindo a recuperação de alguns componentes. Os itens reutilizados incluíram: um Arduino, uma ponte H, um módulo relé, um capacitor de 16V, um módulo Bluetooth, dois motores de vidro elétrico, dois servomotores e alguns jumpers macho-fêmea. No entanto, o regulador não pôde ser reaproveitado devido às suas más condições.

Figura 6 - Componentes recuperados



Fonte: Autoral, 2024.

### 3.1 Motores

Primeiramente, o grupo concentrou seus esforços na preparação dos quatro motores que seriam utilizados no projeto. Para isso, dois motores foram emprestados pela escola e dois pertenciam a Christian. O primeiro passo foi cortar as barras roscadas que já estavam soldadas aos motores, para que novas barras fossem feitas. Abraão, o auxiliar docente da oficina, forneceu uma barra roscada de 9,3 mm, que foi cortada em cinco pedaços de 15 cm, para que os eixos fossem confeccionados e soldados nos motores.

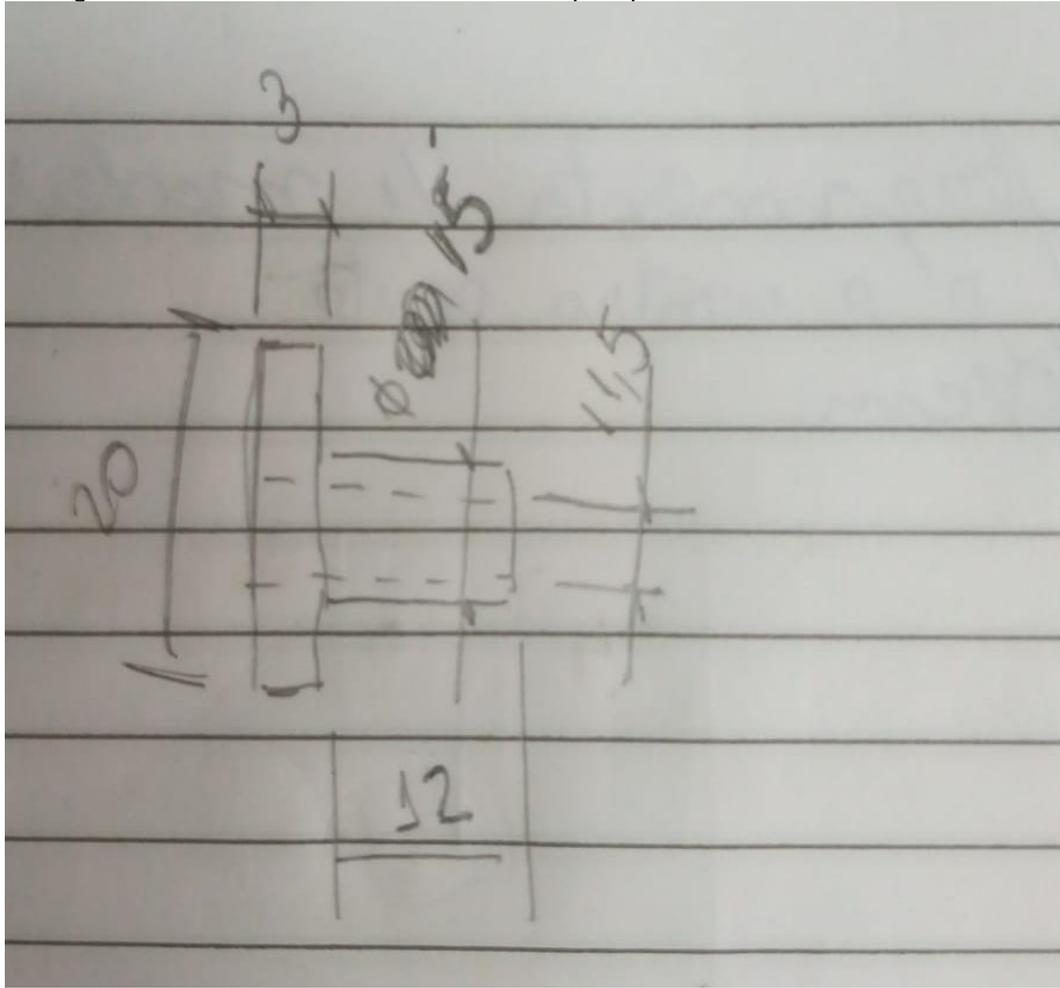
No entanto, surgiu um novo desafio: garantir que os eixos ficassem retos. Como os alunos já haviam enfrentado dificuldades com a soldagem de eixos no robô do ano anterior, sabiam que esse processo seria complexo. Por isso, decidiram encaminhar os motores e os eixos, junto com uma descrição detalhada do trabalho a ser feito, para um conhecido de Christian, que era soldador de portão, confiando no profissionalismo dele.

Após um mês, o soldador retornou, mas cometeu um erro, não realizando a solda conforme o solicitado. Esse equívoco resultou em mais um mês de trabalho. Depois de dois meses, os motores estavam soldados, mas estavam tortos, o que levou o grupo a concluir que não seria possível utilizá-los daquele jeito. Diante disso, pediram ao professor Luis Bernardo para realizar a solda, e ele aceitou.

O professor, junto com o grupo, abriu os motores para avaliar o que poderia ser feito e encontrar um método para soldar os eixos de maneira mais centrada. Após análise, Luis decidiu fixar as barras roscadas diretamente nos eixos dos motores e realizar o procedimento em apenas um motor, como teste. Contudo, a bucha de metal do motor trincou e quebrou devido ao calor da solda, indicando que seria necessário removê-la para soldar os outros motores.

O professor sugeriu que Vitória torneasse uma nova bucha para aquele motor a partir de um pedaço de nylon, enquanto ele finalizava a solda dos outros eixos. Após alguns dias, os quatro motores estavam finalmente prontos para serem utilizados.

Figura 7 - Dimensões da bucha desenhada pelo professor Luis Bernardo



Fonte: Autorial, 2024.

Figura 8 - Bucha finalizada



Fonte: Autorial, 2024.

