



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Desenvolvimento de um Sistema de
Lavagem Automática de Veículos**

Trabalho de Licenciatura

Benjamim Pedro Muchanga

**Supervisor: Eng^a Roxan Cadir, Msc
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

Maputo, Novembro 2024



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem

Automática de Veículos

Trabalho de Licenciatura

Benjamim Pedro Muchanga

**Supervisor: Eng^a Roxan Cadir, Msc
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

Maputo, Novembro 2024

BENJAMIM PEDRO MUCHANGA

Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem Automática de Veículos

Trabalho de Licenciatura apresentado ao Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane – como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Electrónica.

Supervisor: Eng^a Roxan Cadir, Msc
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)

Maputo, Novembro 2024

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DO TL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Benjamim Pedro Muchanga

entregou no dia ____/____/20 ____ as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de

Licenciatura com a referência: _____

intitulado: Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem Automática de Veículos

Maputo, _____ de _____ de 20_____

O Chefe de Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro sobre palavra de honra que o trabalho apresentado neste relatório é original e foi por mim desenvolvido com base nos meus conhecimentos e com a ajuda dos recursos que ao longo do mesmo faço criteriosa referência.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA-RESUMO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Referência do tema: _____

Título do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem Automática de Veículos

Nome do autor: Benjamim Pedro Muchanga

Supervisores: Eng^a Roxan Cadir, Msc

RESUMO

A higiene é uma das coisas muito importantes na nossa vida, a sua falta pode provocar a contaminação do ambiente, tornando o ambiente ariscado para saúde, podendo ser num carro. A higienização de dispositivos usados pelo homem eleva a sua autoestima, manter veículo higienizado, ajuda a conservar o seu valor de mercado. O processo de lavagem manual de carro é tido como uma tarefa difícil, podendo causar fadiga no operário. A lavagem automática é um sistema que consiste em dinamizar o processo de lavagem, otimizar os custos unitários. O desenvolvimento deste trabalho pode contribuir duma forma positiva, sob diversas perspectivas: Desenvolvimento económico através de aumento de renda disponível do país; Redução da dependência de mão-de-obra, do consumo de água por estes sistemas ser mais eficientes em comparação com métodos manuais. pode ser mais eficiente e económico a longo prazo. O projecto tem como objectivo, desenvolver um sistema de lavagem automática de veículos. O desenvolvimento deste projecto foi através de pesquisas bibliográficas e também sustentado por ideias de alguns projectos passados. Existem diferentes métodos de lavagem: lavagem a seco que é mais usada em concessionárias; lavagem a domicílio, em que o processo é convencional, normalmente sem nenhuma técnica específica. E, lavagem a vapor que é por meio de uso de alguns productos específicos; e também lavagem automática, que objectiva desenvolvimento tecnológico através da implementação de técnicas para otimizar custos de bens e serviço de lavagem. Sistemas de lavagem automática consistem de menor intervenção de homem, este é composto de secção de lavagem, passagem a limpo, e secagem através de pressão de ar. Deste trabalho, como resultado, espera-se demonstrar e entendimento do processo de lavagem automática, despertar interesse pela engenharia Electrónica aos participantes. Depois de estudos foi possível construir o protótipo físico do sistema que apresentou um desempenho bom.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante Benjamim Pedro Muchanga

Referência do tema _____ Data ___/___/____

Título do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem Automática de Veículos

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal(max: 20)					

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

Nome do estudante Benjamim Pedro Muchanga

Referência do tema _____ Data ___/___/___

Título do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem Automática de Veículos

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)					
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)					
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)					
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)					
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)					
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)					
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)					
Total de pontos (max: 35)					

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max: 35)

Nota (=Total*20/35)

FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante Benjamim Pedro Muchanga

Referência do tema _____ Data ___/___/___

Título do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem Automática de Veículos

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO(%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $= (N1 * A + N2 * B) / 100$	
---	--

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DO TEMA DO TL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE TRABALHO DE LICENCIATURA

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

04/04/2024

1. TÍTULO DO TEMA

Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem Automática de Veículos

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

2.1. Definição do Problema

Actualmente, o processo de lavagem de veículos, como uma forma de mantê-los higienizados tem contribuído bastante para manutenção de um ambiente limpo, livre de impurezas. O uso contínuo de objectos sujos, ou trabalhar em ambiente não limpo pode contribuir negativamente para a saúde das pessoas que vivem neste meio.

Ter um carro limpo e bem higienizado pode mudar totalmente maneira como o motorista quanto os passageiros vêem-no e aumentar a autoestima de quem conduz ou do dono. Viver num ambiente limpo, e estar rodeado de objectos limpos é uma forma de cuidar da saúde. A limpeza do veículo é fundamental porque a sujeira pode danificar a pintura, e comprometer a integridade do veículo, prejudicando a sua conservação.

O método convencional para a lavagem de veículos não tem mostrado segurança no que concerne a conservação da pintura do veículo, apesar deste por muitas vezes, tornar possível atingir todas superfícies do veículo. Nalguns casos, estragam se partes de carro por ter de subir para poder atingir superfícies

não fáceis devido a altura do carro ou mesmo do agente da limpeza. O que expõe o operador da limpeza a riscos de acidentes.

O tempo que se leva até ter um veículo limpo é consideravelmente longo, o que cria um descontentamento em clientes caso estejam com pressa, pois durante a espera o cliente pode ter uma emergência que não lhe permita ainda ter que ficar à espera do seu veículo terminar de ser lavado. Em vista disso, que tipo de tecnologia a projectar?

2.2. Relevância da pesquisa

O desenvolvimento de um sistema de lavagem automática pode contribuir numa forma positiva, sob diversas perspectivas:

- **Desenvolvimento económico:** Com a demanda de serviços de lavagem em veículos, pode ajudar no crescimento económico e aumento da renda disponível, através do pagamento de imposto;
- **Escassez de Mão de Obra:** A mão-de-obra para lavagem manual de veículos pode ser escassa ou cara, especialmente em áreas urbanas. Um sistema de lavagem automática reduz a dependência de mão-de-obra manual e pode ser mais eficiente e económico a longo prazo;
- **Eficiência e Economia de Água:** Em muitas regiões de Moçambique, a água é um recurso valioso e escasso. Sistemas de lavagem automática de veículos costumam ser mais eficientes no uso de água em comparação com métodos manuais.

Portanto, um projecto de sistema de lavagem automática de veículos pode ser altamente benéfico em termos de eficiência, economia, e desenvolvimento económico.

2.3. Objectivos

2.3.1. Objectivos Gerais

- Desenvolver um sistema de lavagem automática de veículos

2.3.2. Objectivos Específicos

- Estuda os sistemas de lavagem de veículos automóveis, seus passos e processos;
- Identificar componentes para um sistema de lavagem automático de carros;
- Conceber um sistema de lavagem automática de veículos e seus módulos de controle;
- Construir o protótipo de sistema de lavagem automática de veículos.

2.4. Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho obedecerá a duas fases essenciais, que consistirão em investigar formas de realizar o seguinte:

- Fase Conceptual:
 - Formulação do problema;
 - Revisão bibliográfica;
 - Levantamento de hipóteses de solução, incluindo possivelmente verificar e melhorar soluções e experiências obtidas em trabalhos de projectos anteriores;
 - Escolha e desenvolvimento da solução mais viável.
- Concepção do controlador:
 - Projecto e implementação do protótipo;
 - Programar o controlador em C++.

3. LOCAL DE REALIZAÇÃO

--

4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Eng ^a Roxan Cadir, Msc	
Da Instituição	DEEL, Faculdade de Engenharia	

5. DATAS CHAVE

Entrega do tema	04/04/2024	Previsão da conclusão	20/06/2024
-----------------	------------	-----------------------	------------

Maputo, _____ de _____ de 20_____

Chefe da Comissão Científica

Visto do chefe do departamento

Declaro que recebi o tema do Trabalho de Licenciatura na data acima indicada

Nome: _____

Assinatura: _____

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

10/02/2024

1. AGENDA:

Apresentação da proposta de tema de projecto da parte da estudante

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Eng ^a Roxan Cadir, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Benjamim Pedro Muchanga
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Nesta reunião trabalhou-se no sentido de objectivar e delimitar o tema principal (Desenvolvimento de um sistema de lavagem automática de veículos).

4. RECOMENDAÇÕES:

Conhecer sistemas de lavagem de veículos começar a investigar as ferramentas para o sistema de lavagem automático.

5. Observações

Da primeira proposta do tema observou-se não necessidade de integração do estacionamento automático de veículos após a lavagem.

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

28/02/2024

1. AGENDA:

Análise dos objectivos específicos do trabalho de licenciatura.

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Eng ^a Roxan Cadir, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Benjamim Pedro Muchanga
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Discussão da abordagem de tema de forma a ressaltar a sua relevância.

4. RECOMENDAÇÕES:

Tema deve ser submetido no início do semestre que se inicia. Investigar sobre as ferramentas de desenvolvimento do *software* e *hardware*

5. Observações

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

04/04/2024

1. AGENDA:

Apresentação da primeira versão de relatório do trabalho á Supervisora

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Eng ^a Roxan Cadir, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Benjamim Pedro Muchanga
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Nesta reunião trabalhou-se no sentido de avaliar o conteúdo do primeiro e segundo capítulo e a sua importância, podendo ser excluído aquilo que não for importante e correcção de erros gramaticais.

4. RECOMENDAÇÕES:

5. Observações

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:		DATA:	06/05/2024
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

Apresentação da segunda versão de relatório do trabalho á Supervisora

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Eng ^a Roxan Cadir, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Benjamim Pedro Muchanga
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Nesta reunião trabalhou-se no sentido de avaliar o conteúdo do segundo capítulo e terceiro capítulo. Auxiliar no diagrama de comunicação do *Hardware* e correcção de erros gramaticais.

4. RECOMENDAÇÕES:

Desenhar um diagrama com nomes de componentes em português

5. Observações

--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

--

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:		DATA:	20/06/2024
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

Apresentação da terceira versão de relatório do trabalho á Supervisora

2. PRESENCAS:

Supervisor	Eng ^a Roxan Cadir, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Benjamim Pedro Muchanga
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Nesta reunião trabalhou-se na análise e na avaliação o conteúdo do terceiro capítulo e orientar nalgumas funcionalidades do protótipo.

4. RECOMENDAÇÕES:

Instalar cancela na entrada da secção de lavagem

5. Observações

--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

--

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:		DATA:	08/09/2024
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

Apresentação do funcionamento do protótipo

2. PRESENCAS:

Supervisor	Eng ^a Roxan Cadir, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Benjamim Pedro Muchanga
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Nesta reunião apresentou-se o funcionamento do projecto no seu todo e orientou-se como deveria ser a discussão de resultados.

4. RECOMENDAÇÕES:

Fazer ensaios e comparaar com os métodos já existentes e comparar.

