

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Mecatrônica Industrial

**Felipe Carvalho Costa
Raphael Alves de Oliveira
Thiago Gomes Ducati**

Robô limpador de pisos

Santo André
2018

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Mecatrônica Industrial

**Felipe Carvalho Costa
Raphael Alves de Oliveira
Thiago Gomes Ducati**

Robô limpador de pisos

Trabalho de Conclusão de Curso
entregue à Fatec Santo André como
requisito parcial para obtenção do
título de Tecnólogo em Mecatrônica
Industrial

Orientador: Prof. MeElieI Wellington
Marcelino

Ficha catalográfica

C837r

Costa, Felipe Carvalho

Robô limpador de pisos / Felipe Carvalho Costa, Thiago Gomes
Ducati, Raphael Alves de Oliveira. - Santo André, 2018. – 61f.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2018.

Orientador: Prof. Eliel Wellington Marcelino

1. Mecatrônica. 2. Robô. 3. Serviços domésticos. 4. Famílias. 5.
Limpeza. 6. Empresas. 7. Serviços gerais. I. Ducati, Thiago Gomes
II. Oliveira, Raphael Alves de. III. Robô limpador de pisos.

629.2

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 14 DE DEZEMBRO DE 2018

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "ROBÔ
LIMPADOR DE PISOS" DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA
U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. ELIEL WELLINGTON MARCELINO 

MEMBROS:

PROF. MURILO ZANINI DE CARVALHO PROF PAULO TETSUO HOASHI **ALUNOS:**FELIPE CARVALHO COSTA RAPHAEL ALVES DE OLIVEIRA THIAGO GOMES DUCATI 

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos ter dado energias, tempo e forças para estar realizando este trabalho.

Agradecemos, aos nossos pais por investirem em nossas vidas, com apoios e motivações para que chegássemos até aqui.

Agradecemos, a todo o corpo de professores da FATEC Santo André, por nos ensinarem, disporem do seu tempo para nos ajudar a realizar este projeto, transmitirem seus conhecimentos adquiridos a nós como grupo, acreditarem no nosso potencial e expandir nossa visão.

Agradecemos a todo o corpo de alunos da FATEC Santo André, por nos auxiliarem e de maneira conjunta todos conseguiram crescer e avançar.

Por fim agradecemos a todos que, de maneira direta ou indireta, nos auxiliaram neste projeto, seja por tempo, recursos e conhecimento.

RESUMO

Este trabalho visa o desenvolvimento de um projeto para auxiliar famílias de todas as partes do mundo e empresas de limpeza, com a construção de um robô que irá efetuar a limpeza de pisos. O robô contará com um sistema de sensoriamento, possibilitando a limpeza do ambiente de maneira autônoma e sem auxílio de supervisão, reconhecendo o ambiente a ser limpo e efetuando um caminho cíclico para garantir a limpeza de todo ambiente de maneira controlada. Nossa proposta é produzir um robô que atue de maneira colaborativa, pois enquanto o dispositivo limpa o piso do ambiente, seu usuário poderá direcionar seus esforços para outros tipos de limpeza ou até mesmo a limpeza de outros ambientes, reduzindo assim o tempo necessário, para uma limpeza total do ambiente e os gastos com o excesso de produtos. Com a utilização de um microcontrolador, foi possível fazer com que todos os dispositivos do projeto estejam interligados de maneira correta, e a dosagem de produto de limpeza possa ser mais bem aproveitada.

Palavras chave: Robô, Limpeza, Colaborativo, Autônoma.

ABSTRACT

This work aims to develop a project in order to assist families around the world and cleaning companies, with the construction of a robot that will perform the floor cleaning through washing it and by obtaining better results in cleaning using products that do not harm the environment. The robot will have a sensing system, which will allow it to clean the environment autonomously without need of supervision, recognizing the environment to be cleaned by performing a cyclical path to ensure the cleaning of all environment floor in a controlled way. So this will be a collaborative robot, because it will clean the floors, while the final user can direct their efforts to other activities at the same time, thus reducing the spare time, to a total cleaning of the environment and the expenses with considerable amount of products. With the use of a microcontroller, it will be possible to make all the devices in the project work correctly, and the amount of cleaner is improved.

Keywords: Robot, Cleaning, Collaborative, Sensing, Micro controller.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
1.1.	OBJETIVO.....	9
1.2.	JUSTIFICATIVA DO PROJETO.....	9
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1.	Robôs.....	11
2.2.	Robôs colaborativos.....	13
2.3.	Robôs autônomos.....	13
2.4.	Micro controlador.....	14
2.5.	Sensoriamento.....	16
2.5.1.	Sensor ultrassônico.....	16
2.6.	Motores elétricos de corrente contínua.....	19
2.6.1.	Movimentação.....	20
2.6.2.	Motor das escovas.....	22
2.6.3.	Driver dos motores.....	23
2.7.	Fonte de alimentação.....	24
2.8.	Limpeza.....	25
2.8.1	Escovas.....	26
2.8.2	Bomba hidráulica.....	27
3.	METODOLOGIA	30
4.	DESENVOLVIMENTO	33
4.1.	Lógica.....	34
4.1.1.	Funções básicas de movimentação.....	35
4.1.2.	Funções de trabalho.....	41
5.	RESULTADOS E ANÁLISES	47
6.	PROPOSTA DE PROJETOS FUTUROS	53
7.	CONCLUSÃO	54

8.	REFERÊNCIAS.....	55
-----------	-------------------------	-----------

APÊNDICES

	APÊNDICE A – DESENHO DO PROJETO.....	57
--	---	-----------

	APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE PESQUISA DE CAMPO.....	59
--	--	-----------

1. INTRODUÇÃO

A utilização de dispositivos para limpeza está em constante evolução, sempre visando melhorias na forma de limpeza, diminuição de impacto, diminuição de esforços repetitivos, criação de produtos que auxiliam a retirada de sujeiras. Mesmo parecendo algo simples o mercado de produtos e dispositivos de limpeza mobilizam, grandes quantias de recursos, como mostrado no artigo publicado pela revista abril em outubro de 2017 que fala sobre a quantidade de tempo gasto, sendo assim compreende-se o porquê de envolver pesquisas em diversas áreas de engenharia mecânica, eletrônica, automação, química e outras diversas áreas da indústria.

A utilização de mecanismos para outras tarefas que exigem esforços não é nova. O ser humano sempre buscou novas maneiras de facilitar e aproveitar ao máximo seus esforços.

Com o desenvolvimento tecnológico dos últimos séculos, e o grande desenvolvimento humano desde então, atingiu-se um novo patamar para as vidas das pessoas, seja por conforto, melhor aproveitamento de energia e aumento na quantidade de dispositivos utilizados em todas as áreas, como mostrado no artigo publicado em 2016 na palestra de Jeremy Rifkin sobre a revolução industrial.

Como visto a ideia de um dispositivo para limpeza não é nova e a criação de um robô para este feito também não. Muitos podem imaginar em robôs no formato humanoide para realizar os serviços domésticos. Diferente do que muitos imaginam o robô em parceria com o ser humano pode ser algo extremamente útil, pois a maioria dos robôs foi criada para atuar em tarefas que exigem certo risco aos seres humanos, seja por esforços repetitivos ou de contaminação, como mostrado no artigo “os robôs e os humanos: Convivência pacífica”.

1.1. OBJETIVO

Sabemos que existem diversos dispositivos que já realizam o papel de auxiliar a limpeza, seja enceradeiras, aspiradores de pó. Para uma limpeza de qualidade e profunda no piso existem alguns maquinários, como exemplo os utilizados em hospitais como carrinhos de limpeza. A proposta deste trabalho é criar uma versão menor, parecido com o disponível pela katcher manual, só que trabalhara de maneira autônoma, possa auxiliar o ser humano durante a limpeza.

Nosso dispositivo visa a limpeza de pisos utilizando tecnologias existentes unificadas para ter o melhor aproveitamento, utilizando aplicação de produtos de limpeza controlados, esfregando o chão com escovas rotatórias, e até mesmo secando o chão e retirando os resíduos restantes.

1.2. JUSTIFICATIVA

Com a tecnologia embarcada e a utilização de um micro controlador, será possível o desenvolvimento de um dispositivo, que conseguirá efetuar tais tarefas, utilizando técnicas de programação em conjunto com o sensoriamento, um tema um pouco abordado no artigo da robocore de 2013 sobre mapeamento, será possível de maneira autônoma o dispositivo se posicionar e reconhecer a sala, e objetos no caminho. Com uma interface de comunicação homem-máquina será possível o controle e entendimento do funcionamento do dispositivo para que o usuário possa de maneira intuitiva utilizar do dispositivo.

A rotina de uma família brasileira ou de outro lugar no resto do mundo possui similaridades e diferenças, mas algo que é comum entre todos os países é a necessidade de limpeza dos lares, como mostrado na figura 1. Algo que ao nosso olhar pode parecer fútil, mas apresente-se ser como um potencial de mercado a ser melhor explorado. Este projeto não apenas visa uma ideia empreendedora, mas algo que venha auxiliar, de maneira geral, famílias a terem maior tempo de comunhão, e prazer entre si, e auxiliar até o mercado de funcionários que trabalham com a limpeza

a evitarem doenças adquiridas, seja por contaminação de produtos ou por esforços repetitivos.

FIGURA 1: “infográfico da Kacher sobre o tempo utilizado para limpeza”



Fonte: Alfred Kacher (2017)

Esta imagem mostra o infográfico levantado pela Kacher publicado no site da “abril” em 2017, mostrando o tempo médio semanal aproximado gasto por pessoas ao redor do mundo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nosso projeto é ser desenvolver um dispositivo que possa atuar junto ao usuário de maneira colaborativa, ou seja, complementando e ajudando sem substituir a pessoa, afinal nos últimos anos, muitos trabalhadores têm apresentado certa aversão à automatização dos processos pelo medo da demissão.

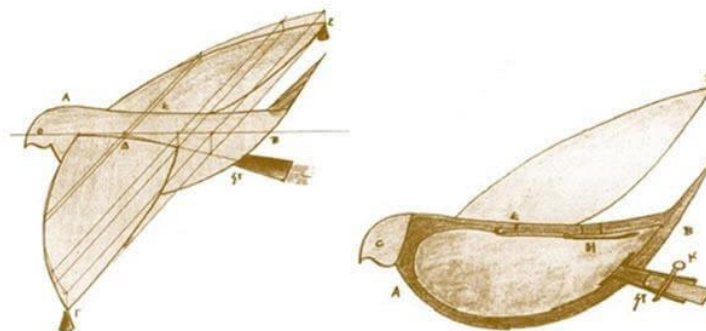
Para fundamentar nosso foco sobre um robô colaborativo, a seguir iremos consolidar alguns conceitos para que o objetivo seja seguido de maneira correta e sua aplicação possa ser efetiva em um ambiente comercial ou residencial.

2.1. ROBÔS

Genericamente ao falar sobre robôs temos uma imagem vinda dos filmes de ficção científica, de uma máquina próxima com características próximas a do ser humano, com esqueleto metálico, com inteligência artificial, todavia os robôs que possuímos hoje estão muito longe de atingir este patamar que se imaginou. Por definição robô é um conjunto de mecanismos programado para efetuar certas tarefas. Sua palavra vem de origem tcheca o qual tem significado de trabalho forçado, de acordo com a peça de ficção de Karel Capek.

O “pombo” é um dos primeiros inventos que pode se considerar um robô. Os historiadores o consideram como o primeiro robô, datado de 350 antes de Cristo feito pelo matemático grego Arquitas de Tarento, um projeto ousado de um pássaro movido a vapor e ar comprimido como mostrado na figura 2.

FIGURA 2 – “O Pombo”, projeto do grego Arquitas de Tarento.



Fonte: Só matemática (2018).

Com o passar na história conseguimos ver a busca do ser humano por criar coisas semelhantes a si mesmo, uma busca um tanto profunda, vemos grandes nomes que conseguiram criar homens mecânicos de madeira até aço para realizar algumas funções, como Leonardo da Vinci. Mas com o passar da história a criação desses dispositivos não foi mais em busca de conhecimento ou desejo e sim necessidade, de atender causas que beneficiariam o ser humano.

Com a revolução industrial, a mecanização e a produção em massa de produtos, a utilização de máquinas inteligentes proporcionou um grande avanço tecnológico e um marco para o início de uma nova revolução industrial, como mostrado no artigo de Luiza Belloni de 2017, pois os robôs viriam para melhorar a qualidade do serviço prestado pelo ser humano e colocá-lo numa situação mais confortável, algo que a princípio pode fechar algumas portas de emprego, mas por outro lado abre outras, sabemos que isso não é bem visto até hoje quando falamos sobre implantar máquinas para efetuar o trabalho de seres humanos, algo debatido em outros assuntos, mas que não se pode deixar de lado.

Quando olhamos para todo histórico humano vivenciado com a vontade de fazer algo parecido consigo, a sua imagem, para efetuar trabalhos indesejados ou impossíveis, como mostrado anteriormente pelos projetos de Arquitas e até mesmo pelo próprio Da Vinci, e ao entender o histórico da implantação desses dispositivos na indústria e no seu impacto gerado, é possível procurar a maneira mais aceitável de utilizar e implementar esses robôs no nosso cotidiano.

A utilização deles hoje pode não parecer, mas é algo que se tornará fundamental, não devemos ter medo de novidades, mas precisamos saber como aceita-las e procurar uma boa convivência entre humanos e robôs.