Figura 9 - Professor Luis Bernardo soldando os eixos nos motores



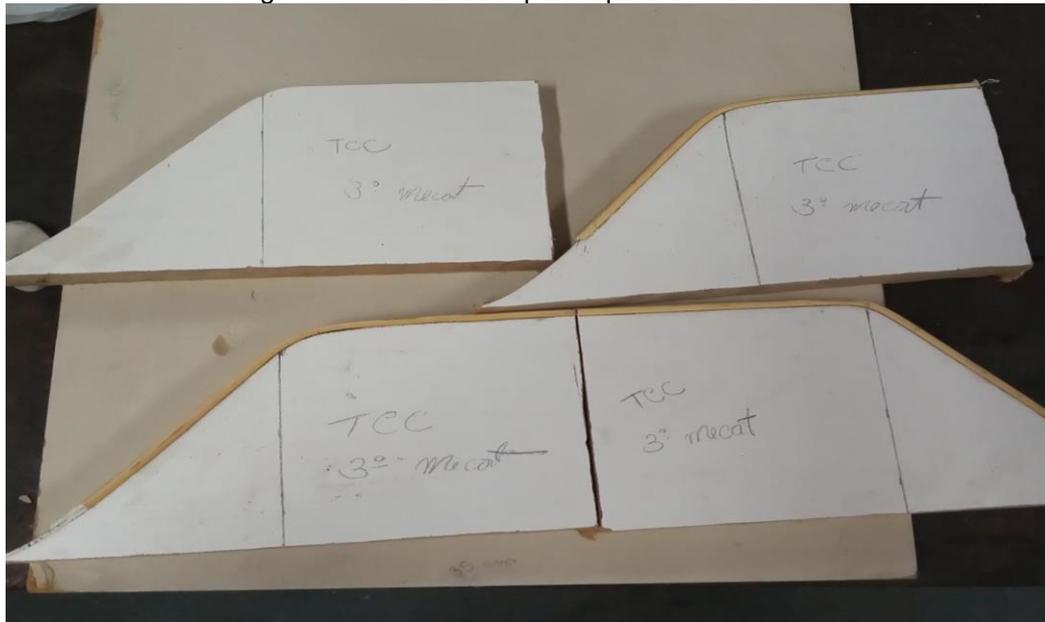
Fonte: Autoral, 2024.

### 3.2 Base e suportes dos motores

Por se tratar de um protótipo, a base do robô foi confeccionada a partir de um pedaço de madeira de 1,5 cm de espessura e dimensões de 40x35 cm. No entanto, com o decorrer do trabalho, o grupo decidiu reduzir o tamanho da base em 20 cm de largura, ficando, então, com as dimensões finais de 20x35 cm.

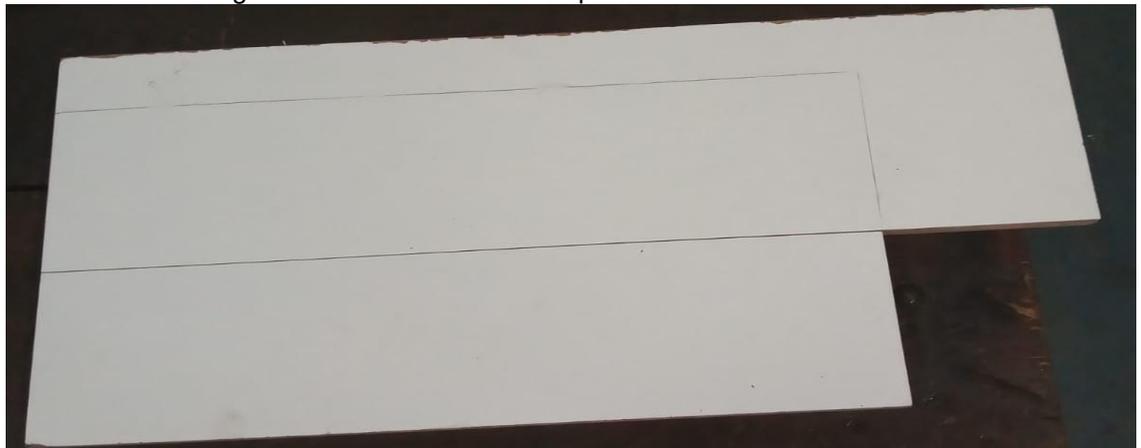
Para o suporte dos motores, o grupo reutilizou pedaços de madeira encontrados no fundo da oficina. Após consultar o auxiliar docente Mauro e obter a autorização, começaram a marcar e cortar as madeiras, conforme ilustrado na figura 7. Contudo, após uma breve reflexão, decidiram que seria mais eficiente usar dois pedaços de madeira, um de cada lado, em vez de quatro, um para cada motor, como inicialmente planejado, conforme ilustrado na figura 8.

Figura 10 - Primeiros suportes para os motores



Fonte: Autoral, 2024.

Figura 11 - Modelo final dos suportes dos motores



Fonte: Autoral, 2024.

Após cortarem os novos suportes, o grupo decidiu que o próximo passo seria definir a forma de fixá-los à base. Foi então que surgiu a ideia de utilizar mãos francesas para essa finalidade. Contudo, seria necessário fabricar seis peças, já que os modelos disponíveis no mercado não eram compatíveis com as medidas e especificações do projeto.

Vitória conversou com o professor Luis Bernardo, que autorizou o corte das seis peças a partir de uma chapa de metal fina e comprida. Os cortes foram cuidadosamente marcados e realizados no cortador de aço. Em seguida, as peças foram posicionadas na morsa e dobradas com o auxílio de marteladas. Após esse processo, foram feitos os furos nas mãos francesas utilizando a furadeira radial.

Figura 12 - Chapas cortadas e dobradas



Fonte: Autoral, 2024.

Figura 13 - Lucas furando as chapas



Fonte: Autoral, 2024.