5. Observações

--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

--

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:		DATA:	24/09/2024
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

Apresentação dos resultados e conclusões

2. PRESENCAS:

Supervisor	Eng ^a Roxan Cadir, Msc
Co-Supervisor	
Estudante	Benjamim Pedro Muchanga
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Nesta reunião apresentou-se resultados e conclusões e os anexos.

4. RECOMENDAÇÕES:

5. Observações

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

EPÍGRAFE

*"Ontem, eu era inteligente, então queria mudar o mundo. Hoje,
sou sábio, então estou a mudar a mim mesmo" RUMI*

DEDICATÓRIA

A mim, minha mãe e meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde e resiliência para completar este ciclo.

Agradeço imensuravelmente à minha mãe, agradeço também a meus irmãos que foram sempre uma fonte de apoio, suporte e motivação.

Quero agradecer a minha supervisora Eng^a Roxan Cadir por ter aceite supervisionar o meu trabalho, que foi desde o início do trabalho uma boa orientadora, que sempre respeitou as ideias que tive sobre o projecto e me ajudou a organizá-las.

A todos os meus amigos, que contribuíram, com motivações e suporte, muito obrigado.

RESUMO

Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem Automática de Veículos

A higiene é uma das coisas muito importantes na nossa vida, a sua falta pode provocar a contaminação do ambiente, tornando o ambiente ariscado para saúde, podendo ser num carro. A higienização de dispositivos usados pelo homem eleva a sua autoestima, manter veículo higienizado, ajuda a conservar o seu valor de mercado. O processo de lavagem manual de carro é tido como uma tarefa difícil, podendo causar fadiga no operário. A lavagem automática é um sistema que consiste em dinamizar o processo de lavagem, otimizar os custos unitários. O desenvolvimento deste trabalho pode contribuir de uma forma positiva, sob diversas perspectivas: Desenvolvimento económico através de aumento de renda disponível do país; Redução da dependência de mão-de-obra, do consumo de água por estes sistemas ser mais eficientes em comparação com métodos manuais. pode ser mais eficiente e económico a longo prazo. O projecto tem como objectivo, desenvolver um sistema de lavagem automática de veículos. O desenvolvimento deste projecto foi através de pesquisas bibliográficas e também sustentado por ideias de alguns projectos passados. Existem diferentes métodos de lavagem: lavagem a seco que é mais usada em concessionárias; lavagem a domicílio, em que o processo é convencional, normalmente sem nenhuma técnica específica. E, lavagem a vapor que é por meio de uso de alguns produtos específicos; e também lavagem automática, que objectiva desenvolvimento tecnológico através da implementação de técnicas para otimizar custos de bens e serviço de lavagem. Sistemas de lavagem automática consistem de menor intervenção de homem, este é composto de secção de lavagem, passagem a limpo, e secagem através de pressão de ar. Deste trabalho, como resultado, espera-se demonstrar e entendimento do processo de lavagem automática, despertar interesse pela engenharia Electrónica aos participantes. Depois de estudos foi possível construir o protótipo físico do sistema que apresentou um desempenho bom.

Palavras Chaves: Higiene, Sistema, Lavagem automática, Secagem, Veículo.

ABSTRACT

Desenvolvimento de um Sistema de Lavagem Automática de Veículos

Hygiene is one of the most important things in our lives. If it is lacking, it can cause contamination of the environment, making it a health hazard. The sanitisation of devices used by humans raises their self-esteem, and keeping a vehicle sanitised helps to preserve its market value. The process of washing a car by hand is considered a difficult task and can cause labour fatigue. Automatic washing is a system that streamlines the washing process and optimises unit costs. The development of this work can make a positive contribution from several perspectives: Economic development through an increase in the country's disposable income; Reducing dependence on labour, water consumption because these systems are more efficient compared to manual methods. can be more efficient and economical in the long term. The aim of the project is to develop an automatic vehicle washing system. This project was developed through bibliographical research and also supported by ideas from past projects. There are different washing methods: dry washing, which is more commonly used in car dealerships; home washing, in which the process is conventional, usually without any specific technique. And steam washing, which it's done using some specific products; as well as automatic washing, which aims to develop technology by implementing techniques to optimise the cost of goods and the washing service. Automatic washing systems consist of less human intervention and are made up of a washing section, a cleaning section and air pressure drying. As a result of this work, it is hoped to demonstrate and understand the automatic washing process and to arouse interest in electronic engineering among the participants. After research, it was possible to build a physical prototype of the system, which performed well.

Keywords: Hygiene, System, Automatic washing, Drying, Vehicle.

Índice de Conteúdo

Índice	xxv
Lista de Figuras	xxvii
1 Introdução	1
1.1 Formulação do problema	2
1.2 Justificativa	2
1.3 Relevância	3
1.4 Objectivos	3
1.4.1 Objectivo Geral	3
1.4.2 Objectivos Específicos	4
1.5 Metodologia de desenvolvimento	4
1.5.1 Fase Conceptual	4
1.5.2 Concepção do controlador	4
1.6 Ferramentas utilizadas	4
1.7 Estrutura do trabalho	5
2 Revisão Teórica	6
2.1 Lavagem	6
2.1.1 Lavagem a seco	6
2.1.2 Lavagem a domicílio	8
2.1.3 Lavagem a vapor	9
2.1.3.1 Vantagens	9
2.2 Lavagem automática	12
2.2.1 Constituição de sistemas de lavagem automática de veículos	12
2.3 Automação	14
2.3.1 Esteira Transportadora ou Rolante	16

2.3.2	Sensores	16
2.4	Vazão	17
2.4.1	Circuitos digitais	18
2.4.2	Modulação por Largura de Pulso - <i>PWM</i>	19
3	Desenho e Implementação do Protótipo	21
3.1	Descrição técnica do hardware do projecto	21
3.2	Microcontrolador	21
3.2.1	Critérios de escolha de microcontrolador	22
3.2.2	Arduíno Mega 2560	23
3.3	Circuitos de controle	24
3.4	Motores DC	25
3.4.1	Bomba de água	25
3.4.2	Motor de Passo (<i>Stepper</i>)	27
3.4.3	Servo Motor	28
3.4.4	Motor <i>Brushless DC</i>	28
3.4.5	Controladores Electrónicos de Velocidade - <i>ESCs</i>	29
3.5	Circuito de Accionamento de Bomba de água e os motores <i>brushless DC</i>	31
3.5.1	Dimensionamento do divisor de tensão	31
3.6	Controle de nível de água	33
3.6.1	Condição de projecto do sistema de controle de nível da água	34
3.6.2	Princípio de funcionamento	36
3.7	Sensor de Obstáculo – Sensor Infravermelho	37
3.8	Ventilador de Refrigeração - <i>COOLING FAN 12V DC</i>	39
3.9	Modulos LCD (Liquid Crystal Display)	40
3.10	Dimensionamento da fonte de alimentação	41
3.11	Fluxograma do Software do Projecto	43
4	Testes e discussão de resultados	44
4.1	Características da Instalação	45
4.2	Motores das escovas - <i>Brushless DC Motors</i>	46
4.3	<i>FAN Cooler</i>	47
4.4	Motor de passo – esteira rolante	48
4.5	Sensor de obstáculo – IR	48

4.6	Potência consumida	49
4.7	Orçamento do projecto	49
5	Conclusões e Recomendações	51
5.1	Conclusão	51
	Referências Bibliográficas	53
	Anexos	56
1	Plano de Actividades	1
1.1	Diagrama de Gantt	1
2	Código	4
3	Esquemas eléctricos	12
4	Tabela de preços de serviço de lavagem de veículos	15
5	Inquérito	17

Lista de Figuras

2.1	Lavagem a seco. Fonte: http://repositorio.utfpr.edu.br/	8
2.2	Lavagem a domicílio. Fonte: Autor	9
2.3	Lavagem a vapor. Fonte: http://repositorio.utfpr.edu.br/	12
2.4	Lavagem automática. Fonte: https://www.esal-lda.com.pt/	13
2.5	Processo a ser controlado. Fonte:Dorph & Bishop, (2001)	15
2.6	Sistema de controle a malha aberta. Fonte:Dorph & Bishop, (2001)	15
2.7	Sistema de controle a malha fechada. Fonte:Dorph & Bishop, (2001)	15
2.8	Circuito digital e os níveis binários 0 ou 1. Fonte: TOCCI (2011)	19
2.9	PWM. Fonte: Gonzaga (2018)	20
3.1	Diagrama de comunicação entre microcontrolador e o Hardware. Fonte: autor	21
3.2	Arduino. Fonte: Autor	23
3.3	Módulo Relé de um canal. Fonte: https://alexnlid.com/	25
3.4	Bomba de água. Fonte: https://www.flipkart.com/	25
3.5	Motor de passo. Fonte: https://www.fruugo.qa/	27
3.6	Servo Motor. Fonte: https://circuitdigest.com/	28
3.7	Motor Brushless com rotor externo. Fonte: Teixeira, 2018	29
3.8	Controlador Electrónico de Velocidade. Fonte: www.filipeflop.com	30
3.9	Rotação dos Motores das escovas. Fonte: Autor	30
3.10	Divisor de tensão. Fonte: Autor	32
3.11	Divisor de tensão para acionamento da bomba de água com sabão e os motores brushless. Fonte: Autor	33
3.12	Esquema do Tanque de água. Fonte: Autor	34
3.13	Nível baixo. Fonte: Autor	35
3.14	Nível do meio. Fonte: Autor	36

3.15	Nível alto. Fonte: Autor	36
3.16	Circuito lógico de controle de nível de água. Fonte: Autor	37
3.17	Deteção com Sensor IR Fonte: https://newtechexperiments.com/	38
3.18	Sensor IR Fonte: https://www.instructables.com/	39
3.19	Ventilador refrigerador. Fonte: https://www.coolermaster.com/	40
3.20	Display LCD. Fonte: Autor	41
3.21	Fluxograma. Fonte: Autor	43
4.1	Protótipo. Fonte: Autor	46
4.2	Escovas. Fonte: Autor	47
4.3	Ventilação forçada. Fonte: Autor	48

Lista de Tabelas

3.1	Comparação de microcontroladores. Fonte: Autor	22
3.2	Principais características do Arduíno Mega 2560. Fonte: FERNANDES, 2015	24
3.3	Tabela de verdade de controle lógico de nível de água. Fonte: Autor	35
3.4	Levantamento de cargas de 5V. Fonte: Autor	42
3.5	Levantamento de cargas de 12V. Fonte: Autor	42
4.1	Comparação de lavagem automática e convencional. Fonte: Autor	44
4.2	Potência consumida entre as cargas. Fonte: Autor	49
4.3	Custo dos componentes do projecto. Fonte: Autor	50

Lista de Acrónimos

AC Alternating Current

CFTV Circuito Fechado de Televisão

CI Circuito Integrado

CNC Controle Numérico Computadorizado

CPU Central Processing Unit

DC Direct Current

EEPROM Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

ESC Electronic Speed Controller

GND Ground

HVAC Heating, Ventilation, and Air Condition

IR Infrared

LED Light Emitting Diode

LCD Liquid Crystal Display

NA Normalmente Aberto

NF Normalmente Fechado

PWM Pulse Width Modulation

RFID Radio-Frequency Identification

S Sinal

SRAM Static Random Access Memory

UV Ultravioleta

USB Universal Serial Bus

V_{in} Input Voltage

V_{out} Output Voltage

V_{AC} Alternating Current Voltage

V_{CC} Tensão de Corrente Contínua

V_{DC} Direct Current Voltage

Capítulo 1

Introdução

Nos dias de hoje a lavagem de carros é caracterizado por ser um processo maioritariamente manual na qual o recurso humano é visto como o centro do processo, responsável pela recepção da marcação de serviços, selecção e medição dos recursos necessários para uma lavagem. Nesta óptica podem se notar diversas falhas nesse sistema desde as marcações de serviços até a padronização dos recursos necessários para uma lavagem daí tornar-se oportuno a existência de um meio, por exemplo sob forma de um sistema automático de lavagem de carro que possa possibilitar o uso eficiente dos recursos disponíveis.