2.2. ROBÔS COLABORATIVOS

Um dos temas mais abordados nos últimos anos, algo que talvez venha para “limpar a mancha” no nome da indústria robótica conhecida por diminuir a quantidade de empregos existentes. Um tema recente que está chegando ao Brasil. Em teoria um robô colaborativo, não precisa estar em uma zona de segurança ele pode trabalhar lado a lado com um ser humano sem machucá-lo. Tudo isso devido ao desenvolvimento de sensores, programação e interface homem-máquina, tema abordado pela empresa Pollux que atua no seguimento.

Esse tipo de dispositivo veio para auxiliar e trabalhar lado a lado com o operário, visando melhoria da qualidade de produtos produzidos e aumento na produção. Seu conceito é bastante interessante tanto para a indústria, quanto para os trabalhadores e desenvolvedores.

Para isso existe um cenário muito explorado nessa área que é a segurança adquirida através do sensoriamento, como mostrado pela empresa Pollux, para torná-lo autônomo, e verificar a área a ser trabalhada.

2.3. ROBÔS AUTÔNOMOS

Uma pergunta que muitos se fazem é se todo robô é autônomo. De fato, todo robô pode trabalhar de maneira autônoma dentro das limitações de sua programação, ou seja, todo robô é projetado para cumprir um conjunto de funções e pode ser reprogramado para exercer outras funções.

Atualmente com a qualidade e eficiência de sensoriamento os robôs conseguem efetuar cada vez mais funções e até mesmo aprender, como mostrado pela empresa SAS em seu artigo sobre machine learning, com inteligência artificial, por exemplo, a

melhor maneira de efetuar tal função e escolher o melhor ponto de partida de suas atividades.

Como estão limitados a sua programação e aos seus graus de liberdade, a maioria dos robôs exercem todos os tipos de funções, mas muitos necessitam do auxílio humano para que isso aconteça. Neste trabalho, uma das áreas será a autonomia no seu posicionamento durante a tarefa.

Para isso será utilizado algo muito importante dentro da robótica autônoma que é o mapeamento de locais através dos sensores, disponível no artigo da robocore, o princípio visa através da programação o dispositivo conhecerá o local a ser trabalhado seguindo, sempre uma mesma maneira de fazer o seu caminho no meio do cômodo, facilitando tanto para a eficiência da limpeza e do mapeamento, com isso o robô de maneira preventiva conseguirá interpretar o local a ser trabalhado com todos os obstáculos salvos em sua memória. Algo parecido com os robôs colaborativos que, depois de programados, estão sempre alerta efetuando seu trabalho numa área determinada e se caso algo se aproxime que não esteja na sua programação, ele diminui a sua velocidade de trabalho até a total parada do sistema.

2.4. MICRO CONTROLADOR

Outro ponto importante é como e onde o robô irá armazenar e processar todas as suas informações, além de guardar a programação básica. Para isso será utilizado um Arduino UNO.

O Arduino é uma plataforma eletrônica feita em uma única placa e que seu hardware é livre para introduzir diferentes tipos de programações, de acordo com o seu site de desenvolvimento. O Arduino de modo geral é um micro controlador Atmel AVR de 8 bits que possui na sua composição uma entrada e saída como mostrado na figura 3.

FIGURA 3 - Imagem de um Arduino UNO visto de cima.



FONTE: Autoria própria (2018).

E de acordo com GREGO (2009), para programá-lo pode se usar linguagem C/C++, que são duas linguagens simples de programação, o que facilita muito o acesso a ele, já que qualquer pessoa que trabalhe com programação será capaz de usá-lo.

Este dispositivo contém em sua composição também E/S analógicas e digitais, ampliando assim suas aplicações. Uma das grandes vantagens dele é a possibilidade de trabalhar conectado a um computador como também sendo usado independentemente, pois basta introduzir uma programação em seu software e em seguida acoplar uma bateria de 9V em sua entrada principal para que ele execute sua programação sem estar preso a um computador.

Segundo a Prix Ars Electronica, o Arduino teve como local de seu projeto inicial a cidade de Ivrea na Itália, em 2005. A princípio ele foi criado para auxiliar em projetos escolares de forma acessível, já que os sistemas de prototipagem naquela época eram muito caros. E devido a esse preço acessível, foi muito bem aceito e acabou recebendo uma menção honrosa na categoria Comunidades Digitais no ano de 2006, pela própria Prix Ars Electronica.

Uma característica importante em seu Hardware é que a maioria das placas possui um regulador linear de 5 volts junto de um oscilador de cristal de 16MHz, mas pode haver variações se o ressonador for de material cerâmico. Outro aspecto é que ele é pré-programado com um *bootloader* que facilita o carregamento de programações para seu chip de memória flash. Todas essas modificações foram feitas para atender a principal finalidade dele em um sistema, que é a de simplificar a implementação de

sistemas interativos em diferentes níveis, ou seja, domésticos, comerciais ou até moveis.

Com todas essas facilidades o Arduino consegue ser aplicado no desenvolvimento em qualquer situação, por exemplo, aumentar a luminosidade de lugares quando ficarem com baixa luz, fechar janelas quando estiver chovendo ou até mesmo monitorar e alertar com relação à existência de gases tóxicos em ambientes industriais.

2.5. SENSORIAMENTO

Uma parte vital deste trabalho é a questão do posicionamento do dispositivo no espaço de trabalho e para isto, era necessário que ele possuísse um meio de identificar distâncias, obstáculos e quaisquer elementos que venham a atingir seu caminho.

Dentre os sensores analisados como possíveis candidatos para a aplicação, o modelo de sensor ultrassônico HC-SR04 se mostrou mais vantajoso, sendo ele um dispositivo amplamente utilizado em aplicações onde o intuito é medir distâncias entre 20 mm a 4000 mm com precisão de 3 mm, de baixo custo e fácil aplicação, de acordo com seu datasheet.

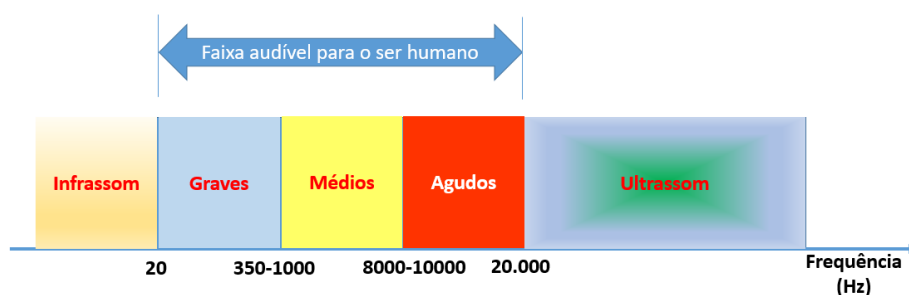
2.5.1. Sensor Ultrassônico

Antes de falarmos especificamente do sensor ultrassônico, temos de entender como funciona o sistema de ultrassom e como ele se torna viável para aplicações em engenharia, medicina e ciências básicas.

O ultrassom é um som inaudível para o humano por estar em frequências em que nosso corpo não consegue captar, porém alguns animais com melhor capacidade para audição podem captar sons em frequências maiores, como por exemplo, os cachorros que possuem aqueles apitos para treinamento, o qual nós não ouvimos o som, apenas eles.

O ouvido humano está apto a perceber níveis de pressão sonora (NPS) na faixa de $20 \times 10^{-6} \text{Pa}$, até 20Pa , que representam 0dB e 130dB respectivamente, na faixa de frequência de 20Hz a 20kHz . O Ultrassom está acima de 20kHz conforme mostra a figura 4.

FIGURA 4 – Espectro de frequências

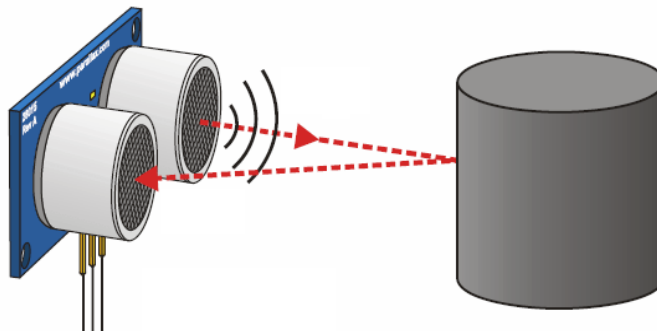


FONTE: Marcelino, E. – (N.A.) – Acústica automotiva (2018)

Pulsos de ultrassom são gerados por cristais especiais que podem vibrar quando percorridos por uma corrente elétrica conveniente, assim permite gerar pulsos com frequências acima de 20kHz (na ordem de MHz) e com duração de milionésimos de segundo.

Ondas de ultrassom se propagam igual às ondas sonoras audíveis, sofrendo todos os fenômenos de reflexão, refração, difração e interferência, assim permitindo que ao enviarmos um pulso, ele será parcialmente refletido ao encontrar qualquer objeto ou descontinuidade, ao medir o tempo entre a emissão do pulso e a volta, conforme ilustrado na figura 5, temos a distância entre o objeto e o sensor.

FIGURA 5 - Imagem representativa sobre o funcionamento do sensor.



FONTE: Vida de Silício (2017).

O módulo do sensor ultrassônico HC-SR04 é composto por um emissor de pulsos “trigger”, um receptor dos pulsos “echo” e um circuito de controle interno. Este módulo possui 04 pinos sendo: VCC para alimentação (5V), “trigger” (emissor), “echo” (receptor) e GND (0V) conforme ilustrado na figura 6, e conforme mostrado no site de vendo do componente FELIPE FLOP.

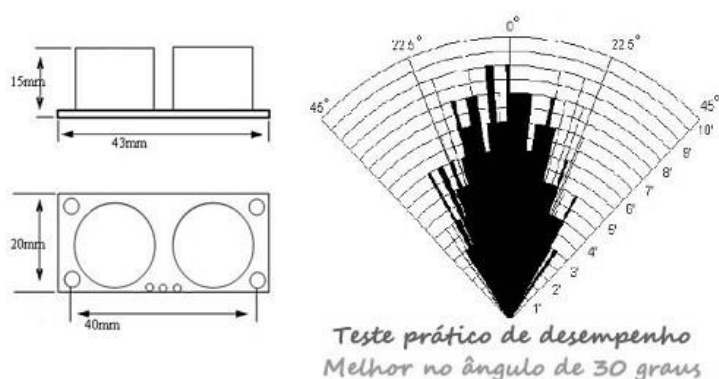
FIGURA 6 - Imagem do sensor ultrassônico.



FONTE: Autoria própria (2018).

Este sensor nos coube muito bem para o projeto pelo fato de que, como o robô cobre um espaço de Ø255mm, temos que identificar todo esse espaço a sua frente para que ele não bata em nada ou ninguém, desta forma, como o ultrassom se dissipa, ele cobre uma área cônica em sua frente, assim abrangendo a área do dispositivo em uma distância segura para atuar como apresenta a figura 7.

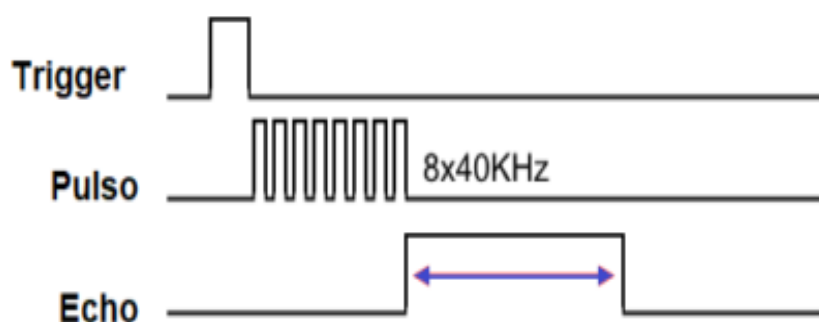
FIGURA 7 - Imagem do teste prático do sensor mostrando suas medidas reais.



FONTE: Eletrônica para todos (2017).

Seu funcionamento consiste de uma sequência de 08 pulsos sonoros com uma frequência de 40 kHz (carta de tempo desse processo apresentado na figura 8 com a propagação na velocidade do som (343 m/s) que, ao atingir algum objeto, o sinal é refletido de volta para o receptor e com base no tempo que levou para esse sinal retornar que é determinada a distância do objeto encontrado, como mostrado no manual disponibilizado no site de venda do dispositivo (baú da eletrônica).

FIGURA 8 - Carta de tempo demonstrando o funcionamento do sensor.



FONTE: Baú da Eletrônica (2017).

A distância (cm) é determinada pela equação 01:

$$D = T \div 58 \quad (1)$$

Onde “T” é o tempo para retorno do pulso em microssegundos e “D” é a medida em centímetros

Ficha técnica resumida do sensor:

- Tensão de Alimentação: 5V DC;
- Corrente em funcionamento: 15mA;
- Ângulo de medida: $\pm 15^\circ$;
- Distância de detecção: de 20 mm a 4000 mm;
- Resolução: 3mm;
- Frequência: 40kHz.

2.6. MOTORES ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA

De acordo com Stephen J. Chapman em seu livro fundamentos de máquinas elétricas 5ª edição, o motor elétrico de corrente continua representa ainda hoje uma grande parcela dentro das indústrias, muitos são utilizados por serem menores que os demais motores.

A principal funcionalidade deles em nosso projeto é a característica que esses motores são capazes de inverter seu eixo de giro de acordo com a sua alimentação, como mostrado no livro, permitindo controlar o seu sentido de giro de maneira a não danificar o circuito e com facilidade.