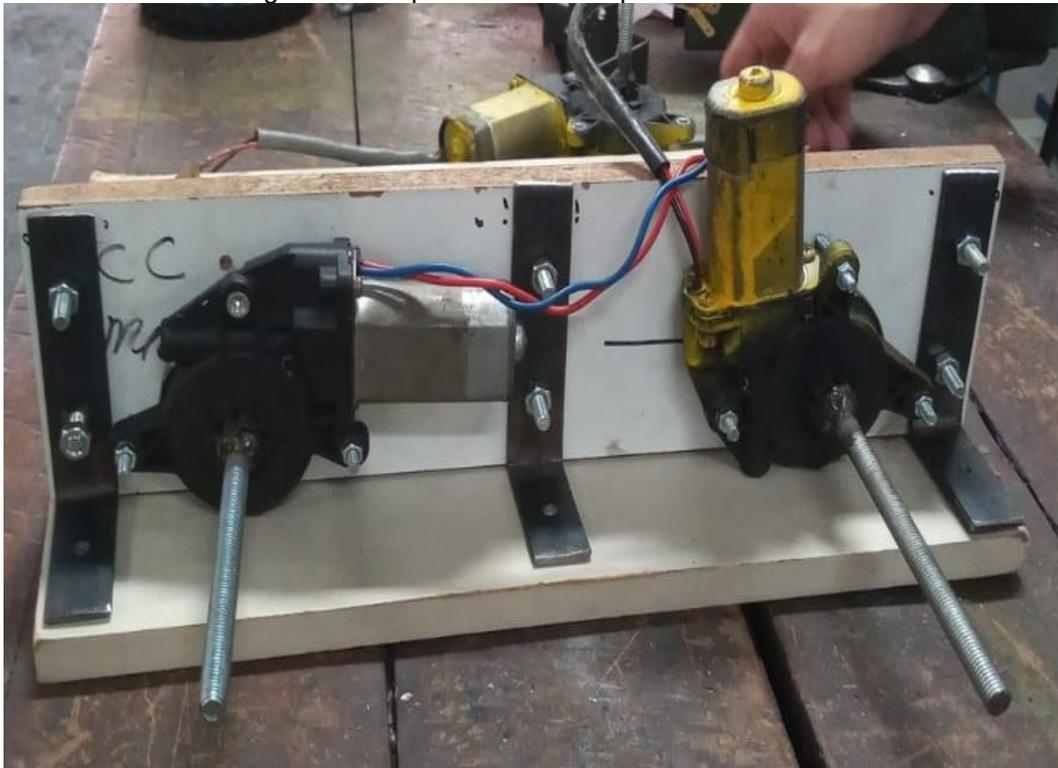
Figura 14- Mãos francesas finalizadas



Fonte: Autoral, 2024.

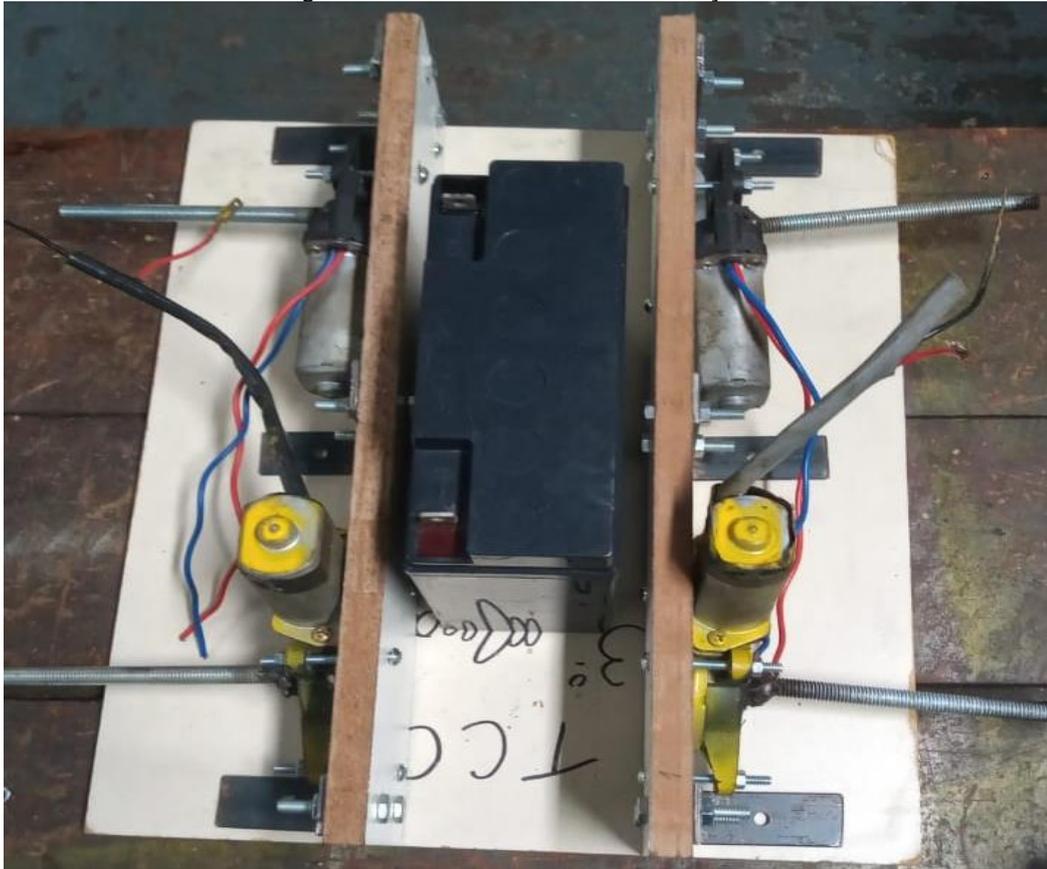
Com as mãos francesas prontas, o grupo realizou os furos nos suportes, incluindo aqueles que seriam responsáveis por fixar os motores. Após essa etapa, percebeu-se que o tamanho da base estava excessivo, muito larga para o que o projeto necessitava. Como o robô, em sua totalidade, já seria bastante pesado, a prioridade passou a ser a redução de peso. Assim, os alunos calcularam e decidiram diminuir cerca de 20 cm da largura da base, a fim de torná-la mais compacta e leve.

Figura 15 - Suportes e motores prontos e fixados



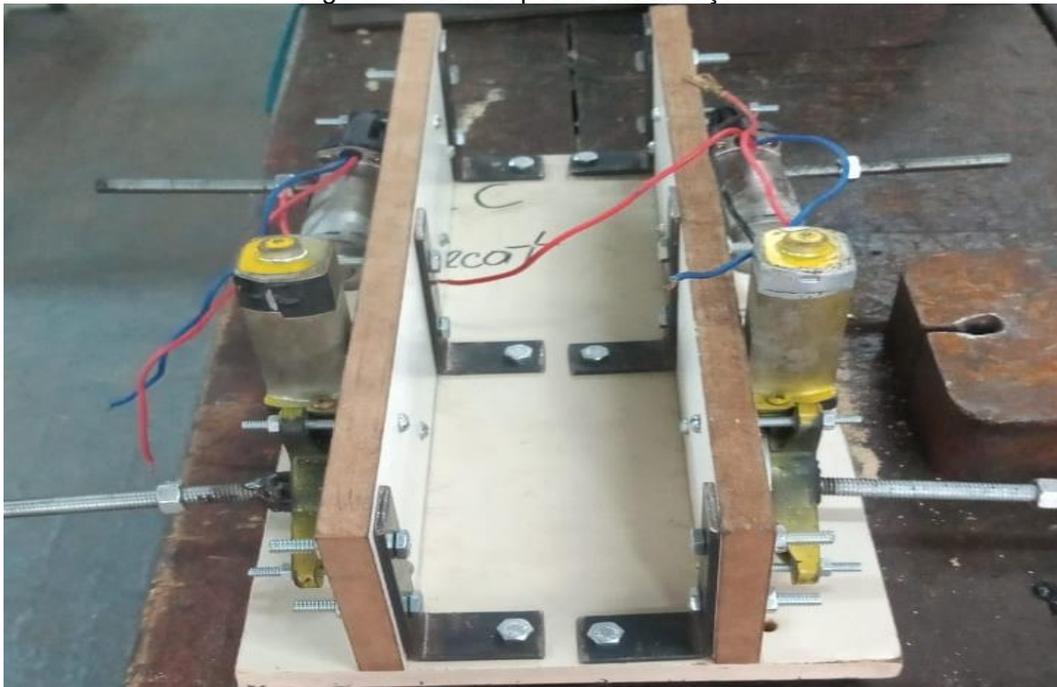
Fonte: Autorial, 2024.