Na automação industrial, o principal objectivo é a obtenção dum processo produtivo eficiente e com mínimos custos possíveis de produção. A lavagem automática é feita por mecanismos autónomos, ela refere-se a um processo de limpeza que é executado por mecanismo autónomo ou dispositivos automatizados, ao contrário da limpeza manual, que é realizada por seres humanos. Comumente é usada em várias aplicações, na lavagem de roupas como na limpeza de veículos e a limpeza industrial.

Lavagem automática de veículos é um serviço comum em postos de gasolina e instalações de lavagem onde veículos são conduzidos por uma pista ou túnel, as escovas, os jactos de água e produtos químicos são automaticamente aplicados para limpar o carro. Segundo Silva (2022, p.1), a higienização do carro é algo necessário e essencial e quando pensamos em lavá-lo, a primeira ideia que vem em mente são os “lava rápido que estão distribuídos em vários sítios e que têm um baixo custo. Porém, para quem quer cuidar do carro e mantê-lo com a aparência de novo por mais tempo, é importante perceber que esta não é a melhor opção”.

O trabalho apresentado tem como objectivo desenvolver um sistema de lavagem automática de veículos com vista a responder a necessidade nos dias de hoje no que concerne ao processo actual de lavagem de carros.

1.1 Formulação do problema

Actualmente, o processo de lavagem de veículos tem contribuído bastante para manutenção de um ambiente limpo, livre de impurezas. O uso contínuo de objectos sujos, ou trabalhar em ambiente não limpo pode contribuir negativamente para a saúde das pessoas que vivem neste meio. Ter um carro limpo e bem higienizado pode mudar totalmente a forma como o motorista e os passageiros vêem-no e aumentar a autoestima de quem conduz ou do dono. Viver num ambiente limpo, e estar rodeado de objectos limpos é uma forma de cuidar da saúde. A limpeza do veículo é fundamental porque a sujeira pode danificar a pintura, e comprometer a integridade do veículo, prejudicando a sua conservação.

O método convencional para a lavagem de veículos não tem mostrado segurança no que concerne a conservação da pintura do veículo, apesar deste por muitas vezes, tornar possível atingir todas superfícies do veículo. Nalguns casos, estragam-se partes de carro pois os agentes de limpeza têm de subir na viatura para poder atingir superfícies não fáceis devido a altura do carro ou do mesmo agente. O que expõe o operador da limpeza a riscos de acidentes.

O tempo que se leva até ter um veículo limpo é consideravelmente longo, o que cria um descontentamento em clientes caso estejam com pressa, pois durante a espera o cliente pode ter uma emergência que não lhe permita ainda ter que ficar à espera do seu veículo terminar de ser lavado. Em vista disso, que tipo de tecnologia deve-se projectar?

1.2 Justificativa

O método actual usado em Moçambique para a lavagem de veículos não apresenta segurança no que concerne a conservação da pintura do veículo, por muitas vezes, não é possível atingir algumas superfícies com a lavagem manual. Nalguns casos, estragam-se partes de carro por ter de subir para poder atingir superfícies não fáceis devido a

altura do carro ou mesmo do agente da limpeza. O que expõe o agente da limpeza a riscos de acidentes. Isso resulta na insatisfação do consumidor do serviço de lavagem. A implementação do sistema de lavagem automática de veículos pode preencher algumas lacunas relacionadas com a segurança e também como ajudar no desenvolvimento sócio-económico do país.

1.3 Relevância

O desenvolvimento de um sistema de lavagem automática pode contribuir de uma forma positiva, sob diversas perspectivas:

- **Desenvolvimento económico:** Com a demanda de serviços de lavagem em veículos, pode ajudar no crescimento económico e aumento da renda disponível, através do pagamento de imposto;
- **Escassez de mão-de-obra:** A mão-de-obra para lavagem manual de veículos pode ser escassa ou cara, especialmente em áreas urbanas. Um sistema de lavagem automática reduz a dependência de mão-de-obra manual e pode ser mais eficiente e económico a longo prazo;
- **Eficiência e economia de água:** Em muitas regiões de Moçambique, a água é um recurso valioso e escasso. Sistemas de lavagem automática de veículos costumam ser mais eficientes no uso de água em comparação com métodos manuais.

Portanto, um projecto de sistema de lavagem automática de veículos pode ser altamente benéfico em termos de eficiência, economia, e desenvolvimento económico.

1.4 Objectivos

1.4.1 Objectivo Geral

1. Desenvolver um sistema de lavagem automática de veículos.

1.4.2 Objectivos Específicos

1. Estudar os sistemas de lavagem de veículos automóveis, seus passos e processos;
2. Identificar componentes para um sistema de lavagem automático de carros;
3. Conceber um sistema de lavagem automática de veículos e seus módulos de controle;
4. Construir o protótipo de sistema de lavagem automática de veículos;

1.5 Metodologia de desenvolvimento

O desenvolvimento deste trabalho obedecerá a duas fases essenciais, que consistirão em investigar formas de realizar o seguinte:

1.5.1 Fase Conceptual

- i) Formulação do problema;
- ii) Revisão bibliográfica;
- iii) Levantamento de hipóteses de solução, incluindo possivelmente verificar e melhorar soluções e experiências obtidas em trabalhos de projectos anteriores;
- iv) Escolha e desenvolvimento da solução mais viável.

1.5.2 Concepção do controlador

- i) Projecto e implementação do protótipo;
- ii) Programar o controlador em C++.

1.6 Ferramentas utilizadas

As ferramentas usadas para a elaboração do projecto:

1. **Proteus Design Suit**: usado para desenho do esquema eléctrico e simulação de projectos electrónicos;

2. ***Livewire Demonstration***: usado para desenho e simulação de circuitos digitais;
3. ***Multisim***: usado para a simulação de projectos electrónicos;
4. ***Arduíno IDE***: usado para escrever e fazer upload de programas no microcontrolador;
5. ***Dia***: usado para criação dos diagramas;

1.7 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos de desenvolvimento do texto apresentados a seguir:

- **CAPÍTULO 1** – Nesse capítulo é apresentada a formulação, os objectivos, as justificativas, relevância e metodologias que foram levantadas para a investigação;
- **CAPÍTULO 2** – Este é o capítulo da fundamentação teórica, onde os conceitos relevantes que fizeram parte da pesquisa são detalhados;
- **CAPÍTULO 3** – Neste capítulo, a proposta de solução e sua implementação é descrita e discutida;
- **CAPÍTULO 4** – Os ensaios e resultados obtidos são apresentados e discutidos aqui;
- **CAPÍTULO 5** – Apresentação sintética dos resultados da pesquisa e das soluções.

Capítulo 2

Revisão Teórica

2.1 Lavagem

Entende-se por lavagem todo processo que consiste na eliminação de impurezas de algo pela passagem do mesmo por uma etapa purificadora. Entende-se, também, como acto de banhar ou irrigar com um líquido, visando limpar o que está sujo ou retirar substâncias estranhas. Várias são as formas de lavagem de veículos existentes na actualidade, as quais podem destacar:

1. Lavagem a seco;
2. Lavagem a domicílio;
3. Lavagem a vapor;
4. Lavagem automática;

2.1.1 Lavagem a seco

A lavagem a seco surgiu na década de 90 com a criação por parte do químico Lúcio Pereira com uso de um produto químico não tóxico e não corrosivo capaz de remover a sujeira sem ou com pouco uso de água. O sistema consiste na aplicação do produto sobre o veículo, o qual agirá soltando e envolvendo as partículas de sujeira. A cera contida no produto garantirá que as partículas não provoquem riscos na pintura. (Filho, 2015)

A lavagem a seco tem como maior vantagem a economia de água. Se com as máquinas de alta pressão, na lavagem convencional, já é possível diminuir a quantidade, com a

lavagem a seco é quase zero. Tanto que é possível lavar um carro com menos de 100ml de água. Também é importante a utilização de materiais não tóxicos e biodegradáveis, onde a quantidade de produtos que toca o piso seja mínima.

Na verdade, a maior desvantagem da lavagem a seco é um trabalho mal feito, uma vez que é um serviço que pode ser prestado com facilidade, onde o cliente estiver. É um serviço que precisa de poucos equipamentos e recursos para ser executado.

Pela sua vantagem, hoje a lavagem a seco é a mais realizada por colecionadores e em exposições. Isso porque os produtos utilizados valorizam cada parte do carro e eliminam a poeira, deixando o veículo sempre com aspecto de carro novo.

Vantagens

1. Limpeza mais eficaz;
2. O brilho pós lavagem;
3. Uma vez que os produtos contêm uma porção de cera em sua composição deixando uma camada protectora no veículo;
4. A grande economia de água pois, para ser realizada, utiliza apenas um copo de água.

Riscos da lavagem a seco

As vantagens da lavagem a seco são inúmeras, mas os riscos de um serviço mal feito são grandes. Os 3 principais riscos:

- **Prejudicar a lataria:** Usar esponjas ou panos de algodão para aplicar os produtos, e outros materiais que não foram feitos para a lavagem a seco aumentam a probabilidade de riscar o carro;
- **Manchar a pintura:** Ao utilizar os produtos de forma errada, deixando resíduos de shampoo automotivo na lataria, nos vidros e estofados;
- **Degradação da parte interna:** A lavagem a seco é feita com produtos à base de soda cáustica, que quando mal manejados, podem desbotar plásticos pretos do carro.

A lavagem a seco só não é recomendada quando o carro está com muita sujeira de barro e/ou areia, porque contém pequenos cristais que terão mais dificuldade em descolar do veículo.