A utilização dos motores de corrente elétrica contínua de imã permanente tem a finalidade de movimentação tanto do projeto, tanto para a maioria dos componentes de limpeza. Ao utilizarmos este tipo de motor em especial, conseguimos reduzir o peso de acordo com o tamanho e a estrutura deles ser mais simples que os demais motores de corrente contínua.

Utilizando suas curvas de velocidade em relação à tensão, permite um bom controle de todo o sistema utilizando sempre a melhor eficiência do motor em relação a sua curva de torque e potência, como mostrado no livro, tanto na parte de movimentação

com a utilização de caixas redutoras para obter controle de velocidade e força quanto para as escovas que efetuam a limpeza com o contato direto ao solo.

2.6.1. Movimentação

A partir dessas informações, o motor DC se mostrou uma boa alternativa para o projeto por seu controle simples e rendimento elevado, como mostrado anteriormente, porém temos alguns pontos a se levar em consideração antes de definir qual motor utilizar, tais como:

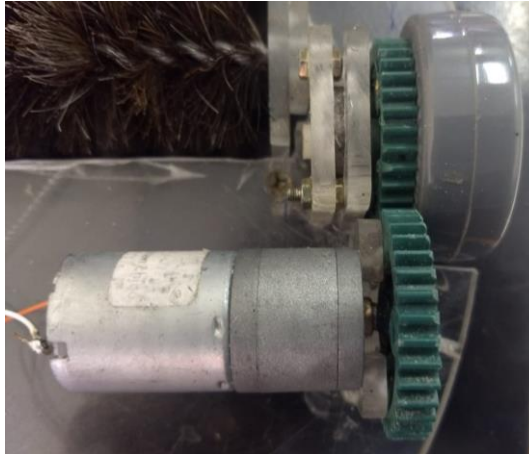
- Faixa de tensão;
- Torque;
- Corrente elétrica (em vazio, em trabalho e em sobrecarga);
- Rotação de saída.

A partir desses dados, fizemos esta pesquisa em paralelo a das baterias para garantir que um dos componentes não supere o outro, assim sobrecarregando o sistema.

Levando em consideração que o peso total do dispositivo não ultrapasse 02 kg, seguindo como modelo os robôs limpadores domésticos já existentes no mercado, o motor tem de aguentar com folga este torque mantendo uma rotação que, com uma roda de Ø50mm consiga desempenhar uma velocidade próxima de 0,8 Km/h (valor estabelecido para cobertura de um ambiente comercial de até 40 m² em 30 minutos).

A partir desses pré-requisitos, o motor responsável pelo movimento do robô foi o demonstrado na figura 9:

FIGURA 9 - Motor com redução DC 9V/ 77 RPM



FONTE: A autoria própria (2018)

Este modelo foi o utilizado para o movimento do robô pela sua força e tamanho vantajoso, possuindo as seguintes características:

- Motor de corrente contínua;
- Engrenagens metálicas;
- Tensão nominal: 9V;
- Velocidade livre de corrida em 9V: 77 RPM;
- Corrente livre de corrida em 9V: 60 mA;
- Torque a 6V: 10 kg.cm;

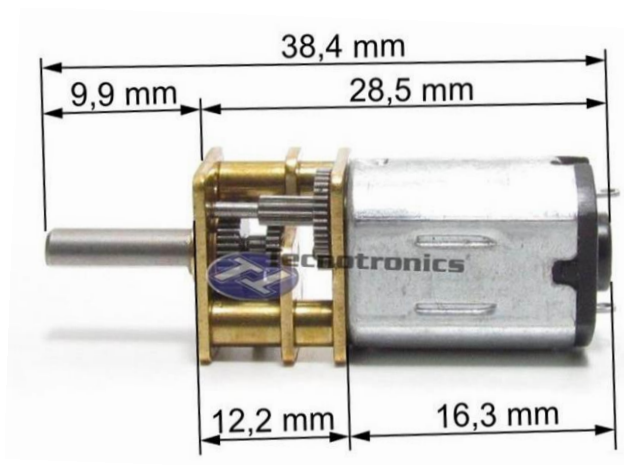
2.6.2. Motor das escovas

As escovas cilíndricas necessitam de um motor para que girem e efetuem a coleta dos resíduos pelo chão, mas com um giro maior que as rodas para que tenha eficiência na limpeza.

Devido ao design do robô, este motor teria de ser menor para ser encaixado junto às escovas, mas mantendo um torque razoável pelo fato das escovas estarem em contato direto com o solo, assim gerando um atrito alto considerando o fato do sentido de giro das escovas serem contra o sentido de avanço do robô.

A solução encontrada foi utilizar o motor mostrado na figura 10 mostrada abaixo juntamente de uma relação de engrenagem 1:3 em sua saída para ampliar o giro.

FIGURA 10 - Motor com redução DC 12V/ 100 RPM



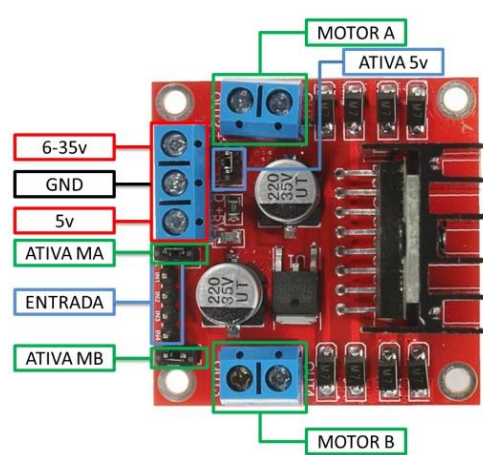
FONTE: Tecnotronics (2018)

- Motor de corrente contínua;
- Engrenagens Metálicas;
- Tensão nominal: 12V;
- Velocidade livre de corrida em 12V: 100 RPM;
- Corrente livre de corrida em 12V: 150 mA;
- Torque a 12V: 2 kg.cm.

2.6.3. Driver dos motores

Ao empregarmos 03 motores no projeto, tornou-se necessário algo capaz de controlar seu sentido de giro e potência de maneira simples, assim tornando o módulo de Ponte H L298N (figura 11) uma solução muito prática a ser adotada.

FIGURA 11 - Módulo ponte H L298N



FONTE: Filipeflop (2013).

Para trabalhar com esse módulo, temos de levar em consideração as seguintes características:

- (Motor A) e (Motor B) se referem aos conectores para ligação de 2 motores DC ou 1 motor de passo
- (Ativa MA) e (Ativa MB) – são os pinos responsáveis pelo controle PWM dos motores A e B. Se estiver com jumper, não haverá controle de velocidade, pois os pinos estarão ligados aos 5v. Esses pinos podem ser utilizados em conjunto com os pinos PWM do Arduino
- (Ativa 5v) e (5v) – Este Driver Ponte H L298N possui um regulador de tensão integrado. Quando o driver está operando entre 6-35V, este regulador disponibiliza uma saída regulada de +5v no pino (5v) para um uso externo (com jumper), podendo alimentar por exemplo outro componente eletrônico. Portanto não alimente este pino (5v) com +5v do Arduino se estiver controlando um motor de 6-35v e jumper conectado, isto danificará a placa. O pino (5v) somente se tornará uma entrada caso esteja controlando um motor de 4-5,5v (sem jumper), assim poderá usar a saída +5v do Arduino.
- (6-35v) e (GND) – Aqui será conectado a fonte de alimentação externa quando o driver estiver controlando um motor que opere entre 6-35V. Por exemplo se

estiver usando um motor DC 12v, basta conectar a fonte externa de 12v neste pino e (GND).

- (Entrada) – Este barramento é composto por IN1, IN2, IN3 e IN4. Sendo estes pinos responsáveis pela rotação do Motor A (IN1 e IN2) e Motor B (IN3 e IN4).

Esse módulo é projetado para controlar cargas indutivas como relés, solenoides, motores DC e motores de passo, permitindo o controle não só do sentido de rotação do motor, como também da sua velocidade, utilizando os pinos PWM do Arduino, como mostrado no site de venda FELIPE FLOP.

2.7. FONTE DE ALIMENTAÇÃO

Todo dispositivo que tenha algum sistema elétrico, por menor que seja, exige que haja uma fonte de energia, seja ela por cabos, bateria, pilhas ou até uma placa fotovoltaica.

Neste projeto temos vários componentes que demandam de energia para que ele desempenhe seu trabalho, assim nos obrigando a dimensionar a bateria conforme procurássemos os componentes como motores, bomba, sensores etc.

A partir da pesquisa dos modelos existentes no mercado, foi definido que uma bateria de 12V seria capaz de suprir a necessidade, mas sua carga teria de proporcionar uma autonomia mínima de trabalho constante.

Com essa condição, foi feito um levantamento do consumo do dispositivo trabalhando em plena carga para ver qual o porte de bateria que precisamos aplicar, essa análise levou ao resultado de que, para uma autonomia de 30 minutos para limpeza de um ambiente (valor retirado da pesquisa de campo efetuada, capítulo 3), a fonte tem que suportar 2000 mAh para que atue com certa margem de segurança.

Com os parâmetros para fonte definidos como 12V e 2000mAh, ao realizar uma busca no mercado com relação a custo/ benefício das fontes existentes, foi decidido montar a própria fonte com 08 pilhas de níquel Metal Hidreto recarregáveis tipo AA 1,5V 2600mAh, todas ligadas em série e acopladas em um suporte conforme a figura 12.

FIGURA 12 - BATERIA.



FONTE: Autoria própria (2018).

2.8. LIMPEZA

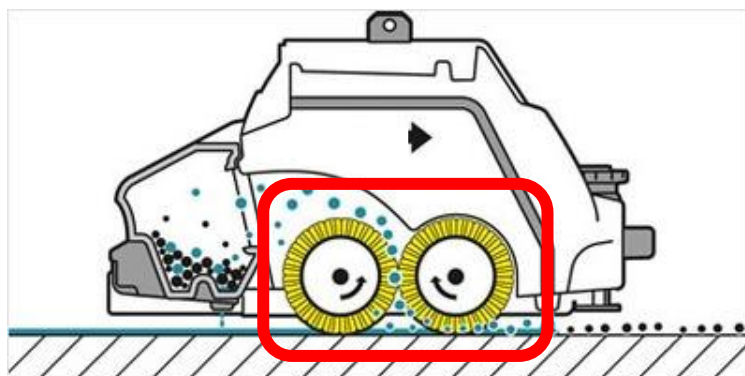
Como mostrado nos capítulos anteriores, vimos que empresas de limpeza e de administração, como a SEBRAE em seu artigo de 2014, percebemos que é algo cotidiano e necessário.

Ao perguntar em nossa pesquisa de campo (presente no capítulo 3) e analisarmos a maneira dentro de nossas casas como é realizada a limpeza do chão, percebemos que a limpeza com líquido é a última coisa a se fazer dentro de um ambiente, tendo primeira mente a retirada do pó de objetos, e após do ambiente ser previamente varrido ou aspirado, então se passa o pano no chão do ambiente.

2.8.1. Escovas

Referente ao sistema de limpeza será utilizado um par de escovas cilíndricas para melhor obtenção dos resíduos no chão de maneira que sua eficácia junto ao produto aplicado será maior, assim como apresentado na figura 13.

FIGURA 13 - Imagem representativa sobre o funcionamento do sistema de limpeza com escovas cilíndricas.



FONTE: Kärcher (2018)

Essa configuração com um par de escovas cilíndricas permite uma grande pressão aplicada na região que está sendo higienizada com acesso a regiões de maior acúmulo, ou seja, áreas com rebaixo como locais com rejunte, piso irregular etc., assim fazendo com que optássemos pelo modelo de escova apresentado na figura 14.

FIGURA 14 – Modelo de escova adotada para aplicação.



FONTE: Autoria própria (2018)

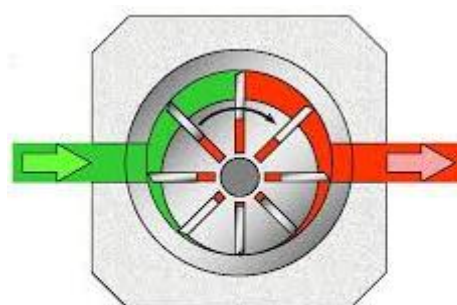
2.8.2. Bomba hidráulica

Continuando com os mecanismos, para que o robô possa aplicar o produto no chão durante sua rotina de trabalho, é necessário algo que impulse o líquido e controle sua vazão para que ele simplesmente não vaze em momentos errados.

Para tal, o ideal seria uma válvula solenóide que iria controlar o momento que o líquido iria seguir para a bomba e ser aplicada na área ou alguma bomba que seja capaz de impedir que o líquido passe por ela estando desligada, porém o fato da válvula solenoide e da bomba capaz de reter líquidos terem um custo elevado, maior peso e um consumo de energia relativamente alto fez com que fosse necessário encontrar uma alternativa mais vantajosa.

Suprindo essa situação, foi decidido utilizar uma bomba d'água submersa que será capaz de impulsar o líquido pelo duto até suas saídas juntamente com saídas que apenas irão vaziar em caso de pressão aplicada pela bomba, pois o tipo de bomba escolhido é do tipo palhetas (esquema de funcionamento apresentado na figura 15), logo não é capaz de reter a vazão enquanto desligada, de acordo com os testes de funcionamento.