Figura 16 - Base antes das modificações



Fonte: Autoral, 2024.

Figura 17 - Base após as modificações

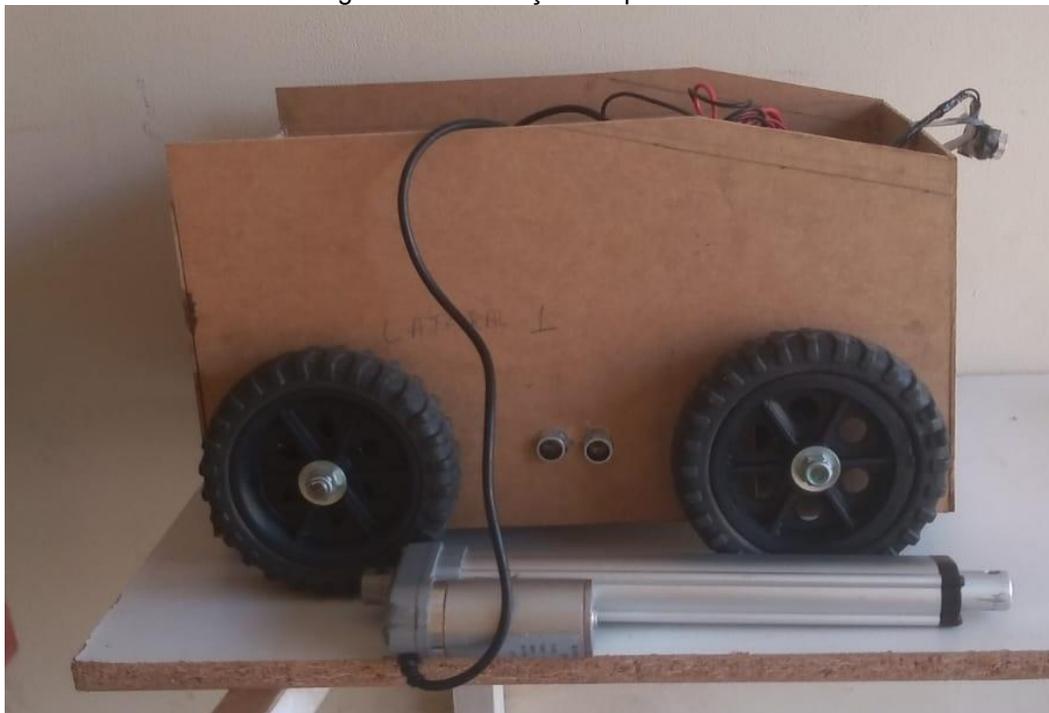


Fonte: Autoral, 2024.

### 3.3 Carcaça

A estrutura externa do projeto, denominada carcaça, foi construída a partir de chapas de MDF de 3 mm, sendo que a escolha desse material visou à redução do peso do robô. Inicialmente, o design da carcaça era uma caixa quadrada. No entanto, após análise, o projeto foi modificado para incluir um rebaixo, no qual a parte traseira seria mais alta e a frente diminuiria progressivamente.

Figura 18 – Carcaça sem pintura



Fonte: Autoral, 2024.

É importante ressaltar que a carcaça foi pensada para o protótipo e que para o modelo final, que seria colocado em prática, não poderia ser de MDF, pois absorveria muito humidade e seria muito frágil. Portanto, o essencial seria que o material utilizado fosse impermeável e não oxidasse, além de ser resistente ao calor e à areia.

A seguir, o grupo escolheu pintar o robô com cores que remetem ao oceano. Portanto, o projeto todo foi pintado de branco e posteriormente foram adicionados detalhes em verde e azul, além da colagem de figuras de alguns animais marinhos.

Figura 19- Carcaça finalizada



Fonte: Autorial, 2024.

## 4 MONTAGEM DO COLETOR

Para dar início à construção do coletor, parte do robô responsável por coletar e armazenar o lixo, foi necessário planejar cuidadosamente o material a ser utilizado, considerando o peso elevado do carro até então. Após uma breve reflexão, optou-se pelo uso de chapa de aço galvanizado, devido à presença de zinco em sua composição, o que a torna resistente à umidade e altamente compatível com as necessidades do robô. Além disso, a chapa possuía 1,5 mm de espessura, o que contribuiu para uma significativa redução do peso total do carro.

Inicialmente, cogitou-se cortar a chapa utilizando uma esmerilhadeira manual, considerando ser um material de aço. No entanto, após realizar alguns testes, observou-se que o corte poderia ser realizado de forma mais prática e eficiente com o auxílio de uma guilhotina manual, disponível na própria oficina da escola. Os cortes realizados com a guilhotina foram rápidos e precisos, eliminando a necessidade de lixamento para acabamento, tanto por questões estéticas quanto de segurança, evitando o risco de cortes durante o manuseio do material.