Figura 2.1: Lavagem a seco. Fonte: <http://repositorio.utfpr.edu.br/>

2.1.2 Lavagem a domicílio

Segundo Filho (2015), a lavagem a domicílio consiste no método convencional de lavagem de veículos com a utilização de água e produtos específicos, porém o proprietário não necessita ir até os postos de lavagem, o serviço é executado em sua própria residência. A lavagem convencional de veículos é um processo de limpeza no qual os veículos são lavados por pessoas usando suas mãos, esponjas, escovas, panos e produtos de limpeza específicos. Este método é amplamente utilizado em postos de lavagem de carros, garagens de casa e por entusiastas de carros que preferem cuidar de seus veículos pessoalmente.



Figura 2.2: Lavagem a domicílio. Fonte: Autor

2.1.3 Lavagem a vapor

A lavagem a vapor é executada com o auxílio de uma máquina, a qual utiliza cerca de 5 litros de água para a lavagem de um carro de porte médio. Esta dispara o vapor de água a uma temperatura de 150° C, o que elimina vários tipos de sujeira. Um pano de microfibra auxilia na limpeza. (Filho, 2015)

Uma das aplicações mais comuns da limpeza a vapor é nos serviços de Lavagem de Estética Automotiva. O uso de uma máquina de lavar carros a vapor possibilita vantagens, como a eficiência no serviço, qualidade final do trabalho e economia em diversas frentes.

2.1.3.1 Vantagens

1. **Temperatura e Pressão:** este é o segredo da eficiência da limpeza a vapor que uma combinação de temperatura e pressão, possibilitando uma qualidade única de limpeza proporcionada pela máquina de lavar carro a vapor. A alta temperatura, entre 130°C e 180°C, consegue eliminar 99.9% dos microrganismos como vírus, germes, fungos e outros malefícios invisíveis ao olho, mas que prejudicam a saúde. Já a pressão oferece grande densidade para a lavagem, atingindo camadas muito além das superficiais, especialmente com o auxílio de um tornador. As máquinas de

lavagem a vapor de veículos desprendem até as sujeiras mais difíceis de qualquer superfície. Tanto as limpezas internas quanto externas dos veículos podem ser realizadas utilizando a limpeza a vapor. É possível fazer esta forma de limpeza nas seguintes peças, Lataria, Vidros, Pneus, Caixa de roda, Bancos estofados, Bancos de couro, Teto, Carpetes, Borrachas, Plásticos, Paineis, Motor.

2. **Limpeza 100% com desgaste Zero da lataria, peça ou componentes:** A limpeza a vapor não agride a superfície do automóvel, pois, não existe a reação química de produtos utilizados em outras formas de lavagens. A água em forma de vapor da máquina de lavar carros age directamente na sujeira, fazendo com que ela se desprenda da superfície, e assim possa ser removida facilmente apenas com a ajuda de um pano de microfibra seco.
3. **Resultado detalhado:** Além do vapor atingir apenas a sujeira, este método de lavagem proporciona um brilho extra, uma cor mais viva e, ainda, destaca as curvas e contrastes da superfície do automóvel. O resultado da estética automotiva, é visivelmente superior a dos outros tipos de limpeza. Esse efeito ocorre, inclusive, em peças metálicas, que recebem um brilho superior e uma aparência de que foram polidas.
4. **Agilidade no tempo de lavagem:** O uso da máquina de lavar carros a vapor também traz benefício na redução do tempo de lavagem de cada automóvel. Com elas, o processo se torna mais ágil. Por exemplo, em um carro de médio porte são gastos apenas 20 minutos para a realização da limpeza externa.
5. **Secagem rápida:** Uma preocupação recorrente sobre a limpeza de carros é com o tempo de secagem. Com a máquina de lavar carro a vapor, o estofado apenas umedece durante a aplicação.
6. **Economia de água:** Utilizando a máquina de lavar carros a vapor também contribui para minimizar os efeitos da crise hídrica. Afinal, enquanto uma lavagem convencional pode gastar entre 200 e 300 litros de água, a máquina de lavar carros a vapor consome apenas 5 litros para a limpeza de um carro de médio porte.
7. **Vapor não gera efluentes:** O investimento na construção de um sistema de tratamento de água e de resíduos para um sistema de lavagem de carros é dispensado

com o uso da máquina de lavar carros a vapor. Isso porque o vapor reduz drasticamente a produção de resíduos e efluentes resultantes da lavagem.

8. **O vapor praticamente elimina o uso de produtos químicos de limpeza:** Existem literalmente centenas de modelos de painéis e estofados de automóveis. Os materiais utilizados em suas fabricações são muito variados. Atualmente a grande maioria dos painéis é de algum material plástico, mas existem partes de borracha, variações de metal, aço e madeira, entre outros. Alguns são completamente foscos, outros polidos. Em relação aos estofados, a realidade se repete. Basicamente podem ser de couro ou de tecido, mas é difícil determinar exatamente a sua composição. Este facto demonstra a dificuldade em escolher produtos químicos de limpeza que funcionem para todos os tipos de automóveis. Um produto pode funcionar muito bem em um tipo de painel ou estofado, mas danificar completamente outro. Como a lavagem a vapor não faz uso de produtos químicos, se consegue obter um resultado fantástico apenas com o poder do vapor e um pano para remoção dos resíduos. Ou seja, com a máquina de lavar carros a vapor, é possível economizar e ainda trazer mais eficiência e qualidade para o resultado final.

9. **Custo x Benefício:** O investimento para a aquisição de uma máquina de lavar carros a vapor é significativo. O custo, porém, é facilmente superado pelos benefícios, desenvolvido com alta tecnologia. Oferece as seguintes características:

- i) Economia de recursos hídricos;
- ii) Economia com produtos de limpeza;
- iii) Fácil operação;
- iv) Versatilidade de aplicações;
- v) Manutenção facilitada;
- vi) Treinamento qualificado;
- vii) Rapidez, segurança e desempenho.



Figura 2.3: Lavagem a vapor. Fonte: <http://repositorio.utfpr.edu.br/>

2.2 Lavagem automática

A lavagem automática refere-se a um processo de limpeza realizado automaticamente, por máquinas ou equipamentos especializados. Este termo é comumente associado a lavagem de carros, onde um sistema automatizado é utilizado para aplicar água, sabão e outros produtos de limpeza, e então enxaguar e secar o veículo sem a necessidade de intervenção humana directa.

Estes sistemas podem variar em complexidade, desde simples escovas rotativas até sistemas mais avançados que utilizam jatos de água de alta pressão e produtos químicos especiais para remover sujeira e manchas.

Além de economizar tempo e esforço para os proprietários de veículos, as lavagens automáticas também podem ser mais eficientes em termos de uso de água, uma vez que muitos sistemas são projetados para reciclar e reutilizar a água durante o processo de lavagem. No entanto, é importante observar que nem todas as lavagens automáticas são iguais, e a qualidade do resultado final pode variar dependendo do tipo de equipamento utilizado e da manutenção adequada do sistema.

2.2.1 Constituição de sistemas de lavagem automática de veículos

Os sistemas de lavagem automática de veículos robustos são compostos de:



Figura 2.4: Lavagem automática. Fonte: <https://www.esal-lda.com.pt/>

1. **Esteira transportadora ou Esteira Rolante** – dispositivo criado para mover os veículos para diferentes secções de lavagem, lentamente.
2. **Sistema de lavagem** – o sistema de lavagem é constituído de escovas ou pinéis rotativos que são usados para esfregar suavemente a superfície do veículo e remover as impurezas. Essas escovas podem ser de diferentes tipos e podem ser ajustadas para se adequar ao tamanho e formato do veículo. Este sistema é composto também do sistema de aplicação de sabão ou detergente e sistema de enxague que serve para remover completamente os resíduos de sabão e impurezas soltas.
3. **Sistema de ventilação forçada** – este sistema é constituído de secadores de ar ou ventiladores de alta potência que são usados para finalizar o processo de lavagem, Isso ajuda a evitar manchas de água e proporciona um acabamento mais uniforme.
4. **Reservatório de água** – Para garantir acesso de água mesmo quando a fonte de abastecimento parar, pois o fornecimento de água não pode impedir a continuidade do processo.
5. **Sistema de auto-escorvamento** – este sistema é constituído de bombas auto-escorvantes que são dispositivos de bombeamento que possuem a capacidade de escorvar automaticamente, ou seja, eliminar o ar presente no interior da bomba e nos tubos de sucção. Isso permite que a bomba comece a transferir líquidos rapidamente e sem a necessidade de intervenção manual.

6. **Sistemas de Controle e Automação** – todos esses componentes são controlados por um sistema de controle centralizado, que coordena o movimento do veículo, a aplicação de produtos, o fluxo de água e o funcionamento dos dispositivos de secagem. Este sistema pode ser completamente automatizado ou pode exigir a supervisão de um operador.

2.3 Automação

A automação é a criação e aplicação de tecnologias para produzir e entregar bens e serviços com a mínima intervenção humana. A implementação de tecnologias, técnicas e processos de automação melhoram a eficiência, fiabilidade e/ou rapidez de muitas tarefas que foram anteriormente realizadas apenas pelos seres humanos.

Um sistema de automação (vide Figura 2.5) contém como principais elementos, a entrada, o processo e a saída. Ogata(2010), define que processo é toda a operação a ser controlada. Controlar significa medir o valor da variável controlada do sistema e aplicar o sinal de controle ao sistema para corrigir ou limitar os desvios do valor medido a partir de um valor desejado. Nesta operação a grandeza ou a condição que é medida e controlada é denominada sinal de controle.

A relação de entrada-saída representa uma relação de causa e efeito do processo, que por sua vez, representa um processamento de um sinal de entrada para fornecer um sinal de saída variável, quase sempre com uma amplificação de potência. Um sistema de malha aberta utiliza um controlador ou atuador de controle para obter a resposta desejada, como mostrado na Figura 2.6. Ao contrário desta, um sistema de malha fechada utiliza uma medida adicional da saída real para comparar a saída real com a resposta desejada. A medida de saída é denominada saída de retroação. Um sistema de controle com retroação simples é mostrado na Figura 2.7.

Um sistema de controle com retroação é um sistema que tende a manter uma relação pré-estabelecida entre uma variável de sistema e outra, comparando funções destas variáveis e usando a diferença como meio de controle.

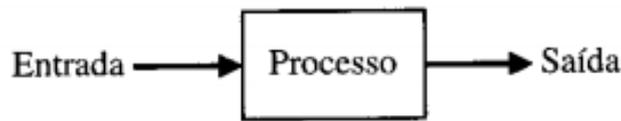


Figura 2.5: Processo a ser controlado. Fonte:Dorph & Bishop, (2001)

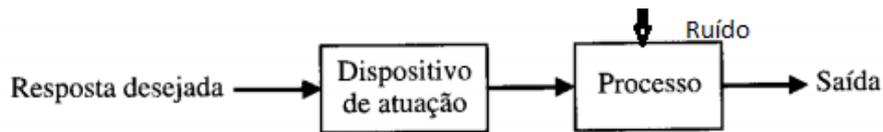


Figura 2.6: Sistema de controle a malha aberta. Fonte:Dorph & Bishop, (2001)

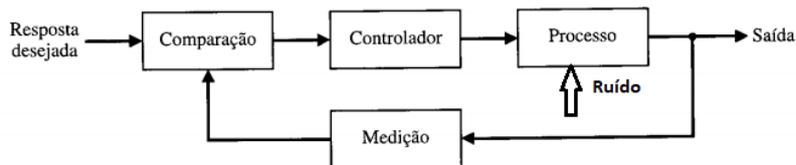


Figura 2.7: Sistema de controle a malha fechada. Fonte:Dorph & Bishop, (2001)

Ramos da Automação

A automação é muito vasta, e é aplicada em diversos e múltiplos sectores como a fabricação, transportes, serviços públicos, defesa, instalações, operações e, ultimamente, tecnologias da informação. Esses sectores são divididos pelas suas características particulares, dos quais são apresentados alguns dos principais ramos.