FIGURA 15 – Representação do funcionamento de uma bomba de palhetas.



Bomba de palhetas

FONTE: Dutra, Kaio. Máquinas Hidráulicas (2016)

Este modelo de bombas é amplamente usada e sua funcionalidade é simples, pelo fato de possuir um rotor que gira as palhetas dentro da câmara, assim o líquido entra

pelo orifício, é impulsionado para fora pela outra extremidade através das palhetas em seu interior, como descrito pelo Kaio Dutra (2016).

Vale lembrar que este tipo de bomba hidráulica do tipo de palhetas não proporciona alta pressão e sim vazão constante e alta, porém a pressão necessária para que o dispositivo despeje o líquido é baixa, sendo a bomba escolhida apresentada na figura 16, suficiente para a aplicação.

FIGURA 16 – Modelo adotado de bomba hidráulica.



FONTE: Tecnotronics (2018)

Devido ao design que foi adotado para o protótipo, é necessário que a bomba seja completamente submersa, assim levando até esse modelo que possui as seguintes especificações:

- Total vedação com IP68;
- Voltagem adequada: DC 2.5 A 6V;
- Corrente em máxima eficiência: ~200mA;
- Elevação máxima: 1m;
- Vazão de água: ~1 a 1,5 l/m;
- Comprimento do fio: 22cm;
- Diâmetro da entrada: ~3,3mm;
- Diâmetro da saída: ~4,5mm;
- Dimensões (CxLxA): 43,5x23x30mm;
- Peso: 26g.

3. METODOLOGIA

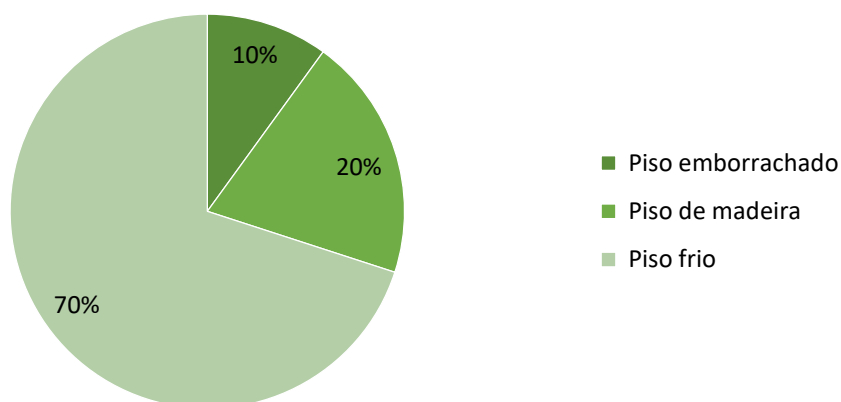
Para nortear nosso trabalho em sua criação, começamos efetuando uma pesquisa de campo com pessoas que trabalham ou já trabalharam no ramo de limpeza, tanto doméstica quanto comercial. O formulário aplicado na pesquisa é mostrado no apêndice B. Ao consultarmos 18 pessoas neste perfil no período entre março e abril de 2018, traçamos os seguintes indicadores:

- Tipo de piso mais comum a ser limpo;
- Produtos mais utilizados na limpeza;
- Tempo médio gasto para limpeza;
- Frequência de limpeza;
- Custo médio;
- Quantidade de pessoas necessárias para limpeza.

Esses dados forneceram a base para gerar o objetivo do dispositivo como qual tempo ele deve desempenhar a limpeza, qual sua autonomia necessária, que valor tornaria esse projeto viável para comercialização dentre outros.

Iniciando pelo tipo de piso mais comum em ambientes comerciais e residenciais, os resultados obtidos estão representados no gráfico 1:

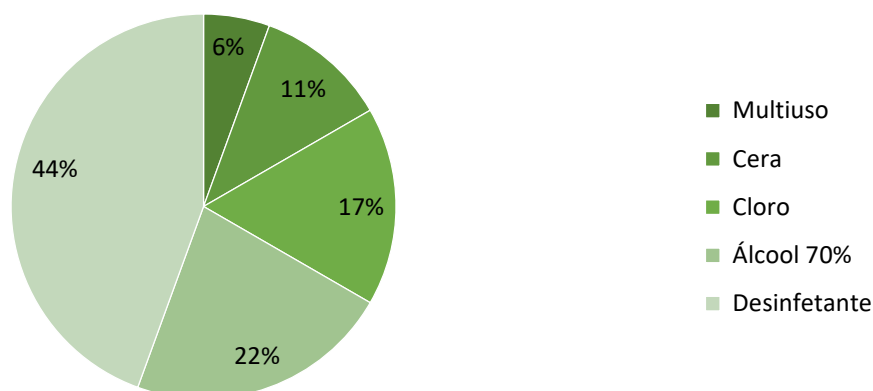
GRÁFICO 1 - Pesquisa sobre os tipos de pisos mais comuns em ambientes comerciais e residenciais.



FONTE: Autoria própria (2018).

Evidenciado que a grande maioria dos pisos são os chamados pisos frios (porcelanatos e cerâmicas), foi solicitado na pesquisa que informassem qual método ou produto costumavam utilizar para este tipo de piso, tendo como resultado, os valores apresentados no gráfico 2:

GRÁFICO 2 - Pesquisa sobre os produtos e métodos para limpeza de pisos frios.



FONTE: Autoria própria (2018).

A partir desse resultado, ficaram evidentes que os produtos mais recomendados por quem tem experiência em limpeza comercial e residencial são o álcool 70% e o desinfetante, mas para realmente determinar qual o produto escolhido, devem-se levar em conta as opiniões fornecidas sobre preferências na hora de escolher um produto.

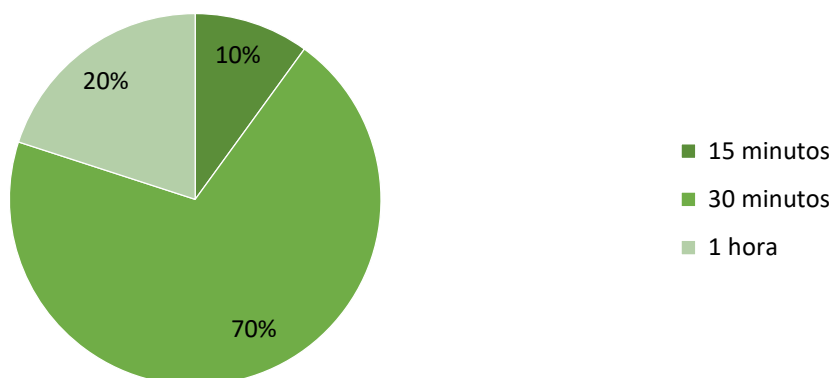
Os apontamentos efetuados pelos pesquisados foram:

- “Um produto único para limpeza”;
- “Os produtos de limpeza não serem tão prejudiciais à pele”;
- “Eficiência na limpeza, como tirar manchas facilmente, anti-bactericida e deixe brilho no local”;
- “Um produto que seja de fácil manuseio e não seja tão prejudicial à saúde”;
- “Facilidade de uso e baixo custo”.

Outro ponto importante a ser analisado é o tempo comumente gasto na limpeza de uma sala ou cômodo com apenas uma pessoa efetuando o serviço, seja em um

ambiente comercial ou residencial, logo, os resultados obtidos estão sendo apresentados no gráfico 3:

GRÁFICO 3 - Pesquisa sobre o tempo gasto em média na limpeza de apenas um ambiente.



FONTE: Autoria própria (2018).

A frequência de limpeza seguiu um padrão em que todos relataram efetuar este serviço 01 vez por semana, atingindo um custo médio de R\$59,00 por mês em produtos de limpeza.

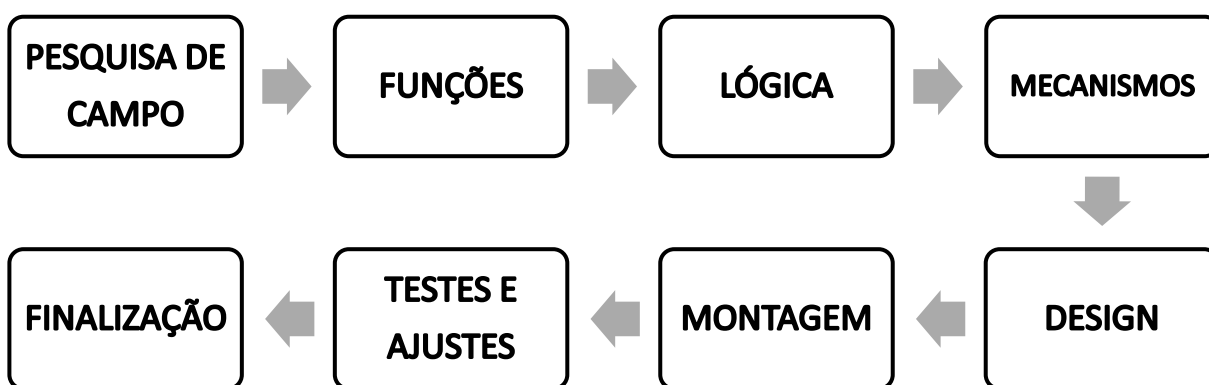
Logo, como a base para definir o foco do trabalho foi a pesquisa de campo, foi definido que o piso a se basear será o **Piso Frio (porcelanatos e cerâmicas)**, o produto recomendado para sua limpeza é o **Desinfetante** e, para que seja vantajosa a utilização do robô, tem de ser capaz de efetuar a limpeza de um ambiente comercial e/ou residencial em um tempo menor ou igual a 30 minutos para que acompanhe o usuário no serviço.

Referente aos custos seria necessária uma pesquisa com empresas de limpeza para mensurar os custos de uma pessoa afastada por doenças por esforços repetitivos e assim, calcular o tempo de *payback* do robô para ser aplicado no mercado.

4. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento desse projeto começou a partir dos dados coletados na pesquisa de campo para nortear nosso objetivo, o que deveríamos atingir para tornar o robô aplicável no mercado, assim traçamos a seguinte ordem para desenvolver o projeto (figura 17)

FIGURA 17 – Passos para o desenvolvimento do dispositivo.



FONTE: Autoria própria (2018)

Com os resultados em mãos, seria necessário definir quais seriam as funções que o dispositivo seria capaz de desempenhar para varrer o local, retirando os resíduos do chão e aplicando um produto, no caso o desinfetante, para a higienização da área.

Logo, é necessário um sistema para que o robô se movimente pelo ambiente de maneira autônoma, outro que o torne capaz de pegar resíduos do chão e guardá-los para que ao final do ciclo, o usuário os jogue fora e, enquanto percorre o ambiente aplique o produto da escolha do usuário no ambiente.

Com as funções definidas, partimos para sua lógica de trabalho sobre como ele irá iniciar o ciclo de trabalho, como vai se mover pelo ambiente ou como se localizar em qualquer local.

Foi definido que o dispositivo deve ser capaz de, independentemente de qual ponto ele for ligado, irá buscar um dos cantos do ambiente para iniciar seu ciclo de trabalho, de maneira que seu ciclo de funcionamento trabalha da forma representada pela figura 18.

FIGURA 18 – Ciclo de funcionamento do dispositivo.



FONTE: Autoria própria (2018)

4.1. LÓGICA

No decorrer do projeto um ponto fundamental que o projeto precisava era uma lógica, pois como mostra a figura 17 a movimentação do robô será algo constante de controle de movimentação do robô, por isso decidimos dividir a lógica em partes, como apresentado no código, primeiro com pontos básicos de movimentação e sensoriamento, e as demais funções de movimentação e limpeza do protótipo a partir do ajuste destas em testes.

4.1.1. Funções básicas de movimentação

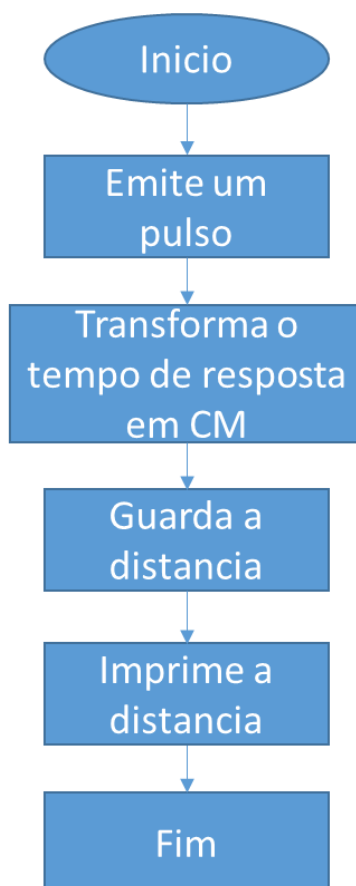
Primeiro ponto necessário no código é definir os pinos do Arduino que serão conectados ao Shield da ponte H dos motores utilizados, logo após, definir os pinos de ligação do sensor ultrassônico e declaração de suas variáveis para o correto funcionamento de acordo com a biblioteca que utilizamos. Um dos pontos que declaramos suas variáveis fora do setup e do loop de maneira global foi para poder criar uma função que será utilizada mais à frente.

Com estes pinos declarados montamos as logicas de movimentação simples para o controle do carrinho.

- Função “sensor”

A figura 19 mostra a função criada para o controle do carrinho enquanto efetua seu trabalho.