### 4.1 Estrutura

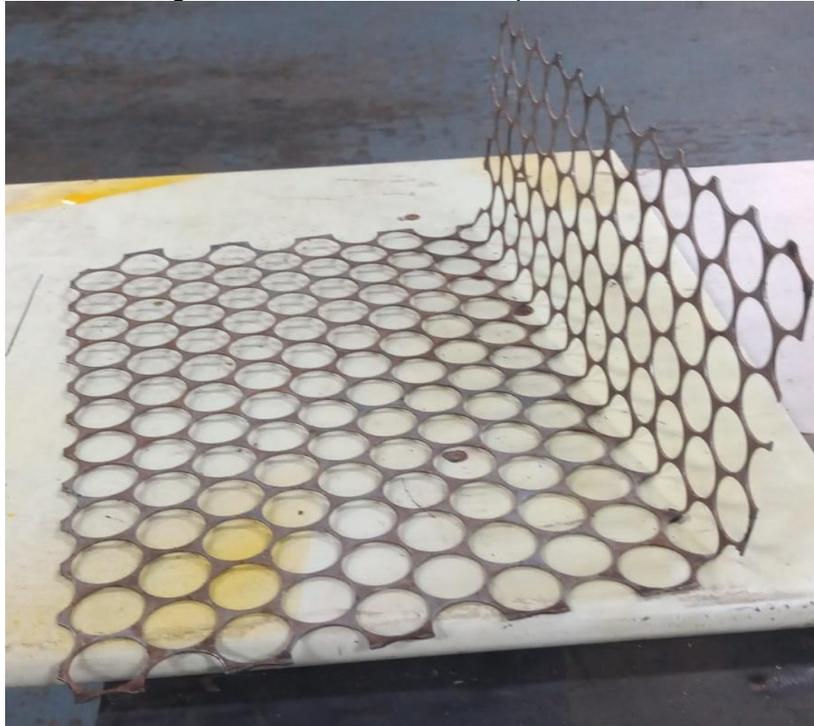
Para a construção do coletor, suas funcionalidades foram divididas em dois projetos, que posteriormente seriam integrados em uma única peça. O primeiro desafio foi planejar uma forma de armazenar os dejetos encontrados na areia das praias sem que a areia fosse recolhida junto durante o processo. Assim, o coletor foi dividido em duas partes: a pá coletora e o reservatório de dejetos.

Ambas as peças precisavam ser vazadas, de maneira semelhante a uma peneira, para recolher apenas os lixos maiores, permitindo que a areia fosse descartada. Para atender a essa necessidade, o grupo decidiu utilizar retalhos de grelha para churrasqueira. Após realizar as marcações, os cortes foram feitos novamente com a guilhotina manual, facilitando o trabalho e garantindo precisão.

Com as medidas em mãos, os cortes da grelha foram ajustados para se espelhar no fundo da pá coletora e do reservatório de dejetos, assegurando que

ambas as bases fossem vazadas. Isso possibilitou a separação eficiente da areia e o recolhimento adequado dos resíduos sólidos.

Figura 20 – Grelha de churrasqueira cortada



Fonte: Autorial, 2024.

## 4.2 Pá coletora

O desenvolvimento da pá coletora apresentou resultados satisfatórios com o corte da chapa galvanizada, embora seu planejamento tenha começado antes, ainda na definição da estrutura. Isso se deve ao fato de a chapa galvanizada ser um material desafiador para a aplicação de soldas, tanto pela composição quanto pela fina espessura. Para solucionar essa problemática, o grupo optou por utilizar parafusos roscáveis e porcas para montar a pá, garantindo uma estrutura segura e resistente.

Com essa decisão, o recorte da chapa galvanizada também sofreu alterações, de modo a permitir a inclusão da estrutura completa da pá coletora e do reservatório de dejetos em um formato planejado. Após a realização dos cortes, o grupo iniciou o processo de dobradura da chapa galvanizada, avançando para a etapa de montagem final. Com as peças dobradas, foram realizadas as furações para a fixação dos parafusos e porcas, unindo as partes. O retalho da grelha de churrasqueira

previamente cortado foi inserido entre as chapas galvanizadas, cumprindo sua função de base vazada.

A estrutura final foi concluída com as dimensões de 320 mm x 130 mm (ponto alto) – 40 mm (ponto baixo) x 200 mm.

Figura 21 – Pá coletora finalizada



Fonte: Autoral, 2024.

### 4.3 Reservatório dos resíduos

A construção do reservatório seguiu um processo semelhante ao da pá coletora, enfrentando as mesmas dificuldades relacionadas à soldagem, fixação e corte preciso. Contudo, o grupo encontrou uma dificuldade maior durante a etapa de dobradura, devido ao formato fechado do reservatório, que exigia alta precisão. Esse desafio não ocorreu na confecção da pá coletora, cuja estrutura possui dois pontos de abertura: a parte superior e a parte frontal.

Assim como na pá coletora, a fixação do reservatório foi realizada utilizando parafusos e porcas, resultando em uma peça altamente resistente e durável. O formato retangular do reservatório, com dimensões de 320 mm x 200 mm x 100 mm,

proporciona uma maior capacidade de armazenamento, atendendo de maneira eficiente às necessidades do modelo protótipo do robô.

Figura 22 – Reservatório de resíduos finalizado



Fonte: Autoral, 2024.

#### 4.4 Fixação da pá coletora e o reservatório de dejetos

Para realizar a junção de ambas as peças, foram utilizados parafusos roscáveis, porcas e dobradiças de inox. O reservatório, em sua configuração final, foi fixado ao carro principal, enquanto a pá coletora foi presa ao reservatório por meio de dobradiças, o que possibilitou os movimentos necessários para o funcionamento adequado. As duas peças foram conectadas utilizando uma dobradiça lubrificada com óleo Singer, um desengripante próprio para esse tipo de aplicação.

Com a união da pá coletora ao reservatório concluída, deu-se início ao processo de montagem final, no qual as duas partes principais do robô — o coletor e o carro — foram integradas. Para isso, foram realizadas medições e testes prévios de funcionamento, a fim de identificar possíveis incompatibilidades. Durante os testes, foi observado um problema na elevação da pá coletora, que não conseguia realizar o movimento completo de erguer os dejetos até o reservatório.

Para solucionar essa problemática, foi necessário ajustar a inclinação do reservatório, pois a elevação da pá coletora dependia diretamente de sua posição em relação ao carro principal. Após os ajustes, procedeu-se à fixação definitiva das duas peças, utilizando parafusos roscáveis longos, porcas prolongadas e porcas travantes. O esquema detalhado de fixação pode ser visualizado na imagem 0000.