Automação Industrial

Automação industrial é definida como a utilização de máquinas electromecânicas, *softwares* e equipamentos específicos para automatizar processos industriais. Possui como objectivo aumentar a eficiência dos processos, maximizar a produção com o menor consumo de energia, menor emissão de resíduos e melhores condições de segurança, seja do material, humana ou de informações. [Gupta, 2016].

Automação Comercial

Ramo da automação onde ocorre a aplicação de técnicas específicas na optimização de processos comerciais, geralmente utilizando-se mais software do que hardware e máquinas. Como exemplo: sistemas de controle de stocks, contas a pagar e receber, folha de pagamentos, identificação de mercadorias por códigos de barras ou por rádio frequência [Identificação por rádio frequência (RFID - *Radio-Frequency Identification*)], etc. [Silveira, 2009].

Automação Residencial

Aplicação das técnicas de automação para melhoria no conforto e segurança de residências e conjuntos habitacionais, tais como: controle de acesso por biometria, porteiro e portões automáticos, Circuito Fechado de Televisão (CFTV), controle de luminosidade de ambientes, controle de humidade, temperatura e ar condicionado (HVAC - *Heating, Ventilation, and Air Condition*), etc.

2.3.1 Esteira Transportadora ou Rolante

Esteiras rolantes estão cada vez mais incluídas no nosso dia a dia, como nos terminais de aeroportos, terminais de carga, terminais rodoviários, linhas de produção, facilitando o deslocamento de usuários em supermercados onde a garagem é projectada em pavimentos inferiores ao piso do estabelecimento, a esteira rolante é a candidata ideal para viabilizar o transporte do carrinho de compras até o estacionamento onde se encontra o automóvel do cliente.

2.3.2 Sensores

Sensor é a designação de dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada como: temperatura, pressão, corrente, aceleração, posição, etc. Na electrónica, um sensor é conhecido como qualquer componente ou circuito electrónico que permita a análise de uma determinada condição do ambiente, podendo ela ser algo simples como temperatura ou luminosidade; uma medida um pouco mais complexa como a rotação de um motor ou a distância de um carro até algum obstáculo próximo. (TOMAZINI & ALBUQUERQUE, 2005).

Apesar de ser imensa a variedade de sensores electrónicos, podemos dividi-los basicamente em dois tipos: sensores analógicos e sensores digitais. Essa divisão é feita de acordo com a forma a qual o componente responde à variação da condição. Os sensores analógicos são os dispositivos mais comuns. Tais sensores são assim designados, pois se baseiam em sinais analógicos. Sinais analógicos são aqueles que, mesmo limitados entre dois valores de tensão, podem assumir infinitos valores intermediários. Isso significa que, pelo menos teoricamente, para cada nível da condição medida, haverá um nível de tensão correspondente. (SUZUKI, 2023).

Já os sensores digitais baseiam-se em níveis de tensão bem definidos. Tais níveis de tensão podem ser descritos como: Alto (*High*)/ Baixo (*Low*), ou simplesmente 1/0, ou seja, esses sensores utilizam lógica binária, que é a base do funcionamento dos sistemas digitais. Ao contrário de um sensor analógico, onde os valores possíveis são teoricamente infinitos, um sensor digital poderá apenas alternar entre certos estados bem definidos, não sendo possível haver um valor intermediário entre eles. (SUZUKI, 2023).

Os dados gerados pelos sensores são gerenciados pelo controlador directamente e são utilizados para definir o maneiio adequado. Existem hoje no mercado diversos sensores de tipos. Porém a escolha dos sensores depende de uma série de factores. Cada projecto tem as suas especificações, necessidades e limitações, ou seja, a necessidade de cada projecto vai determinar o tipo de sensor necessário ao sistema.

2.4 Vazão

É definida como sendo a quantidade volumétrica ou mássica de um fluido que passa através de uma secção de uma tubulação (ou canal) por unidade de tempo.

Vazão Volumétrica - é definida como sendo a quantidade em **volume (V)** de um fluido que atravessa a secção de uma tubulação em um intervalo de **tempo (t)**.

$$Q_V = \frac{V}{t} \quad (2.1)$$

A vazão volumétrica também pode ser obtida pelo resultado da multiplicação da área seccional pela média da velocidade do fluido.

$$Q_V = A * v \quad (2.2)$$

Onde:

A - área

v - velocidade

Equação da continuidade

A equação da continuidade fornece a relação entre a velocidade e a vazão instantânea de um fluido incompressível.

$$Q_V = A_1 * v_1 = A_2 * v_2 \quad (2.3)$$

Q_V = vazão volumétrica

A = área

v = velocidade (m/s)

Para um tubo cilíndrico pode se usar a equação abaixo.

$$d_1 * v_1 = d_2 * v_2 \quad (2.4)$$

d_1 - diâmetro da secção 1

d_2 - diâmetro da secção 2

Quando a área da tubulação varia de A_1 para A_2 , a velocidade do fluido também se altera de v_1 para v_2 .

2.4.1 Circuitos digitais

Segundo Tocci (2011), circuitos digitais são dispositivos projectados para produzir tensões de saída entre as faixas $V_{CC} - V_{OH}$ e $V_{OL} - GND$, para os níveis 1 e 0, respectivamente. Também são dispositivos projectados para responder a tensões de entrada entre as faixas $V_{CC} - V_{IH}$ e $V_{OL} - GND$ para os níveis 1 e 0, respectivamente.

Para Tocci (2011), o modo como cada circuito digital interage a uma entrada é denominado lógica do circuito, ou seja, cada circuito segue regras determinadas pelas suas funções lógicas (ou portas lógicas) implementadas internamente.

A figura 2.8 representa um circuito digital cuja entrada V_{in} produz uma saída V_{out} . Tanto o sinal na entrada quanto a resposta na saída podem ser representados pelas formas de onda ao lado. Dentro desse circuito existem funções lógicas, que podem representar dois estados, somente: ligado ou desligado; 0 ou 1; aberto ou fechado; ou seja, tanto na entrada quanto na saída desses blocos lógicos são permitidos somente esses valores.

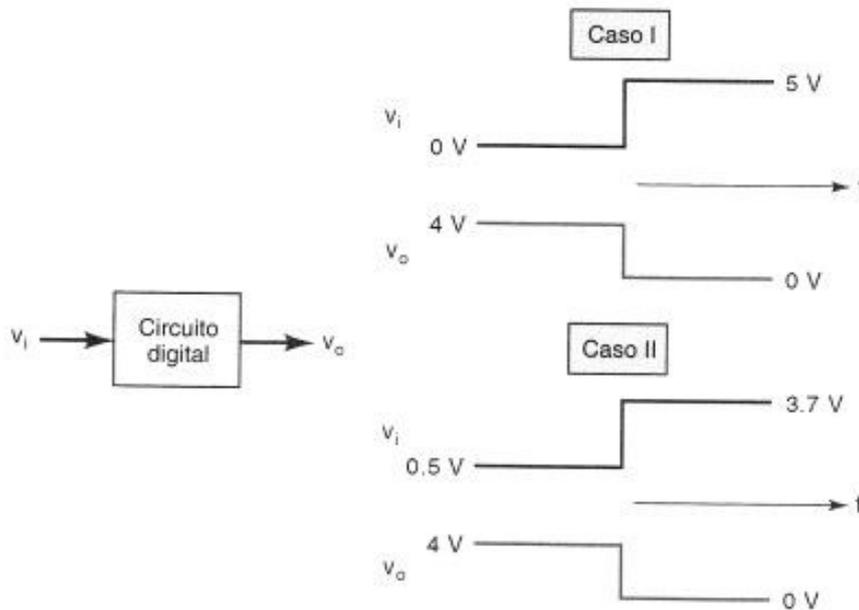


Figura 2.8: Circuito digital e os níveis binários 0 ou 1. Fonte: TOCCI (2011)

2.4.2 Modulação por Largura de Pulso - *PWM*

Segundo Boglietti (1993), *PWM* - Pulse Width Modulation, na tradução para o português é a modulação por largura de pulsos, é uma técnica de modulação digital que utiliza de pulsos para gerar um nível de tensão média. As duas aplicações mais comuns da técnica é entregar valores variáveis de tensão à carga ou até mesmo modular um sinal através de uma portadora, uma onda quadrada, isto baseado no seu *duty-cycle*, que é a proporção em que a onda fica em nível alto em relação ao tempo total.

O *PWM* se utiliza da técnica de sistemas digitais para se ter uma variação de valor médio em uma onda periódica. Isto permite manter uma onda periódica quadrada fixa, podendo causar variações no tempo em que o sinal ficará no nível lógico alto. Chamamos este tempo de *Duty-Cycle*, ou ciclo ativo em forma de onda. Observando as formas de onda, analisamos que uma frequência em forma de onda, o seu valor é igual e varia com o

Duty-Cycle em forma de onda. Na figura 2.9 pode-se analisar as formas de onda do *Duty-Cycle*.

As duas aplicações mais comuns desta técnica é entregar valores variáveis de tensão à carga ou até mesmo modular um sinal através de uma portadora, uma onda quadrada, isto baseado no seu *duty-cycle*, que é a proporção em que a onda fica em nível alto em relação ao tempo total.

Com o advento dos dispositivos baseados em silício, conhecidos como semicondutores, o PWM vem se tornando uma técnica muito utilizada em dispositivos de electrónica de potência. Pela modulação é possível obter controle da frequência, tensão e posição angular dos fasores de tensão nas cargas. (SOARES,2012).