FIGURA 19: “Fluxograma de funcionalidade da função sensor”

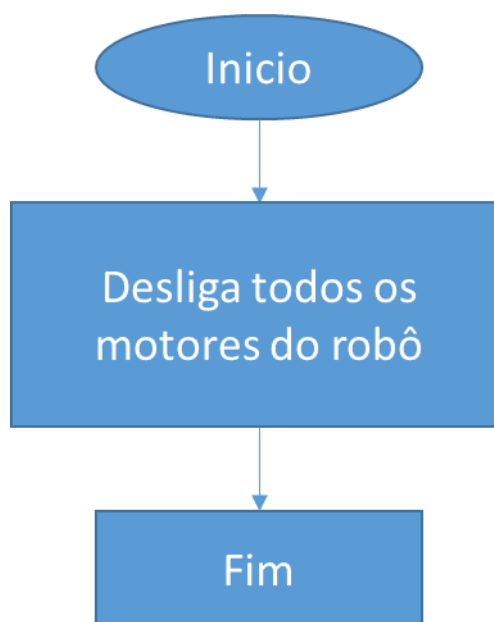


Nos testes a única que não foi alterada, ela lê o sensor ultrassônico, armazena o valor da distância em “cm” numa variável e imprime na porta serial o valor da distância para controle enquanto o Arduino está plugado pelo cabo USB.

- Função “parado”

Como mostrado na figura 20 a função “parado”, corta a alimentação dos motores de movimentação, e de todos os componentes de limpeza do circuito, fazendo com que todos fiquem parados.

FIGURA 20: “Fluxograma de funcionalidade da função parado”



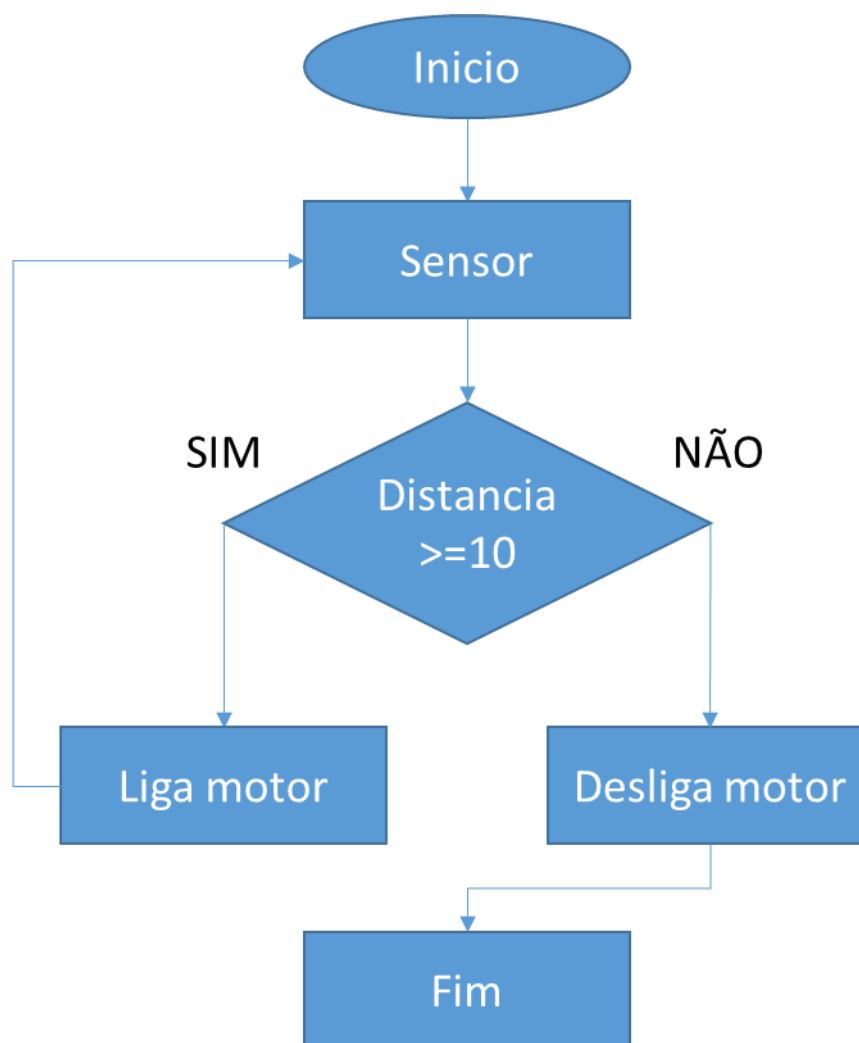
FONTE: Autoria própria (2018)

Nos primeiros testes com motores mais simples com caixas de redução menores está função ficou um pouco limitada de acordo com a velocidade que o carrinho estava até utiliza-la, devido a inércia tivemos um pouco de dificuldades nos testes iniciais, mas no decorrer deles e com os motores que utilizamos no protótipo final não tivemos estas dificuldades devido a sua grande caixa de redução e velocidade reduzida.

- Função “frente”

Como mostrado na figura 21 a função frente controla os motores, nela a leitura do sensor é utilizada, para definir a movimentação dos dois motores no mesmo sentido, seja horário ou anti-horário, além de possuir a distância de desaceleração e quando o carrinho deve parar, para evitar choque frontal.

FIGURA 21: “Fluxograma de funcionalidade da função Frente”



FONTE: Autoria própria (2018)

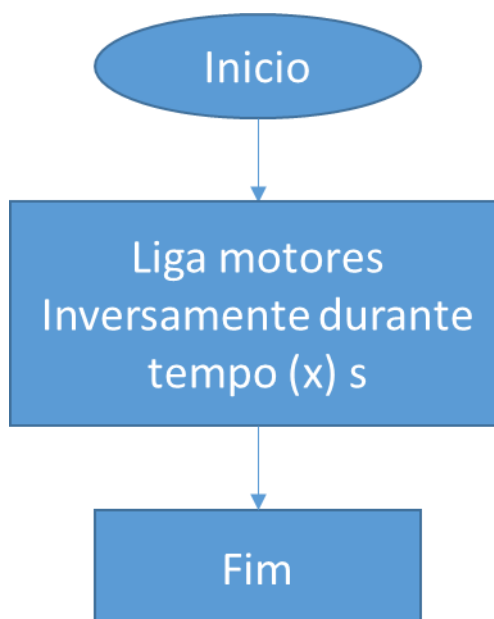
Nos primeiros testes com o carrinho inicial esta função era diferente, pois sua desaceleração era de acordo com a distância, a variável do sensor escrevia no PWM dos motores a velocidade correspondente a distância até um mínimo de 70, pois a

caixa de redução do motor que utilizávamos era menor, mas com o protótipo final, vimos que quando a alimentação caía muito, e por possuir uma caixa de redução muito grande os motores não possuíam força para rodar, então com os testes percebemos que sua velocidade não era muito alta e por isso possui uma redução de velocidade fixa, e uma distância para parar um pouco maior.

- Funções de giro do robô

Como mostrado na figura 22 estas funções são idênticas e definem que o robô irá girar em torno do seu próprio eixo 90° ou para a direita ou esquerda.

FIGURA 22: “Fluxograma de funcionalidade da função giro”



FONTE: A autoria própria (2018)

Nestas funções os testes demoraram um pouco mais, pois um dos pontos do projeto foi a falta de uma segunda variável de controle, para o posicionamento, por isso calculamos o tempo que os motores levam para dar uma volta e fizemos os ajustes finos para que ele pudesse realizar essa volta e girasse um motor num sentido e o outro de maneira inversa, girando 90° para direita ou para a esquerda.

Dividindo o RPM dos motores por 60 obtemos a quantidade de voltas por segundo (Eq.2).

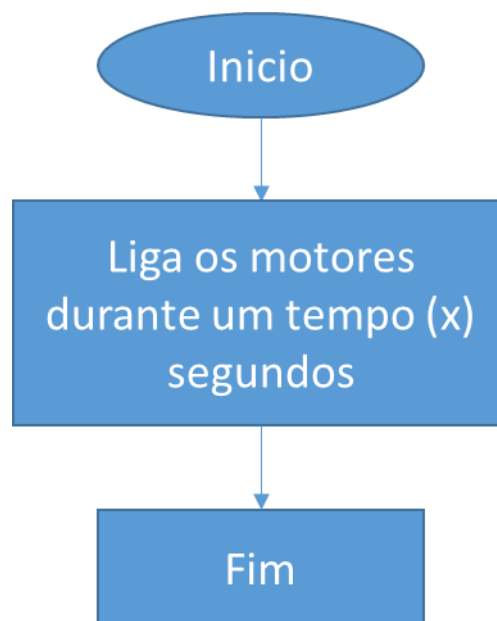
$$\frac{RPM}{60} = \text{número de voltas por segundo} \quad (2)$$

Após saber a quantidade de voltas por segundo os motores seram energizados tempo o sulficiente para efetuar uma volta.

- Função “passo”

A figura 23 mostra a última função para definir sobre o posicionamento, nesta função o robô deve efetuar um passo que tem aproximadamente seu tamanho, utilizada na função de trabalho final do projeto.

FIGURA 23: “Fluxograma de funcionalidade da função Passo”



FONTE: Autoria própria (2018)

Assim como as funções de giro está nos deu um pouco de dificuldades, mas por já estarmos mais preparados, e com os cálculos que efetuamos conseguimos definir a distância. Levamos em consideração o perímetro da roda e o RPM que utilizamos que

está por volta e 80 RPM, calculamos o tempo para que o carrinho percorresse a distância necessária, e efetuamos os ajustes finos.

$$P = D * \pi \quad (3)$$

Para “n” igual o número de voltas, conhecendo o número de voltas e o RPM do motor foi possível calcular o tempo que o Arduino deveria manter o motor energizado conforme Eq.4 abaixo.

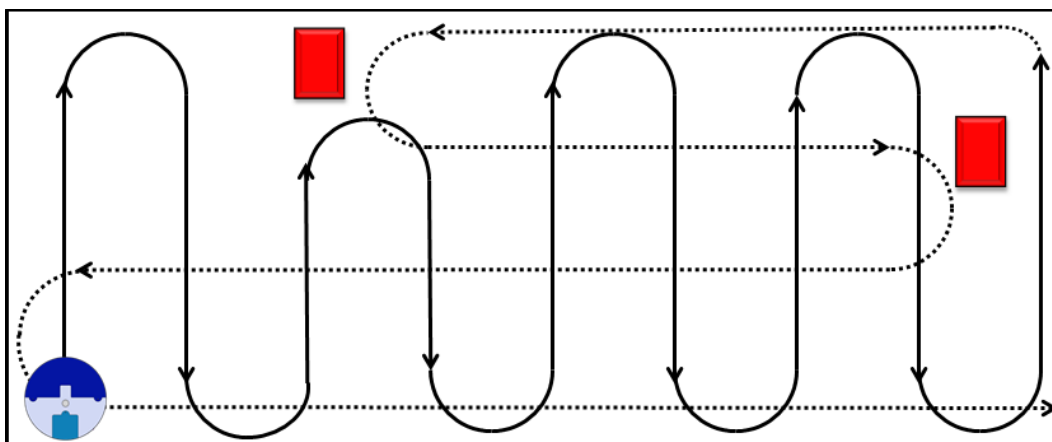
$$\frac{n}{seg} * n = tempo \text{ do passo} \quad (4)$$

4.1.2. Funções de trabalho

Todas as funções básicas acima descritas são utilizadas para que o robô desempenhe o seguinte percurso de trabalho.

Como mostrada na figura 24 a linha contínua representa o primeiro funcionamento do ciclo de limpeza do robô, e a pontilhada o segundo ciclo quando finaliza o primeiro.

FIGURA 24: “Fluxograma de funcionalidade do robô”



FONTE: Autoria própria (2018)

Para que um ambiente seja limpo por completo nosso código considera qualquer objeto que seja captado pelo sensor do robô como uma parede, por isso escolhemos que ele deveria repetir o ciclo em outro sentido para limpar toda a área necessária. Pois não se sabe a quantidade de objetos presentes nem o tamanho de uma sala ao certo.

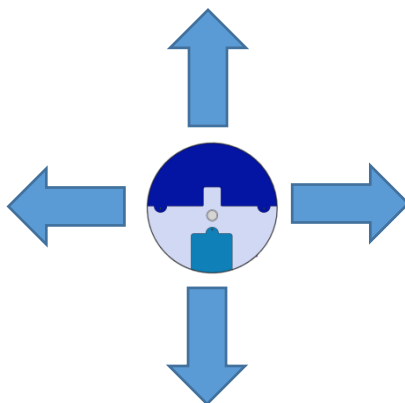
Durante o desenvolvimento da lógica, percebemos que o sensor possui uma resposta muito sensível e dependendo do tipo de piso, a divisão entre pisos pode ocasionar uma oscilação no robô, fazendo que o sensor aponte para o chão reconhecendo uma parede o que não é ao certo.

Este grupo de funções utiliza as funções básicas de posicionamento e de sensoriamento, para controlar o robô no ambiente, estas funções englobam o conjunto de funções de reconhecimento ou sensoriamento, posicionamento, serpentina e função de limpeza.

- Função “sensoriamento”

Ao analisar o escopo de projeto, precisávamos que o robô possuísse um diferencial, como mostrado na figura 25, o grupo decidiu que o robô ao ser colocado no ambiente deveria ter uma noção de onde ele está.