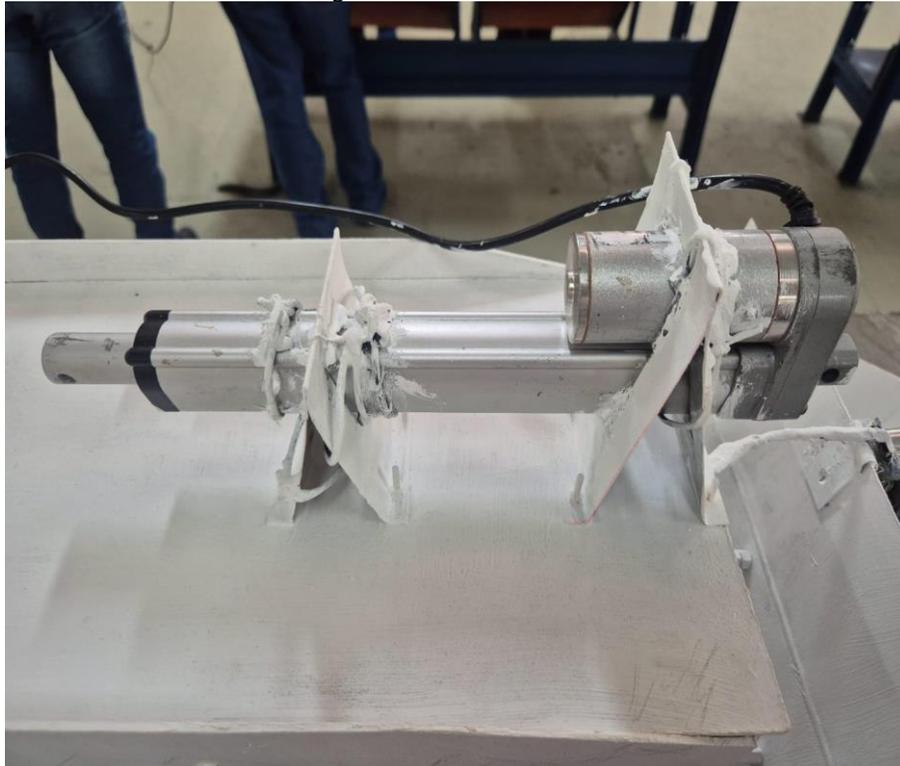
#### **4.5 Montagem do pistão**

Desde o início do projeto, foi planejado automatizar as funções do robô, eliminando a necessidade de controle humano. Assim, diversas partes do robô foram adaptadas para garantir sua autonomia, incluindo o sistema de recolhimento dos dejetos. Inicialmente, o grupo considerou utilizar um servomotor eletromecânico para realizar essa tarefa. Contudo, logo essa opção foi descartada, pois o servomotor não suportaria o peso da pá coletora e dos dejetos recolhidos.

Dessa forma, foi considerada a utilização de motores de vidro elétrico, por serem mais fortes e resistentes que os servomotores. No entanto, esses motores também apresentaram limitações que poderiam comprometer o funcionamento do projeto. Sob a orientação do auxiliar docente Abraão, o grupo optou por um pistão elétrico, que demonstrou capacidade suficiente para sustentar a pá coletora e os dejetos recolhidos. Diversos testes foram realizados para validar sua funcionalidade, todos com resultados satisfatórios. Após a aprovação, iniciou-se o processo de montagem e programação do atuador elétrico.

Para fixar o pistão na base do carro, foram realizados vários testes para determinar a melhor angulação. Observou-se que o ângulo de 0° oferecia o melhor desempenho, sem necessidade de inclinação. No entanto, foi necessário posicionar o componente a 50 mm acima da tampa do carro. Para isso, dois suportes de chapa galvanizada foram confeccionados, ambos com furações centrais para acomodar o pistão. Após ajustar a altura, os suportes foram fixados à tampa do carro principal utilizando parafusos roscáveis e porcas.

Figura 23 – Pistão fixado



Fonte: Autoral, 2024.

Figura 24 – União do Carro ao Coletor



Fonte: Autoral, 2024.

## 4.6 Acabamento

Após a finalização das duas peças principais do robô, o carro e o coletor, e a união delas de maneira firme e eficaz, foram realizados diversos testes de segurança para solucionar quaisquer problemáticas que pudessem surgir. Após os testes e ajustes na programação, iniciou-se o processo de acabamento do robô, com o grupo pintando-o completamente de branco e, em seguida, adicionando detalhes em outras cores, como azul e o verde.

Figura 25 – Esboço da pintura



Fonte: Autoral, 2024.

## 5 PARTE ELÉTRICA

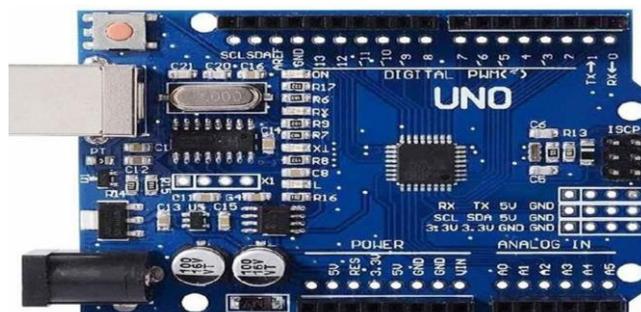
Os componentes elétricos são essenciais para o funcionamento de qualquer máquina ou sistema automatizado. Eles desempenham um papel crucial na interação entre o hardware e os processos controlados por software, transformando sinais elétricos em ações físicas e vice-versa. Entre os principais componentes, podemos destacar transistores, sensores, atuadores, reguladores de tensão e fontes de alimentação.

Sensores são responsáveis por coletar informações do ambiente, como temperatura, pressão ou movimento, e convertê-las em sinais elétricos que podem ser processados por sistemas de controle. Atuadores, como motores e servos, são os componentes que executam ações físicas no sistema, como movimentar partes da máquina ou modificar seu comportamento de acordo com os sinais recebidos. Já os reguladores de tensão garantem uma alimentação elétrica estável e segura, ajustando a tensão fornecida para que os outros componentes funcionem corretamente, sem risco de sobrecarga ou danos.

A escolha e o dimensionamento adequados desses componentes são fundamentais para garantir que o sistema opere de forma eficiente, precisa e segura. A integração entre os diferentes elementos eletrônicos e o controle de software é o que possibilita a automação de processos e a execução de tarefas complexas de forma autônoma. Em resumo, a importância dos componentes elétricos é crucial para o bom desempenho e a confiabilidade de qualquer máquina ou sistema automatizado.

### 5.1 Arduino

Figura 26 – Arduino UNO R3

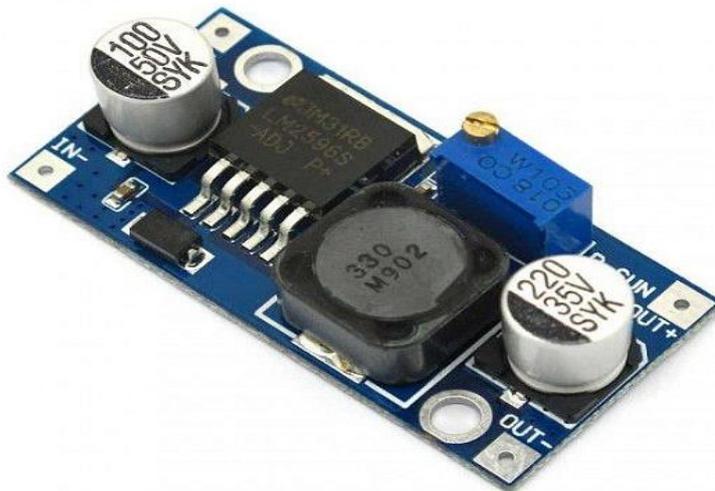


Fonte: Casa da Robótica, 2024.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, baseada em um microcontrolador, que permite a criação de projetos interativos. Ele é programado utilizando uma linguagem simples e oferece facilidade na integração entre hardware e software. Suas principais funções incluem a leitura de entradas de sensores (como temperatura ou movimento), o controle de saídas para dispositivos como LEDs e motores, e a comunicação com outros dispositivos via protocolos como I2C ou SPI. Além disso, o Arduino permite controlar o tempo de execução de processos e automatizar ações com base em dados recebidos. No projeto permite controlar os motores, sensores e suas determinadas funções.