O *Duty Cycle* inicia-se com 0%, e o valor médio de saída encontra-se com 0V, porém quando um *Duty Cycle* está completo com 100%, a saída entende que esteja em seu valor máximo, que é de 5V. Para que o *Duty Cycle* de a metade do valor a sua saída assumirá 50% deste valor da tensão, o equivalente a 2.5V e realizando esse ciclo para cada variação do *Duty Cycle*. Para se calcular o valor de uma tensão de saída de um sinal *PWM*, podemos utilizar a seguinte equação:

$$V_{out} = \frac{DutyCycle}{100} * V_{cc} \quad (2.5)$$

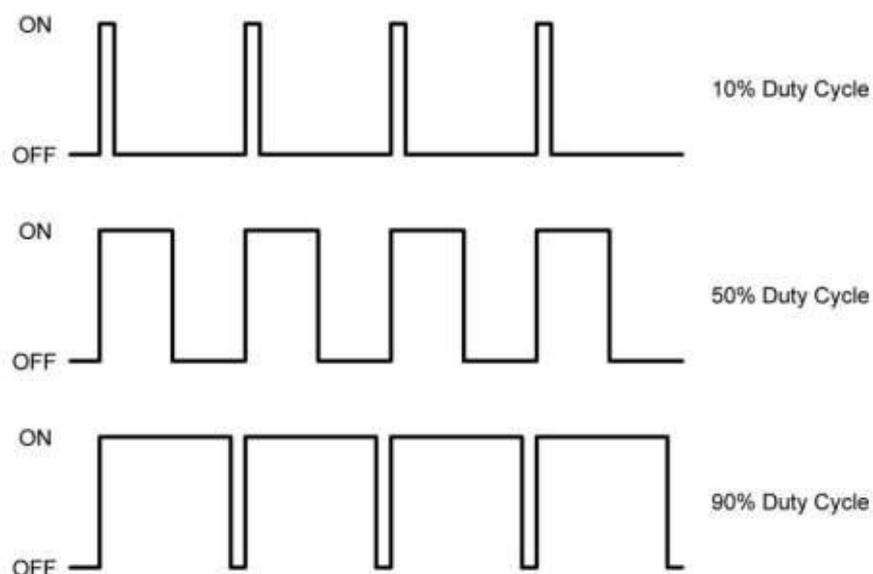


Figura 2.9: PWM. Fonte: Gonzaga (2018)

Capítulo 3

Desenho e Implementação do Protótipo

3.1 Descrição técnica do hardware do projecto

Ao longo deste capítulo serão abordados todos os pormenores relativos á implementação do sistema de lavagem automática de veículos, no que diz respeito aos elementos de hardware a serem identificados e a comunicação entre eles.

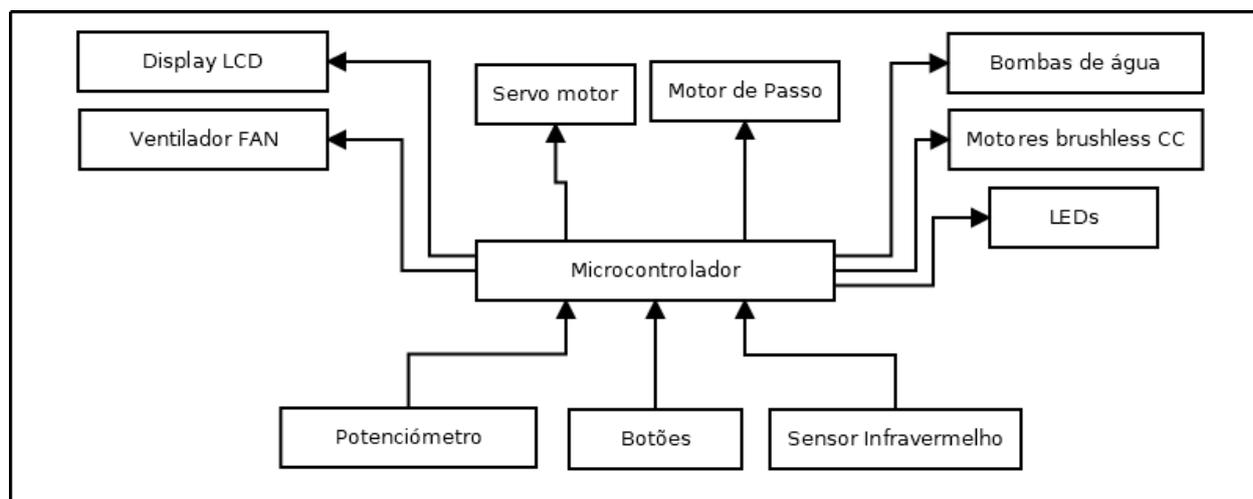


Figura 3.1: Diagrama de comunicação entre microcontrolador e o Hardware. Fonte: autor

3.2 Microcontrolador

O microcontrolador consiste em um CI que contém um microprocessador embutido juntamente com periféricos dentro de um único encapsulamento. Estes periféricos são memórias *EEPROM*, *Flash*, *SRAM*, temporizadores, comparadores, conversores e muito mais.

Este é o principal elemento do sistema de gestão de energia eléctrica desenvolvido, visto que é responsável pela integração de todos dispositivos nesse sistema.

3.2.1 Critérios de escolha de microcontrolador

Para a escolha de um microcontrolador para este projecto, foram usados os seguintes critérios:

1. Arquitectura de processamento – *CPU*;
2. Consumo de energia;
3. Periféricos;
4. Desempenho e capacidade de armazenamento;
5. Linguagem de programação.

Face aos critérios usados foram seleccionados quatro microcontroladores, como mostra a tabela 3.1, onde foi escolhido o microcontrolador *Arduino Mega 2560* pelo seu elevado número de portas digitais e analógicas. .

Tabela 3.1: Comparação de microcontroladores. Fonte: Autor

	Arduino Uno	Arduino Nano	ESP32	Arduino Mega 2560
Corrente máxima (mA)	40	40	220	40
Memória SRAM	2KB	2KB	520KB	8KB
Memória FLASH	32KB	16KB	2MB – 64MB	256KB
Arquitectura	Atmel AVR - 8bit - Harvard	Atmel AVR - 8bit - Harvard	Tensilica X tensa LX6 32bit Dual- core	Atmel Atmega2560 8bits
Portas digitais	14	14	14	54
Portas analógicas	6	8	2	16
Conexão	USB	USB Mini-B	USB	USB
Programação	C, C++	C, C++	C,C++, Lua, etc.	C, C++

3.2.2 Arduíno Mega 2560

Segundo FERNANDES, M. (2015, p19) “O Arduíno pode ser alimentado por baterias e pilhas, adaptadores AC/DC, por *USB*, entre outros. Os pinos utilizados para o fornecimento de energia a partir de pilhas ou baterias, são o V_{in} , o $5V$, o $3.3V$ e o GND . A tensão aplicada no pino V_{in} e no conector de alimentação do adaptador AC/DC é convertida por um regulador de tensão linear na tensão operacional de $5V$. A tensão aplicada nestas duas entradas deve encontrar-se dentro do intervalo recomendado de $7-12V$ (máximo de $6-20V$). Os pinos $5V$ e $3.3V$ não são recomendados para alimentação pelo fato de não serem regulados, ou seja, a tensão de entrada nestes pinos não é convertida na tensão operacional do Arduino. Deste modo, a aplicação de uma tensão maior que a tensão do valor do pino, poderá danificar vários componentes da placa.”

O microcontrolador escolhido é o **Arduíno Mega 2560**. A sua escolha deve-se ao facto de possuir todos requisitos necessários para a incorporação de todos os componentes necessários para o funcionamento do sistema, bem como por facilitar a compilação do software produzido. Para a programação do microcontrolador será usada a plataforma de desenvolvimento de Arduíno, *ARDUINO IDE*.

O *Arduíno Mega 2560* possui microprocessador de *Atmel Atmega2560 8-bit* e as suas principais características são apresentadas na tabela 3.2.

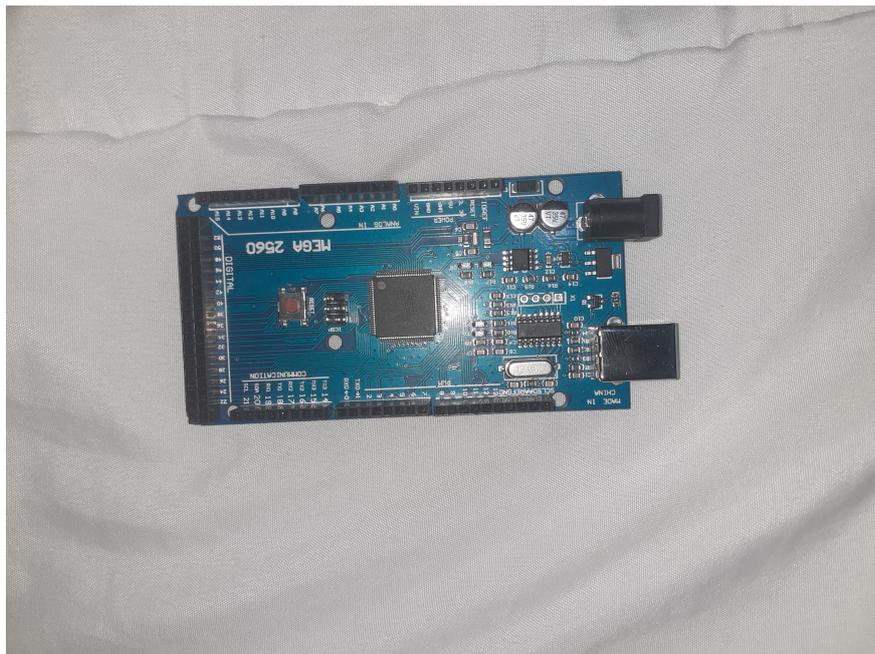


Figura 3.2: Arduíno. Fonte: Autor

Tabela 3.2: Principais características do Arduíno Mega 2560. Fonte: FERNANDES, 2015

Características	ARDUINO MEGA 2560
Microcontrolador	Atmega2560
Clock	16MHz
Tensão de operação <i>FLASH</i>	5V
Tensão de entrada (recomendada)	7 – 12V
Tensão de entrada (limite)	6 – 20V
Pinos digitais de entrada/saída	54 (15 dos quais suportam um sinal de saída PWM)
Pinos analógicos de entrada	16
Corrente DC por pino de entrada/saída	40mA
Corrente DC por pino de 3.3V	50mA
Memória <i>Flash</i>	256KB (dos quais 8KB são utilizados pelo <i>bootloader</i>)
Memória SRAM	8KB
Memória EEPROM	4KB
Dimensão	101,52×53,3mm ²

3.3 Circuitos de controle

Um relé é um interruptor electromecânico de 5 pinos, 2 pinos estão conectados por uma bobina, 1 pino é o ponto comum, na ausência de corrente o ponto comum está conectado a um pino chamado normalmente fechado, quando a bobina é energizada, ela cria um campo electromagnético, que funciona como um íman e atrai o pino de deslocamento fazendo-o conectar a outro pino chamado normalmente aberto.

Todo este circuito da parte do accionamento do relé é integrado em um módulo denominado “módulo relé” especificamente desenhado para ser usado com microcontroladores. O módulo relé de 1 canal é constituído por 3 pinos para o microcontrolador, V_{CC} , GND e S (que é o pino que recebe o sinal do microcontrolador ou simplesmente, é o trigger) mostrado na figura 3.3. A bobina de solenoide, como um indutor, armazena uma energia no seu campo magnético que necessita de um caminho pelo qual descarregar após o caminho de corrente pelo interruptor é aberto.