FIGURA 25: “imagem do sensoriamento”

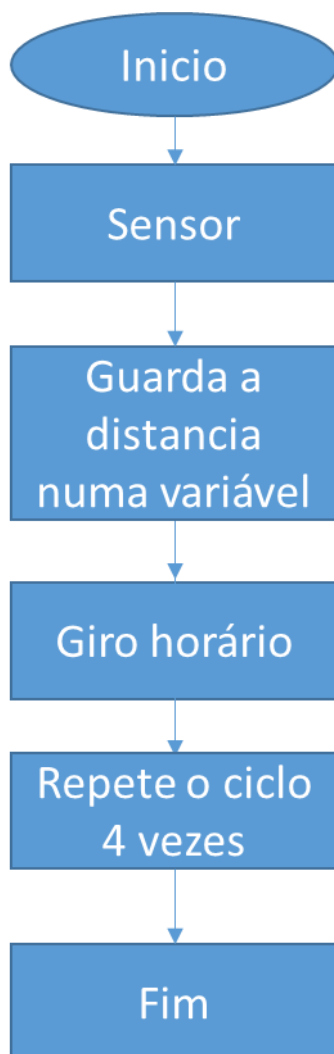


FONTE: Autoria própria (2018)

Esta função quando o robô é ligado, independente de onde ele estiver, ele irá efetuar 4 passos de 90° para armazenar 4 distâncias em 4 variáveis globais (“f” que armazena a distância da frente, “d” que armazena a distância da direita, “a” que armazena a distância atrás do posicionamento inicial do robô, “e” que armazena a distância a esquerda.)

O fluxograma da figura 26 mostra o funcionamento do reconhecimento do robô até voltar a sua posição final.

FIGURA 26: “Fluxograma de funcionalidade da função reconhecimento”



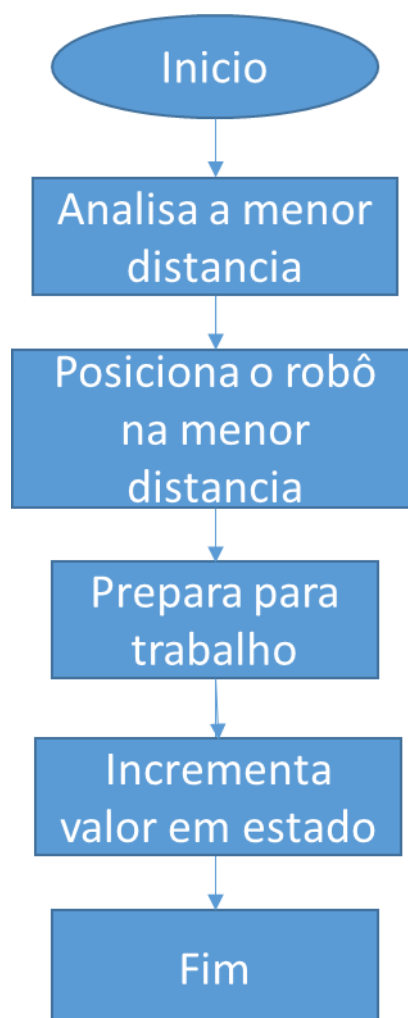
FONTE: Autoria própria (2018)

Durante a fase de testes obtivemos os resultados e deixamos, que o arduino devolvesse através da porta serial cada distancia.

- Função “posicionamento”

A figura 27 mostra a segunda função que o robo efetuará num ambiente, para economizar bateria do robô e como deve começar sua rotina de trabalho, o grupo definiu que através destas quatro distancias o robo se posicionaria no canto mais proximo, para efetuar sua rotina de trabalho.

FIGURA 27: “Fluxograma de funcionalidade da função Posicionamento”



FONTE: Autoria própria (2018)

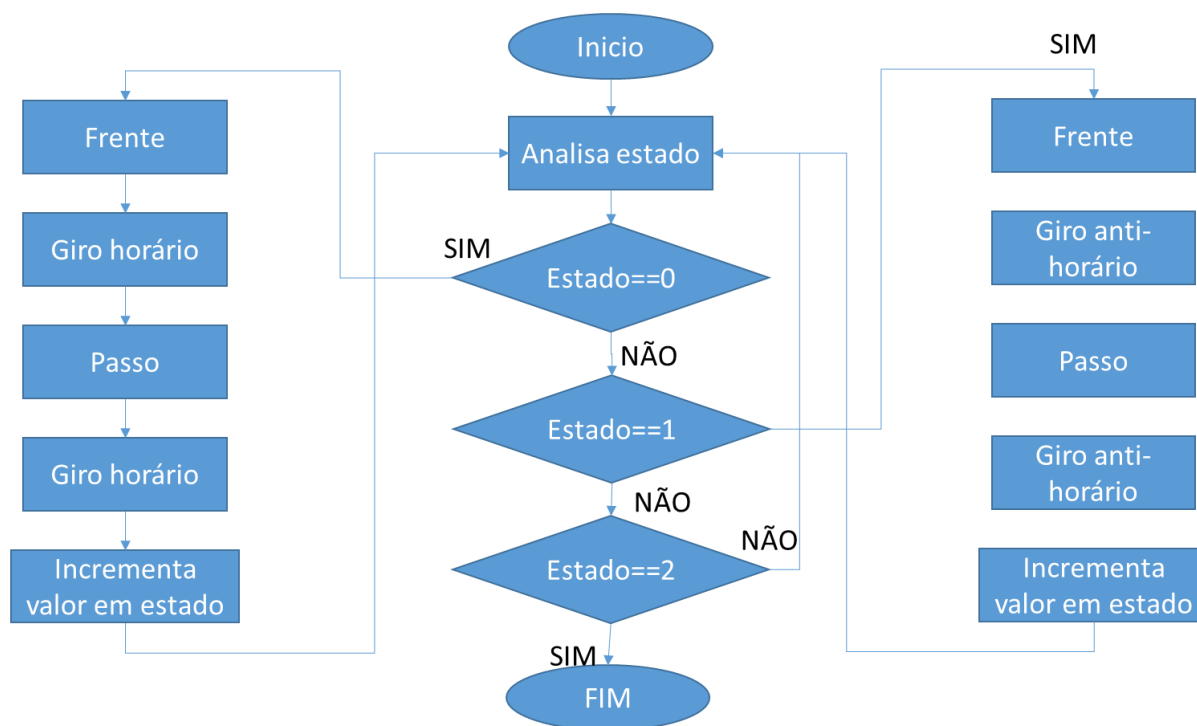
Esta função pode parecer simples, mas foi necessário muitos testes até o ajuste final dela, e o robô se posicionar da maneira que gostaríamos, num ambiente controlado ele funcionou como desejado, mas num ambiente padrão encontrou algumas dificuldades, pois ao ligar ele poderia estar próximo a um móvel e quando se posicionou deixou este espaço sem limpeza.

- Função “serpentina”

Após o robô se posicionar no canto preferencial, o robô está preparado para efetuar o seu ciclo de trabalho, como grupo definiu o escopo de trabalho preferencial de serpentina, em que o robô se movimentaria em forma de “S” dentro do cômodo fechado, como mostrado na figura 28, uma das funções de maior dificuldade nos

testes, pois o robô só possui um instrumento de referência, reduz as chances de sucesso para o protótipo.

FIGURA 28: "Funcionalidade da função serpentina"



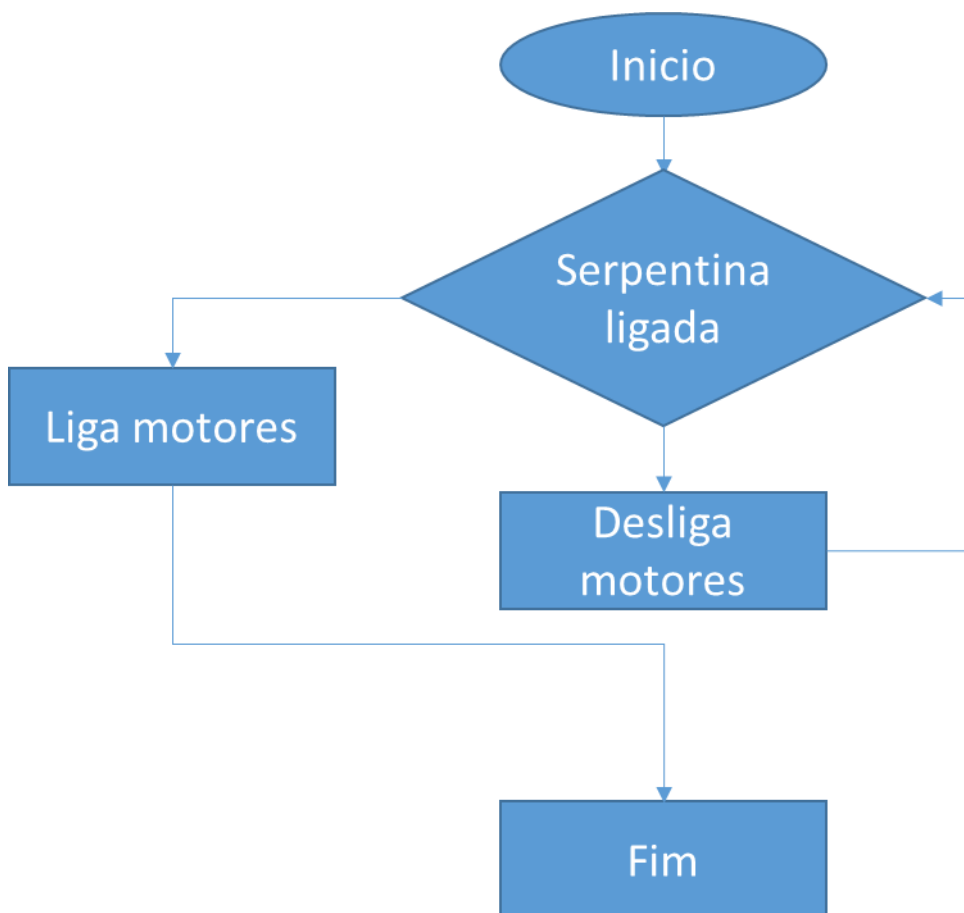
FONTE: Autoria própria (2018)

Analisando o comportamento do robô após a montagem, percebe-se que num ambiente fechado de piso liso seu funcionamento é o esperado, porém em um ambiente aberto, que não possui separações de ambiente delimitadas o protótipo pode apresentar comportamentos diferentes, como continuar seu trabalho em outro ambiente não desejado.

- Função "limpeza"

A figura 29 mostra a função que aciona os componentes de limpeza de nosso robô, através dela existe a ligação dos motores que efetuam o giro da escova e o bombeamento de fluido do reservatório para o chão.

FIGURA 29: “Fluxograma de funcionalidade da função limpeza”



FONTE: Autoria própria (2018)

Para utilização desta função de acordo com o escopo de projeto, definimos que ela só poderia ser utilizada quando o robô estivesse seguindo o fluxo de trabalho nominal. Para isso alteramos as funções de movimentação básicas.

Uma das alterações consiste em verificar se o robô está nos estados de trabalho da variável global “estado” inserida na serpentina. Caso esta variável apresente alguma alteração quer dizer que a serpentina está ativada, portanto o robô está pronto para o funcionamento.

Atribuímos uma lógica de controle de tempo que utiliza uma função presente nas bibliotecas do Arduino para controlar o tempo quem que a bomba de fluido ficaria acionada, pois por decisão do grupo é necessário que o líquido goteje e não fique fluindo direto no chão.

Esta lógica de controle de escovas e do tempo em que as bombas funcionariam só irá funcionar caso a variável global “estado” esteja nas condições da serpentina. Ambas as logicas se encontram dentro das variáveis de movimentação simples esperando apenas as condições para funcionarem.

Como a utilização de todas as funções de maneira harmônica, quando cada uma tem uma função bem estabelecida, percebemos que o robô em ambientes fechados, funciona de maneira satisfatória.

Alguns testes em ambientes abertos e de diferentes tamanhos, mostraram que a função serpentina funciona de maneira adequada, porem se o ambiente possuir muitos obstáculos ela ficará sujeita a falhas.

5. RESULTADOS E ANÁLISES

Com o resultado consolidado da pesquisa de campo para definir nosso objetivo, partimos para o desenvolvimento do projeto em sua forma, dinâmica, dimensões e funções.

Como nossa proposta é lavar o ambiente aplicando um produto e escovando a região, é imprescindível que haja uma forma de escovas para retirada da sujeira mais grossa e algum mecanismo que impulse o produto para fora quando necessário, assim trazendo para o projeto um par de escovas rotativas e o uso de uma bomba hidráulica.

Definidos os mecanismos que serão utilizados no protótipo, resta definir como todos os mecanismos serão interligados e montados de maneira que mantenha a forma circular, pouca altura para que seja possível que entre embaixo de móveis e afins para limpeza, juntamente com os sensores, microcontrolador e sua fonte de alimentação.

Agora com todos os parâmetros definidos no projeto, desenvolvemos o modelo a seguir, mas para ilustrar melhor o projeto como um todo, seguem imagens com descrição de cada componente.

Começando pela base, podemos identificar grande parte dos componentes criados e empregados no projeto, afinal por não ser um produto comercial, não há peças de reposição ou nas dimensões desenvolvidas no projeto.

Nesta base, foi utilizado o material acrílico 5mm transparente para sua montagem, assim como nos mancais, devido sua resistência mecânica e facilidade para ver os sistemas montados internamente no dispositivo.

Para montagem do corpo e estruturas com formas não padronizadas, incluindo o reservatório de resíduos, foi utilizado o material Papelão Paraná 520g/m² como base e, para que o material se tornasse impermeável e ganhasse resistência mecânica, foi coberto por resina ortoftálica.