## 5.2 Regulador de tensão

Figura 27 – Regulador de Tensão LM2596



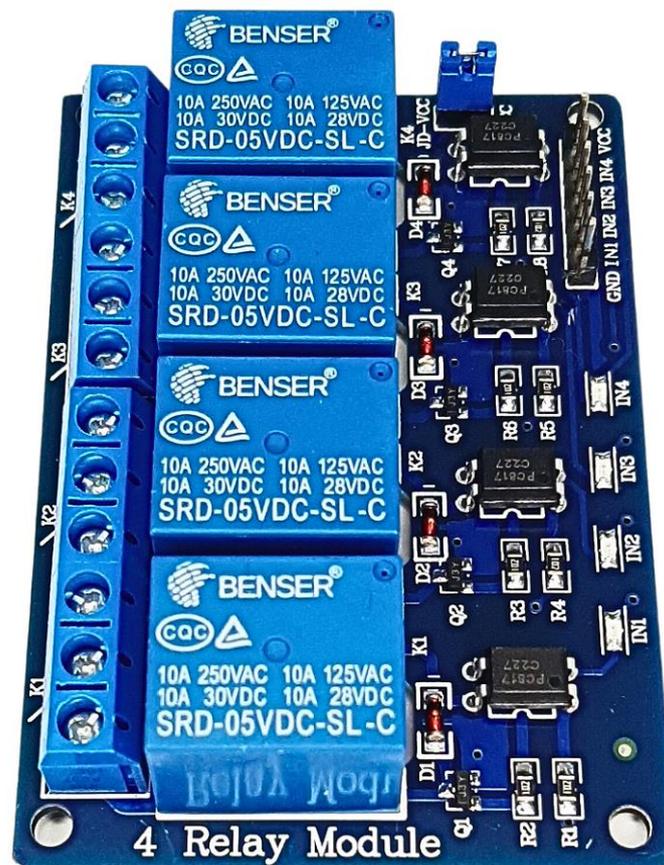
Fonte: Eletrogate, 2024.

Um regulador de tensão é um dispositivo eletrônico responsável por manter a tensão de saída constante, independentemente das variações na carga ou na tensão de entrada. Ele ajusta automaticamente a tensão para um valor pré-determinado, garantindo que circuitos e equipamentos sensíveis funcionem de maneira estável e sem riscos de danos causados por flutuações de energia. Além disso, o regulador de tensão é importante para proteger dispositivos eletrônicos, pois

previne sobrecargas ou subalimentação. Ele também é capaz de adaptar-se a diferentes níveis de carga, mantendo a tensão estável mesmo quando a demanda de corrente varia. Esse dispositivo é utilizado em diversas aplicações, como em fontes de alimentação, sistemas de energia solar e em aparelhos que exigem uma tensão precisa para operar de forma eficiente e segura.

### 5.3 Módulo Relé

Figura 28 – Quatro Módulos relés



Fonte: smart projects, 2023.

O módulo relé é um dispositivo eletrônico que permite controlar circuitos de alta potência (como motores e lâmpadas) usando sinais de baixa potência, típicos de microcontroladores (como Arduino). Ele integra um relé com um driver de controle, diodo de proteção e terminais para conexão fácil. Quando o módulo recebe um sinal de controle, o relé aciona um circuito de alta potência, isolando eletricamente o

microcontrolador do circuito controlado. É amplamente utilizado em automação residencial, controle industrial e projetos de eletrônica, oferecendo segurança, facilidade de uso e isolamento entre circuitos de baixa e alta tensão.

#### 5.4 Sensor Ultrassônico

Figura 29 – Sensor Ultrassônico



Fonte: Mecânica Industrial, 2023.

O sensor ultrassônico é um dispositivo usado para medir distâncias e detectar objetos por meio de ondas sonoras de alta frequência. Ele funciona emitindo um pulso de som e, em seguida, mede o tempo que esse som leva para retornar após refletir em um objeto. Com base nesse tempo, o sensor calcula a distância até o objeto. É amplamente utilizado em aplicações como medição de distância, detecção de obstáculos em robótica, sistemas de estacionamento em veículos e controle de nível de líquidos. O sensor é eficiente, simples e de baixo custo, sendo ideal para identificar obstáculos.

#### 5.4 Motor de Vidro Elétrico

Figura 30 – Motor de Vidro Elétrico



Fonte: Mamute Eletronica, 2024.

O motor do vidro elétrico é um pequeno motor elétrico usado para acionar o movimento do vidro de um carro, permitindo que ele suba ou desça com o toque de um botão. O motor é conectado a um sistema de engrenagens e uma cremalheira, que convertem a rotação do motor em movimento vertical do vidro. Ao acionar o botão, a corrente elétrica alimenta o motor, que então movimenta o vidro para a posição desejada. Esse equipamento serviu como as rodas que são controladas através do relé.

## 5.5 Pistão Elétrico

Figura 31 – Atuador Linear Pistão Elétrico



Fonte: on elétrica, 2022.

O atuador linear pistão elétrico é um dispositivo que converte energia elétrica em movimento linear, ou seja, um movimento de vai e vem. Ele é composto por um motor elétrico, uma rosca ou sistema de engrenagens e um pistão, que é responsável pelo movimento direto. Quando o motor é alimentado com corrente elétrica, ele aciona o pistão, permitindo que ele se mova para frente ou para trás, dependendo da direção da corrente. Esse tipo de atuador foi usado como meio de para a movimentação para rampa do coletor.