Especificações técnicas:

- Tensão de operação: $3,3V-5V_{DC}$;
- Capacidade do relé: $30V_{DC}/10A$ e $250V_{AC}/10A$;
- LED indicador para presença de tensão;
- LED indicador para accionamento do relé;
- Tempo de resposta: $5 - 10ms$.



Figura 3.3: Módulo Relé de um canal. Fonte: <https://alexnlid.com/>

3.4 Motores DC

3.4.1 Bomba de água

Esta bomba de água movimenta 2 litros por minuto, é resistente com características de funcionamento de $2,5 - 6V$, motor $0,3A$ e corpo termoplástico resistente. A bomba é totalmente submersível, e refrigerado a água. Pode-se usar esta bomba para fazer uma fonte de rega de plantas.



Figura 3.4: Bomba de água. Fonte: <https://www.flipkart.com/>

Especificações

1. Tensão CC: 2.5-6V;
2. Corrente: 20-300mA;
3. Elevação máxima: 40-110cm;
4. Fluxo: 80-120L/H;
5. Diâmetro interno da saída de água: 5 mm;
6. Diâmetro externo da saída de água: 7.5 mm;
7. Diâmetro: Aprox. 24 mm;
8. Comprimento: Aprox. 45 mm;
9. Altura: Aprox. 30 mm;
10. Material: plástico de engenharia
11. Modo de condução: design DC sem escova, accionamento magnético

Uma vez que a bomba não dispõe de uma boa pressão de água é necessário criar condições para tal.

A secção de saída da bomba pode ser determinada da seguinte forma:

$$Q_V = 2l/min = \frac{1}{30000} \frac{m^3}{s} \quad (3.1)$$

$$v_1 = \frac{Q_V}{A_1} \quad (3.2)$$

$$v_1 = \frac{4}{30000 * \pi * 5^2} = 1.698 \frac{m}{s} \quad (3.3)$$

A água da bomba sai com uma velocidade de 1.698m/s, para que a água saia do tubo com uma velocidade maior que a da saída da bomba, aplicando o princípio da equação da continuidade, terá de se reduzir a secção do tubo na saída, comprimindo a secção.

3.4.2 Motor de Passo (*Stepper*)

Segundo Cao & Schwartz (1999), os motores de passo são actuadores electromecânicos incrementais não-lineares, permitem o controle preciso de velocidade e posição, tendo um baixo custo o que o faz ser a escolha ideal de inúmeras aplicações. Tais motores são utilizados em aplicações de controle e medição, podendo ser encontrados em impressoras de jato de tinta, bombas volumétricas, máquinas de controle numérico computadorizados (CNC), entre várias outras aplicações.

O que diferencia o motor de passo dos demais motores eléctricos é a sua capacidade de realizar movimentos incrementais e precisos em malha aberta, estas rotações que são chamadas de passo. São peças fundamentais para funcionamento de alguns projectos, como robôs, impressoras, scanners, brinquedos, projectos de automação industrial, entre outros, pois realizam movimentos precisos e permite ser controlado através do ângulo de rotação, da velocidade, da posição e do sincronismo, sendo o tipo de motor mais indicado para o uso em impressoras 3D, pela sua precisão e acurácia.



Figura 3.5: Motor de passo. Fonte: <https://www.fruugo.qa/>

Especificações técnicas:

1. Torque Máximo: 35kg/cm
2. Velocidade: 60RPM

3. Diâmetro do motor: $33mm$
4. Diâmetro do eixo de saída: $5mm$
5. Comprimento do eixo de saída: $15mm$
6. Alimentação de $12V$.

Visto que uma das aplicações do motor de passo é em projectos de automação com objectivo de realizar movimentos precisos através do seu controle da velocidade, este motor controla o movimento da esteira atribuindo uma velocidade precisa para um funcionamento eficaz.

3.4.3 Servo Motor

É um dispositivo electromecânico que através de um pulso eléctrico enviado à sua entrada de sinal, altera seu posicionamento num ângulo que vai de 0° a 180° . Os servo motores são usados em várias aplicações quando se deseja movimentar algo de forma precisa e controlada. Eles são caracterizados pela sua capacidade de movimentar os seus braços até uma posição e mantê-lo, mesmo quando sofre uma força em outra direcção.



Figura 3.6: Servo Motor. Fonte: <https://circuitdigest.com/>

3.4.4 Motor *Brushless DC*

Os motores *brushless* são motores de corrente contínua compostos de um rotor e um estator. No rotor estão presentes os ímãs permanentes, que não necessitam de alimentação alguma pois são activados por campo magnético que é gerado a partir das bobinas presentes no estator. O movimento então é produzido quando o estator, que é fixo, é alimentado e gera campo magnético nas bobinas, responsável por fazer o rotor girar (TRINDADE, 2009).

A figura 3.7 apresenta o tipo de motor *brushless* utilizado neste projecto, que é um motor que possui o estator fixo no meio da estrutura, fazendo o rotor, que é externo, girar. Para a rotação das escovas este tipo de motores CC é a melhor escolha, devido ao seu bom desempenho e baixo consumo de energia.

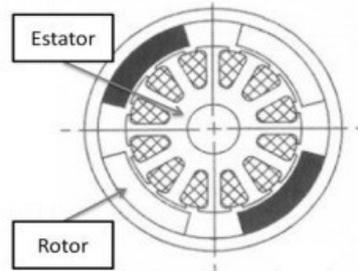


Figura 3.7: Motor Brushless com rotor externo. Fonte: Teixeira, 2018

3.4.5 Controladores Electrónicos de Velocidade - *ESCs*

ESC é um componente que controla a velocidade de um motor electrónico por meio de uma tecnologia conhecida como “*PWM*” - *Pulse Width Modulation*, referindo se ao controle da largura de pulsos que, em frequências altas, pode gerar sinais de maiores ou menores voltagens. (HUGES, 2013)

Os controladores electrónicos de 30 A de Motores M1 e M2 de 30 A, denominados *ESCs* (*Electronic Speed Controllers* ou simplesmente, Controladores Electrónicos de Velocidade), modelo *ESC HW30A*, mostrados na figura 3.8, são conectados ao relé que acciona a bomba de água submersa no tanque que contém sabão. Dessa forma, as escovas (motores *Brushless DC*) giram simultaneamente, e a bomba de água submersa no tanque com sabão para o enxaguamento e accionada no momento do accionamento das escovas. As alimentações dos módulos *ESCs* devem ser feitas com bateria externa ou fonte externa de 12V devido à alta corrente necessária para o seu accionamento.



Figura 3.8: Controlador Electrónico de Velocidade. Fonte: www.filipeflop.com

Princípio de funcionamento

O funcionamento de um *ESC brushless* é muito mais complexo que um *brushed*. Tudo é controlado por um microcontrolador que possui uma sequência binária pré-definida no seu *firmware* para o acionamento do circuito de *MOSFETs* que irão energizar as bobinas na devida sequência. O controle da velocidade é feito através de um sinal *PWM* recebido e interpretado pelo microcontrolador, que converte em uma frequência diferente de chaveamento, ou seja, quanto maior o valor recebido, mais rapidamente os *MOSFETs* serão accionados, aumentando a velocidade de rotação do motor.

Estes controladores podem ser usados para calibrar velocidade de dois motores *brushless* simultaneamente, atribuindo velocidades iguais. Contudo, caso tenham a mesma velocidade, no processo de lavagem devem ter sentidos de rotação opostos.

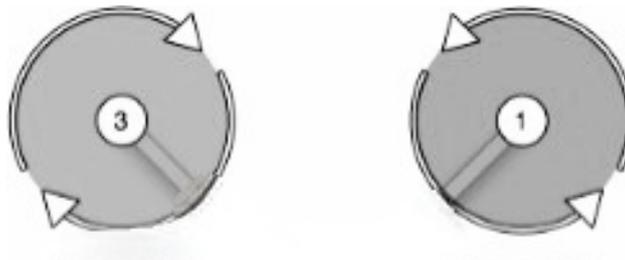


Figura 3.9: Rotação dos Motores das escovas. Fonte: Autor

3.5 Circuito de Accionamento de Bomba de água e os motores *brushless DC*

Para que as escovas responsáveis pela lavagem lateral dos veículos possam esfregar na chapa do veículo e não causar possíveis ranhuras, a bomba de água responsável em fazer jorrar água com sabão deve ser accionada simultaneamente com os motores *brushless DC*. O accionamento dos motores *brushless DC* depende do controlador electrónico de velocidade, *ESC*. O *ESC* ao receber os sinais *PWM* calibra a velocidade dos motores com ajuda de um potenciómetro que é usado para ajustar a velocidade dos motores *brushless DC*.

Para tal, um circuito de accionamento simultâneo da bomba e dos motores foi projectado, um divisor de tensão, porque a fonte de alimentação dos motores *Brushless* é de 12.8V. Para o projecto do divisor de tensão, estabeleceram-se seguintes características:

1. Tensão de saída: 2.56V;
2. Corrente: 20-300mA

3.5.1 Dimensionamento do divisor de tensão

$$V_{AB} = I(R_1 + R_2) \quad (3.4)$$

$$V_o = \frac{V_{AB}}{R_1 + R_2} R_2 \quad (3.5)$$

$$\frac{12.8}{5} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad (3.6)$$

$$5 = \frac{12.8R_2}{R_1 + R_2} \quad (3.7)$$

$$2.56 = 1 + \frac{R_1}{R_2} \quad (3.8)$$

$$\frac{R_1}{R_2} = 1.56 \quad (3.9)$$

$$R_1 = 1.56R_2 \quad (3.10)$$

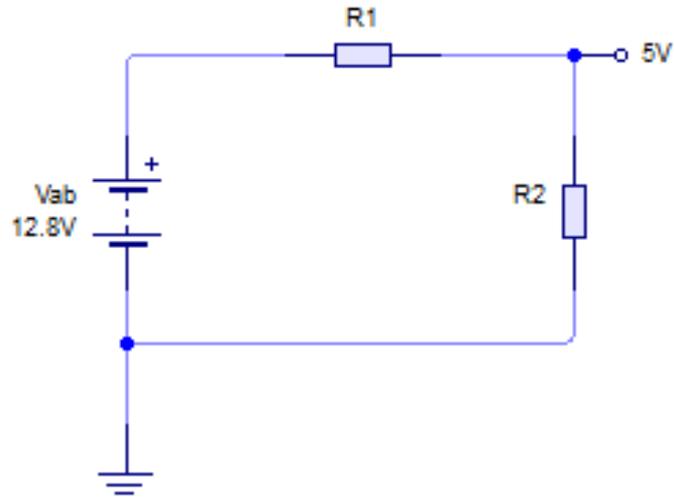


Figura 3.10: Divisor de tensão. Fonte: Autor

Através do processo de medição, observou-se que a bomba de água quando está ligada apresenta uma resistência no valor de 18Ω , sendo assim, $R_2 = R_B // R'_2$.