A figura 30 mostra os componentes:

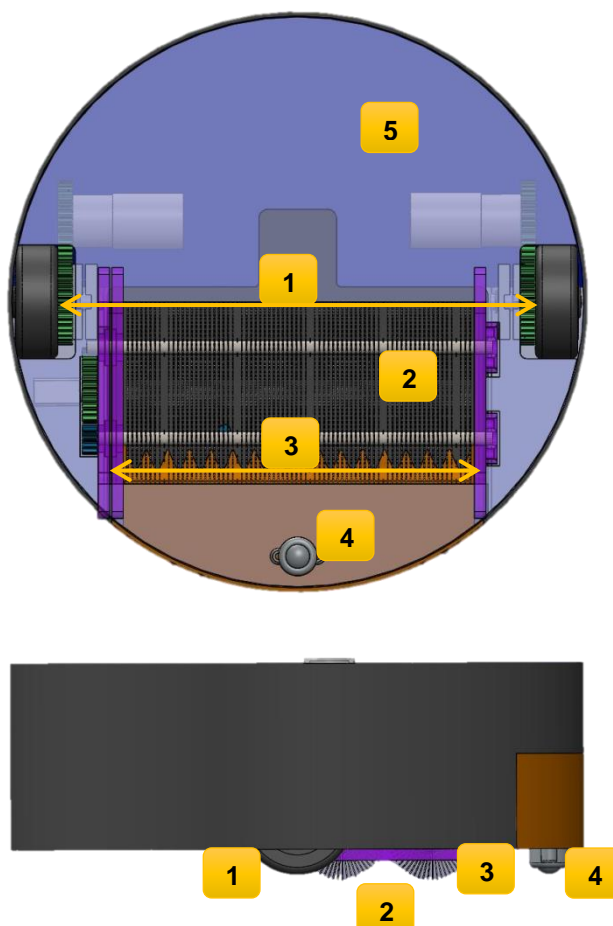
01: Par de rodas de plástico 50 mm;

02: Par de escovas cilíndricas; 03: Mancais de apoio para as escovas cilíndricas;

04: Esfera deslizante;

05: Base de acrílico do dispositivo.

FIGURA 30 – Vista inferior e lateral esquerda.



FONTE: Autoria própria (2018).

Acima da base estão posicionados os componentes no interior do dispositivo como motores e reservatórios.

A figura 31 mostra os seguintes componentes:

06: Par de motores DC 9V 77 RPM;

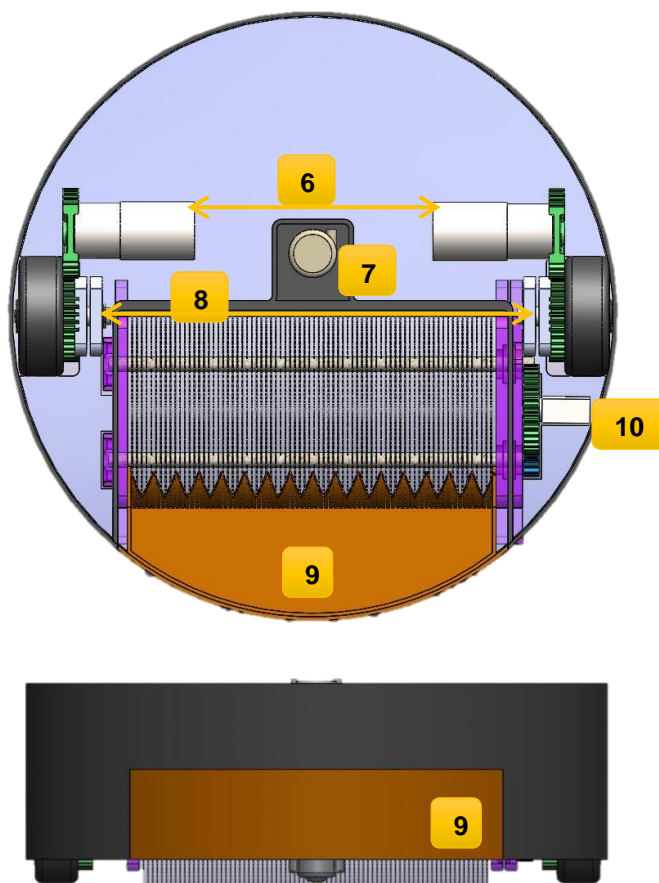
07: Bomba submersa dentro do reservatório de líquidos;

08: Mancais de apoio para as rodas

09: Reservatório dos resíduos coletados;

10: Motor DC 12V 100 RPM.

FIGURA 31 – Vista superior em corte e lateral.

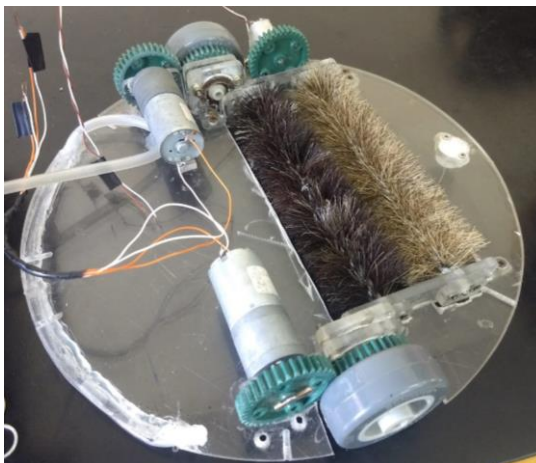


FONTE: Autoria própria (2018).

Esta vista nos mostra algo muito importante no projeto pois, conforme apresentado na figura 30, temos apenas 3 apoios em contato com o chão nesse dispositivo, as rodas e a esfera deslizante e nenhum deles se encontra na parte da frente do robô, fazendo com que ele tenha uma tendência a tombar para frente, o que nos levou a um estudo do centro de gravidade do dispositivo.

Conforme ilustrado na figura 32, os motores estão na frente da linha de centro horizontal da estrutura, esse peso extra a frente faria com que o robô sempre estivesse caindo e deixando a esfera deslizante fora de contato com o piso.

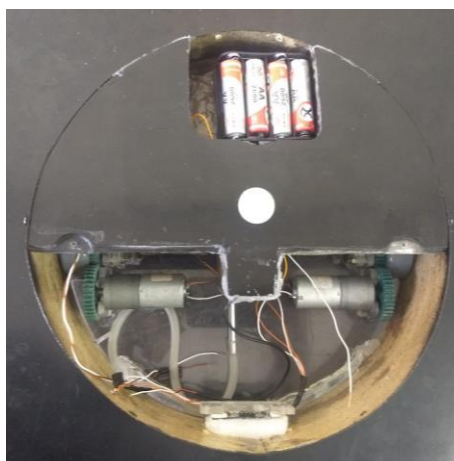
FIGURA 32 – Base do robô com motores e escovas.



FONTE: Autoria própria (2018).

Para que nas frenagens o robô não tombasse para frente, seu centro de gravidade tem de estar atrás da linha de centro, assim foi necessário realocar as baterias para o ponto mais longe do centro do robô de maneira a criar uma “alavanca” com o peso das 08 pilhas, conforme mostrado na figura 33, assim vencendo o peso dos motores de movimentação e mantendo o dispositivo sempre em contato com o piso para realizar a limpeza.

FIGURA 33 – Estrutura do robô.



FONTE: Autoria própria (2018).

Com essa alteração no local da bateria de maneira a criar a maior alavanca possível, seu centro de gravidade foi realocado para cima e atrás do centro do robô.

A vista em corte mostra a seguinte estrutura da figura 34:

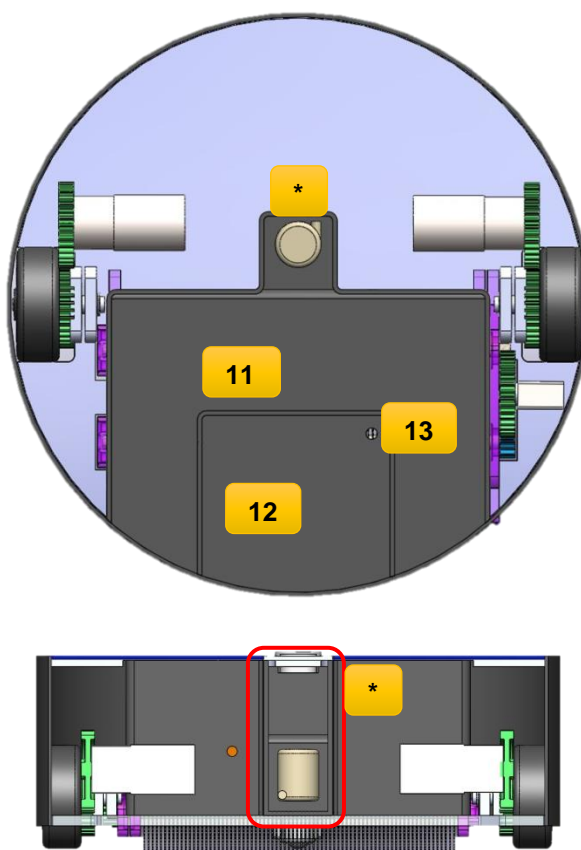
11: Região do reservatório de líquidos;

12: Área para bateria;

13: Caminho para cabos da bateria;

* : Note que a bomba permanece em várias vistas da mesma maneira, isso ocorre pois, como a bomba tem de sempre estar submersa, ela fica em uma zona mais baixa do reservatório, um tipo de duto para garantir que mesmo em baixos níveis do produto, ela permaneça abastecida.

FIGURA 34 – Vista superior e frontal em corte.



FONTE: Autoria própria (2018).

A vista superior mostrada na figura 35 engloba:

14: Tampa para área de componentes eletrônicos;

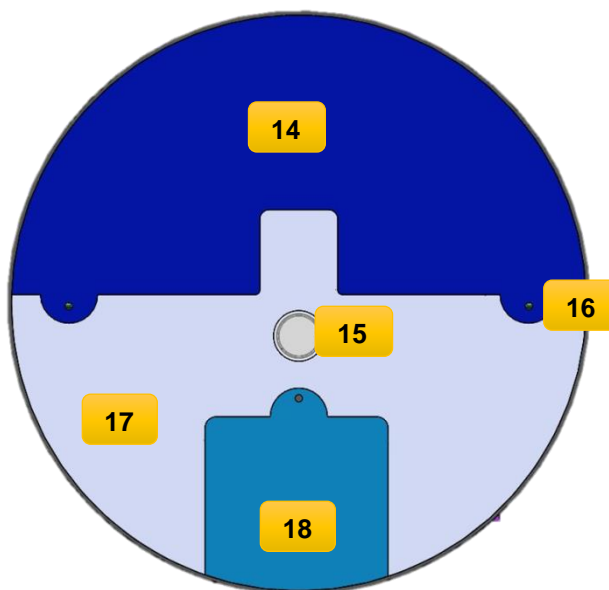
15: Tampa do furo de entrada do reservatório de líquidos;

16: Furos para fixação;

17: Topo do projeto;

18: Tapa para área das baterias.

FIGURA 35 – Vista superior.



FONTE: Autoria própria (2018).

O apêndice A mostra imagens adicionais incluindo as dimensões gerais do projeto.

6. PROPOSTA DE PROJETOS FUTUROS

Para propostas futuras pensamos primeiro em colocarmos um módulo Wi-Fi pois assim o usuário poderia controlar e até monitorar o robô por celular. Por esse motivo faz-se necessário uma IHM para que além do celular o usuário tivesse outra forma de monitorar e interagir com o robô.

Segundo, utilizar encoder para controlar os motores pois atualmente os motores podem sofrer interferências e acabar se desviando do percurso original, o motivo mais comum para isso acontecer é a alteração da carga de alimentação do robô causado pelo desgaste da bateria, fazendo dessa forma o robô virar menos e andar mais lento o que vai acabar causando uma deformação na serpentina.

Terceiro, montar uma base onde ele recarregasse as baterias sempre que não estivesse trabalhando, e para isso seria também necessário incluir outra programação na principal para sempre que ele não estiver trabalhando ele voltasse sozinho para a base.

Quarto, usar duas escovas de disco na parte da frente para além de puxar a sujeira mais pesada para o centro e assim para o reservatório elas também ajudassem esfregando o chão para realizar uma melhor limpeza já que só as escovas do meio não são suficientes, pois elas tem como função principal apenas coletar a sujeira e elas não conseguem, devido a sua localização, alcançar os cantos do ambiente para limpá-lo.

Quinto, utilizar um microcontrolador com mais I/O, apesar de o Arduino Uno ser o suficiente para o projeto e para todas as novas propostas, sugerimos um melhor caso queiram trabalhar apenas com entradas e saídas digitais sem utilizar as analógicas, mas se quiserem usar tanto analógica quanto digitais o Arduino Uno é o suficiente para este projeto.

E por último o principal, melhorar o código principal do robô, pois apesar dele funcionar, ainda existem problemas na programação que precisam ser reparados e também ela é carente de melhorias pois é muito básica e por esse motivo muito sujeita a falhas, além de não ter nenhum controle operacional, pois trabalhar em malha aberta.

7. CONCLUSÃO

Este projeto de conclusão de curso consistia em criar um robô de limpeza, que pudesse trabalhar em ambientes fechados para melhorar a eficiência do trabalho, pois atuaria como um robô colaborativo que trabalharia em conjunto com um segundo funcionário.