## 6 PROGRAMAÇÃO

Figura 32 - Início da programação

```

sketch_nov25a $
#define ReleFrenteEsquerdo 10 // Relé do motor dianteiro esquerdo
#define ReleFrenteDireito 11 // Relé do motor dianteiro direito
#define ReleTrasEsquerdo 8 // Relé do motor traseiro esquerdo
#define ReleTrasDireito 9 // Relé do motor traseiro direito
#define rele5 5 //o pino IN1 do Rele (modulo 2) será ligado ao pino 10 do arduino
#define rele6 6 //o pino IN2 do Rele (modulo 2) será ligado ao pino 11 do arduino

#define TriggerFrente 4 // Sensor ultrassônico da frente (Trigger)
#define EchoFrente 7 // Sensor ultrassônico da frente (Echo)

#define TriggerDireita 3 // Sensor ultrassônico da direita (Trigger)
#define EchoDireita 2 // Sensor ultrassônico da direita (Echo)

#define TriggerEsquerda 13 // Sensor ultrassônico da esquerda (Trigger)
#define EchoEsquerda 12 // Sensor ultrassônico da esquerda (Echo)

unsigned long TempoInicio;
unsigned long TempoTotal = 0; // Tempo total de funcionamento em milissegundos
unsigned long TempoLimite = 60000; // 1 minutos em milissegundos
unsigned long TempoTurno = 10000; // 10 segundos de movimento após desvio
unsigned long TempoPistao = 10000; // Intervalo de 10 segundos para o pistão subir/descer
unsigned long TempoUltimaAcaoPistao = 0; // Guarda o tempo da última ação do pistão

void setup() {
// Inicializa os pinos dos motores e relés
pinMode(ReleFrenteEsquerdo, OUTPUT);
pinMode(ReleFrenteDireito, OUTPUT);
pinMode(ReleTrasEsquerdo, OUTPUT);
pinMode(ReleTrasDireito, OUTPUT);
pinMode(rele5, OUTPUT); //Rele 3 definido como saída
pinMode(rele6, OUTPUT); //Rele 4 definido como saída

// Inicializa os pinos dos sensores ultrassônicos
pinMode(TriggerFrente, OUTPUT);
pinMode(EchoFrente, INPUT);

pinMode(TriggerDireita, OUTPUT);
pinMode(EchoDireita, INPUT);

pinMode(TriggerEsquerda, OUTPUT);
pinMode(EchoEsquerda, INPUT);

digitalWrite(ReleFrenteEsquerdo, HIGH); //desliga o motor 1
digitalWrite(ReleFrenteDireito, HIGH); //desliga o motor 1
digitalWrite(ReleTrasEsquerdo, HIGH); //desliga o motor 2
digitalWrite(ReleTrasDireito, HIGH); //desliga o motor 2
digitalWrite(rele5, HIGH); //desliga o motor 2

```

Fonte: Arduino, 2024.

Na programação, foram definidas as entradas de conexão com o Arduino e, em seguida, as ações a serem executadas em função dos obstáculos detectados. Caso o sensor frontal identifique um obstáculo, o sistema verifica as laterais (esquerda e direita), escolhe um lado livre e realiza o desvio. Se for detectado um obstáculo nas laterais, o carrinho se afasta e, posteriormente, retoma seu trajeto. No caso de todo o caminho estar obstruído, o carrinho se move para trás até encontrar uma rota livre para virar à esquerda ou à direita.

Além disso, a cada 10 segundos, o pistão é acionado, realizando movimentos de subida e descida para coletar o lixo. Durante esse processo, o carrinho permanece parado, garantindo estabilidade e eficiência na coleta.

## 7 APLICAÇÃO

O projeto tem como objetivo ser utilizado principalmente nos períodos de alta temporada, como em feriados, datas comemorativas, eventos e nas épocas mais quentes, pois são nesses dias que há maior descarte indevido de lixo nas areias, uma vez que há maior circulação de pessoas nesses ambientes.

Ademais, o robô seria acionado a noite e durante a madrugada, pois com o menor fluxo de movimentação nas areias há maior efetividade na eficácia da coleta, tendo menos obstáculos para atrapalhar o seu curso.

Dessa forma, o grupo já formulou um plano de aplicabilidade para seu TCC, focando nos momentos mais oportunos para que o mesmo trabalhe com o seu maior potencial, além de analisarem os períodos mais adequados, períodos esses que mais prejudicam a natureza, contribuindo com o aumento da poluição litorânea.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após todas as pesquisas e todo o trabalho envolvido na execução do projeto Clean Sand, o resultado como um todo foi satisfatório, pois o TCC cumpriu com seu objetivo principal como um protótipo e se mostrou uma opção viável para futuros investimentos.

No entanto, houveram alguns pontos que não que poderiam ter sido melhorados, como a altura da pá coletora, a altura das rodas até o chão e aperfeiçoamento da programação autônoma, pontos esses que são essenciais para um modelo final, que seria de fato colocado em prática.

Por fim, pode-se concluir que o projeto ocorreu majoritariamente de forma coesa e bem sucedida, conseguindo coletar os resíduos depositados nas areias e cumprindo com seu papel de ser uma solução para a mitigação da poluição litorânea e oceânica.

## REFERÊNCIAS

### Documentos da Internet

BADARI, Juliana Cuoco; **Lixo nas praias: O maior desafio da Década do Oceano**, 2022. Disponível em: <https://mamiferosaquaticos.org.br/blog/lixonaspraias>. Acesso em: 22 nov. 2024.

MACEDO, Andrea Viana; CARVALHO DA SILVA, André Luiz; MADUREIRA, Emanuelle Assunção Loureiro; SILVESTRE, Carolina Perreira; **Poluição por lixo nas praias de Abraão e Preta na borda setentrional-oriental da Ilha Grande (Angra dos Reis, RJ) e o impacto socio-ambiental**, 2018. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2180>. Acesso em: 22 nov. 2024.

LAGO, Vivian Mirando; OLIVEIRA, Paula Andrea; FARIAS, Luana Nascimento Almeida; HORTÊNCIO, Carlos Antônio Aguiar; **Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos coletados por cinco anos no dia mundial de limpeza de praias realizado na região costeira de barra de caravelas, BA**, 2018. Disponível em: Revista Mosaicum. Acesso em: 25 nov. 2024.

SANTANA, Jobert da silva; ARAÚJO, Maria Christina Barbosa de; **Educação ambiental integrada: o descarte inadequado de resíduos sólidos em ambiente de praia**, 2003. Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2015/TRABALHO\\_EV045\\_MD1\\_SA10\\_ID6565\\_16082015172646.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2015/TRABALHO_EV045_MD1_SA10_ID6565_16082015172646.pdf). Acesso em: 26 nov. 2024.

G1; **Vai à praia? Entenda os riscos de descartar o lixo de forma incorreta**, 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/especial-publicitario/praias-limpa/noticia/2024/04/19/vai-a-praia-entenda-os-riscos-de-descartar-o-lixo-de-forma-incorreta.ghtml>. Acesso em: 26 nov. 2024.