Conseguimos desenvolver tal projeto, o robô funciona de maneira satisfatória dentro de ambientes fechados, com algumas debilidades, por trabalhar com apenas uma resposta de sensoriamento. Impedindo que ele pudesse realmente saber em dadas situações se estivesse trabalhando de maneira errada.

Um ponto satisfatório de nossa pesquisa, foi que a maioria dos testes do robô ele atuou sozinho em um ambiente aberto, não alcançamos por completo ele ser colaborativo visando a segurança, por isso recomendamos que quando ele estiver trabalhando em conjunto com outra pessoa, que deixe o robô trabalhar por último, pois ele tem a função de limpar os pisos.

E ao finalizar o projeto conseguimos elaborar, um protótipo de código simples e aberto que poderá ser utilizado para estudo ou desenvolvimentos de outras pessoas, para desenvolvimento de estudo de casos e até mesmo com fim comercial.

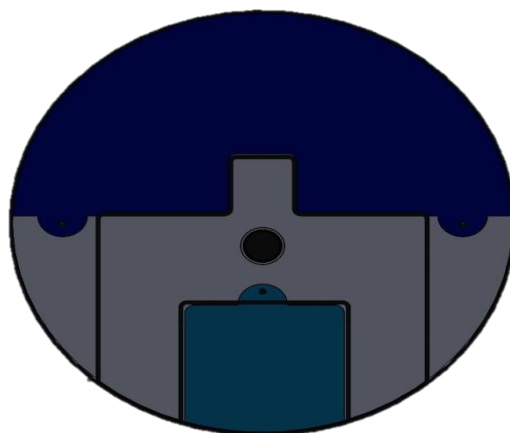
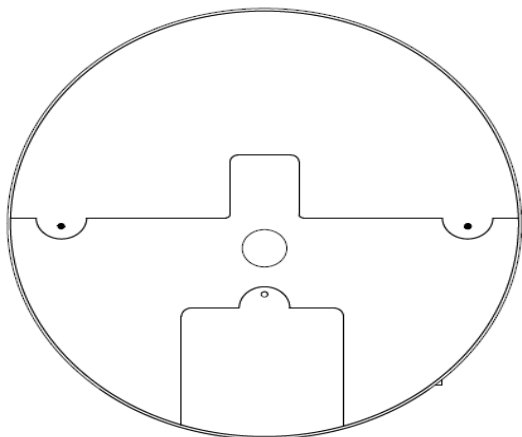
8. REFERÊNCIAS

1. **Cuidado do brasileiro com a limpeza doméstica**, Ed. Abril, 2017 Disponível em: <<https://www.google.com/amp/s/exame.abril.com.br/negocios/release/cuidado-de-brasileiro-com-a-limpeza-domestica-e-contatado-em-pesquisa/amp/>>. Acesso em: 06 de dezembro 2018
2. ROBOCORE TECNOLOGIA LTDA. **Mapeamento de Ambiente**, 2013. Disponível em:<<https://www.robocore.net/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=3905>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
3. RIFKIN, Jeremy. **O Fórum Econômico Mundial de 2016 falha com seu quarto tema da Revolução Industrial**, *THE BLOG*, 2016. Disponível em: <<http://m.huffpost.com/us/entry/8975326>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
4. **Autômatos, robôs e androides**. Ed. Abril, 2016. Disponível em: <<http://www.google.com.br/amp/s/super.abril.com.br/historia/automatos-robos-e-androides/amp/>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
5. **“Arquitas de Tarento”**. Virtuoso Tecnologia da Informação, 1998-2018. Disponível em: <<http://somatematica.com.br/biograf/tarento.php>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
6. **Invenções de Leonardo da Vinci**, Site Terra na aba Educação. Disponível em: <www.terra.com.br/noticias/educa%C3%A7%C3%A3o/infograficos/vc-sabia-davinci/>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
7. ABREU, Paulo. **Robótica industrial**, Universidade do porto FEUP, 2001/2002.
8. **Os robôs e os humanos: Convivência pacífica**. Disponível em: <http://robota.br.tripod.com/index_arquivos/page0001.htm>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
9. POLLUX. **Robótica Colaborativa**. Disponível em: <<http://www.pollux.com.br/solucoes/robotica-colaborativa/>>. Acesso em: dezembro de 2018
10. SAS. **Machine Learning**. Disponível em: <http://www.sas.com/pt_br/insights/analytics/machine-learning.html>. Acesso em:06 de dezembro de 2018
11. **ARDUINO**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. - Acesso em: 06 de dezembro de 2018
12. GREGO, Maurício. **O hardware em "código aberto"**. Entrevista para Info Online, Editora Abril, 2009. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
13. FILIPEFLOP COMPONENTES ELETRÔNICOS. **Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04/>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
14. BRASIL ESCOLA. **Ultrassom**. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/ultrassom.htm>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2018.
15. ROBOCORE TECNOLOGIA LTDA. **Sensor Ultrassônico - HC-SR04**, Disponível em: <<https://www.robocore.net/loja/produtos/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04.html>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
16. CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas**, 5ª edição, AMGH Editora Ltda, 2013.

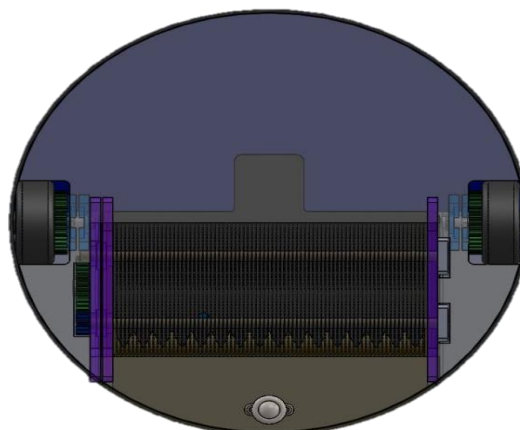
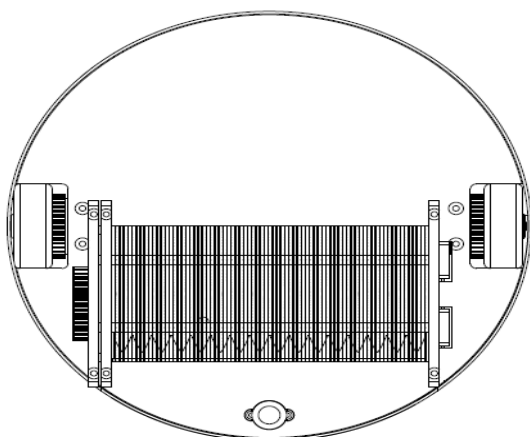
17. TECNOTRONICS COMERCIO E IMPORTAÇÃO. **Mini Motor Redutor Dc 12v N20**. Disponível em: <<https://www.tecnotronics.com.br/mini-motor-redutor-dc-12v-n20-15rpm.html/>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
18. TECNOTRONICS COMERCIO E IMPORTAÇÃO. **Motor Com Redução Dc 3 A 9v 77 RPM**. Disponível em: <<https://www.tecnotronics.com.br/motor-com-reducao-77-281-rpm-arduino-robotic.html>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
19. FILIPEFLOP COMPONENTES ELETRÔNICOS. **Motor DC com Driver Ponte H L298N**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/motor-dc-arduino-ponte-h-l298n/>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
20. KÄRCHER INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Sistema de rolos para lavadoras e secadoras de pisos**. Disponível em: <<https://www.karcher.com.br/br/dicas-karcher/sistema-de-rolos-lavadoras-e-secadoras-de-pisos.html>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
21. DUTRA, Kaio. **Máquinas hidráulicas - aula 10 – Bombas de deslocamento positivo**. Disponível em: <https://kaiohdutra.files.wordpress.com/2016/02/mh_aula-10_bombas-de-deslocamento-positivo-p11.pdf>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
22. TECNOTRONICS COMERCIO E IMPORTAÇÃO. **Mini bomba de água submersa JT100 para Arduino 5v DC**. Disponível em: <<https://www.tecnotronics.com.br/mini-bomba-de-agua-submersa-jt100-para-arduino-5v-dc.html/>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
23. SEBRAE Brasil. **O mercado brasileiro de produtos de limpeza**, 2014. Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/o-mercado-brasileiro-de-produtos-de-limpeza/>>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
24. PADOVANI, José Henrique; FREIRE, Sérgio. **Manufatura e programação de controladores: possibilidades de desenvolvimento para aplicação em sistemas musicais interativos**, Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música, 2008. Acesso em: 06 de dezembro de 2018
25. KASUO, Diego; AMARANTE, Felipe; MEDEIROS, Rodrigo; LINS, Silvia. **Projetos com Arduino**, UFPA, 2010.
26. **Localização e mapeamento de robôs móveis utilizando inteligência e visão computacional**, PUC-RIO – Certificação digital N° 0611793/CA. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/31775/31775_3.PDF>. Acesso em: 06 de dezembro de 2018.
27. MARCELINO, E., Acústica Automotiva, Notas de aulas, ministradas no 2º Sem.2018 na Faculdade de Tecnologia, FATEC – Santo André.

APÊNDICE A**DESENHO DO PROJETO**

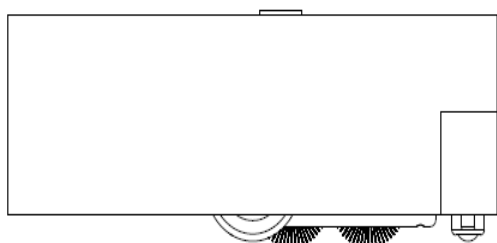
VISTA SUPERIOR DO DISPOSITIVO.



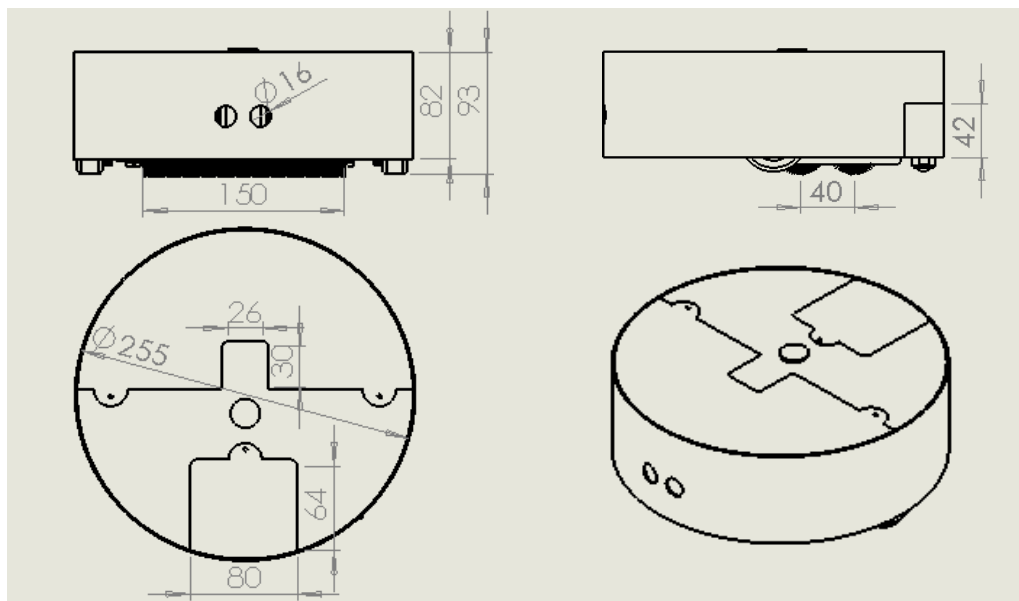
VISTA INFERIOR DO DISPOSITIVO.



VISTA LATERAL DO DISPOSITIVO.



VISTAS COM COTAS.



APÊNDICE B

FORMULÁRIO DA PESQUISA DE CAMPO

RELATÓRIO DE PESQUISA DE CAMPO	
Felipe Carvalho Costa	RA 0791611007
Raphael Alves de Oliveira	RA 0791611023
Thiago Gomes Ducati	RA 0791611028
Professor Orientador: Me. Eiel Wellington Marcelino	

OBJETIVO: *Este relatório visa coleta de dados sobre o serviço de limpeza de pisos internos, para desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso.*

1. Nome da empresa/ entrevistado:

2. Foco do serviço?

Limpeza comercial

Limpeza residencial

Outro

(_____)

3. Qualidade do serviço?

Excelente

Bom

Outro (_____)

4. Tipo mais comum de piso no local?

Piso frio

Piso de madeira

Outro

(_____)

5. Custo médio do serviço? R\$_____

6. Produtos utilizados

Água

Pano

Produto químico (_____)

Equipamento

Vassoura

Rodo

Outro

(_____)

7. Quanto tempo você leva para limpar um recinto/ sala?

- 30min
- 1 hora
- Outro (_____)

8. Quais produtos específicos usados na limpeza? Qual o mais indicado ou mais efetivo para o piso do local?

9. O que você mudaria no serviço prestado ou o que você gostaria que fosse diferente no serviço?

10. Você se interessaria por um equipamento que pudesse te ajudar na limpeza?

- Sim
- Não
- Depende das vantagens que ele ofereça
Quais? (_____)

11. Frequência da limpeza no local?

- Todos os dias
- 1 vez por semana
- A cada 15 dias
- _____ Outro
(_____)

12. Quantas pessoas são necessárias para efetuar o serviço?

- 1 pessoa
- 2 pessoas
- _____ Outro
(_____)