Fixando $R_1 = 22$:

$$R_2 = \frac{R_1}{1.56} = \frac{22}{1.56} = 14 \quad (3.11)$$

Neste caso, conhecendo a resistência equivalente R_2 , a resistência da bomba R_B , pode-se determinar o valor da resistência R'_2 do divisor de tensão.

$$R_2 = \frac{R'_2 R_B}{R'_2 + R_B} \quad (3.12)$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R'_2} \quad (3.13)$$

$$R'_2 = 63 \quad (3.14)$$

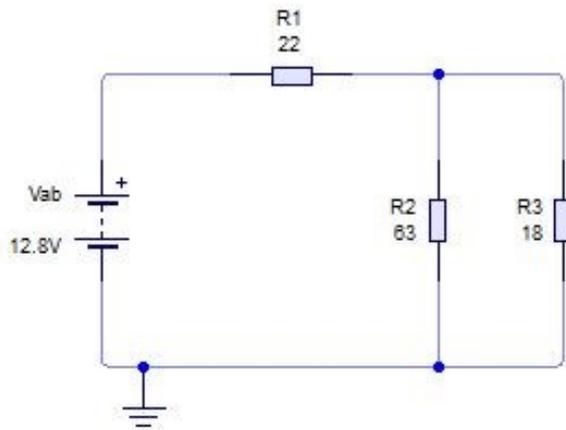


Figura 3.11: Divisor de tensão para acionamento da bomba de água com sabão e os motores brushless. Fonte: Autor

Corrente entregue a bomba:

$$i_B = \frac{V_{AB}}{R_1 + R_2} \frac{R'_2}{R'_2 + R_B} \quad (3.15)$$

$$i_B = \frac{12.8}{14 + 22} \frac{63}{18} = 0.277A \quad (3.16)$$

3.6 Controle de nível de água

O controle de nível de água num tanque de água permite fazer o uso da água definir o nível de segurança em que o tanque dispõe de quantidade suficiente de água para o uso. É possível também definir o nível de emergência que vai servir de alerta para o reabastecimento do tanque, neste nível o tanque contém quantidade de água bem reduzida ou mesmo quando o tanque fica sem água suficiente para ser bombeada para a lavagem. O sistema de lavagem de carros geralmente, o elemento principal da limpeza é água, normalmente, contida num tanque ou reservatório.

No sistema de controle de do nível a água não só representa a variável a ser controlada mas também o sensor que efectuará o controle dado que a água é um conductor de electricidade, não bom, no entanto o suficiente para servir como o sensor. Em suma, neste sistema, a água é vista como a alternativa ao sensor de nível no tanque responsável por accionar o alarme de nível de água dependendo do nível em que a água se encontra no tanque.

O projecto deste sistema consistiu no uso de um circuito combinatório contendo três entradas designadas como:

1. A – Nível baixo;
2. B – Nível médio;
3. C – Nível alto.

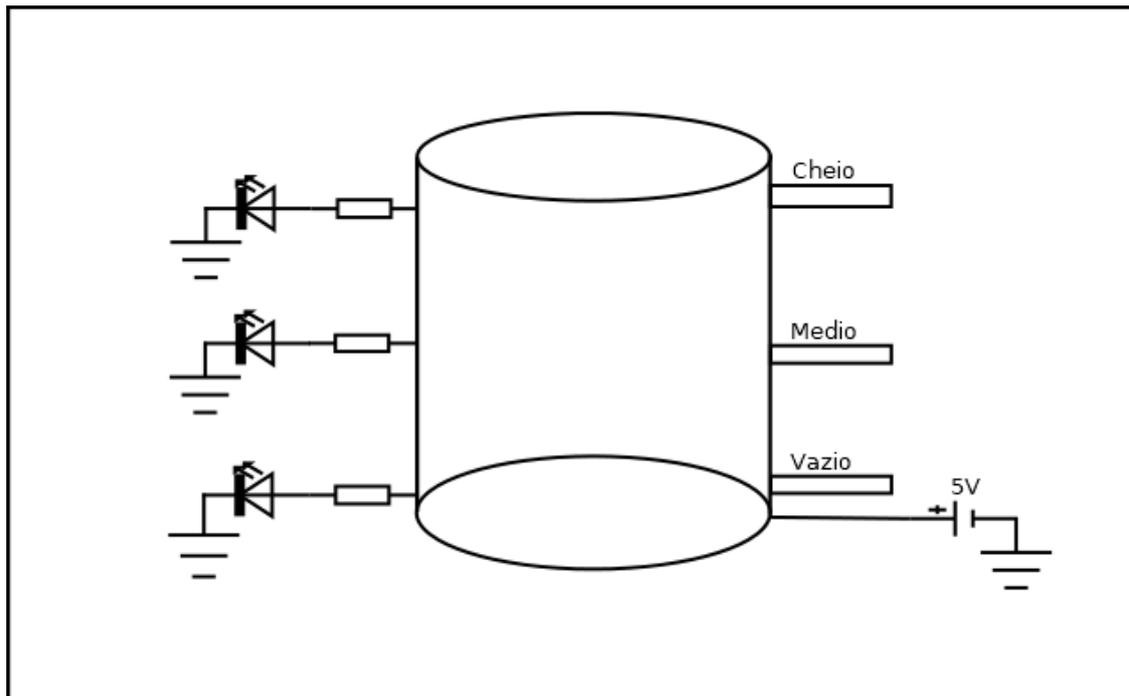


Figura 3.12: Esquema do Tanque de água. Fonte: Autor

3.6.1 Condição de projecto do sistema de controle de nível da água

Para o projecto deste sistema, teve-se como condição a projecção de um sistema que toma como prioridade o nível mais alto, isto é:

1. Caso o tanque esteja vazio, no momento o nível mais alto torna-se o nível A;
2. Quando o tanque estiver no medio, o nível tomado como prioridade torna-se o nível B, sendo o mais alto em relação ao A;
3. Quando o tanque estiver cheio, o nível que se toma como como prioridade é o nível C, sendo o mais alto dentre A e B.

Tabela 3.3: Tabela de verdade de controle lógico de nível de água. Fonte: Autor

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	1

Com base na combinação lógica das condições estabelecidas acima, foi possível construir a tabela de verdade na tabela 3.3.

A – Nível baixo

B – Nível médio

C – Nível alto

X – Função do nível baixo

Y – Função do nível médio

Z – Função de nível alto

<i>A</i> \ <i>BC</i>	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	1	0	0	0

Figura 3.13: Nível baixo. Fonte: Autor

$$X = \bar{A} + \overline{B \cdot C} \quad (3.17)$$

A \ BC	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	0	1	0	1

Figura 3.14: Nível do meio. Fonte: Autor

$$Y = A \cdot \overline{B} \cdot C + A \cdot B \cdot \overline{C} \quad (3.18)$$

A \ BC	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0

Figura 3.15: Nível alto. Fonte: Autor

$$Y = A \cdot B \cdot C \quad (3.19)$$

3.6.2 Princípio de funcionamento

Quando o tanque estiver vazio, ou não tiver água suficiente para ser bombeada o LED de nível baixo ficará aceso. Como identificadores de nível de água, tem 3 fios dispostos de forma separada e em alturas diferentes no tanque. Quando apenas o fio do nível mais baixo estiver submerso a água ou se não estiver (tanque vazio) e o circuito estiver alimentado, o LED de baixo ficará aceso (ver equação da figura 3.13). A medida que sobe a quantidade de água e o segundo conductor fica também submerso junto ao conductor do nível baixo, o LED de baixo desliga e acende o LED do meio (ver equação da figura 3.14). Quando o tanque estiver cheio, ou quando todos condutores estiverem submersos, apenas o LED de nível alto estará aceso (ver equação da figura 3.15).

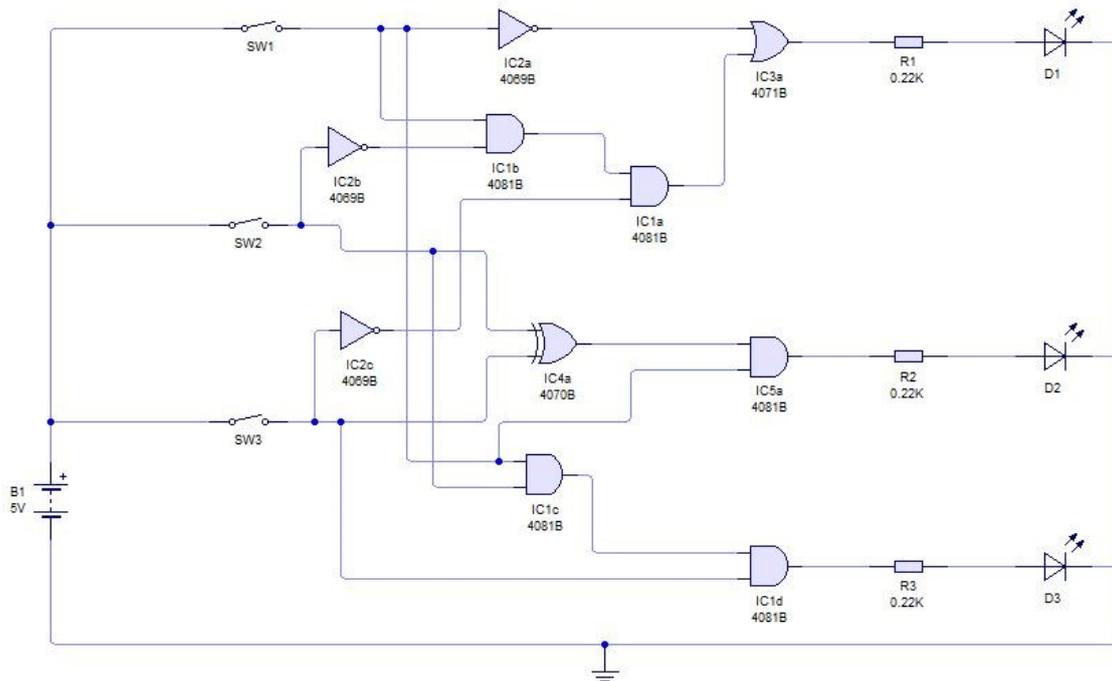


Figura 3.16: Circuito lógico de controle de nível de água. Fonte: Autor

3.7 Sensor de Obstáculo – Sensor Infravermelho

IR LED emite radiação infravermelha, esta radiação ilumina a superfície em frente ao LED. A superfície reflete a luz infravermelha, dependendo da reflectividade da superfície, a quantidade de luz reflectida varia. Esta luz reflectida incide no sensor IR com polarização inversa.

Existem diferentes tipos de métodos de detecção de *IR*. Alguns deles são: detector ultravioleta, detector de matriz *IR* próximo, detector infravermelho (*IR*), câmaras térmicas infravermelhas, detector *UV/IR*, etc.

Quando o fogo queima ele emite uma pequena quantidade de luz infravermelha, esta luz será recebida pelo fotodíodo (receptor *IR*) no módulo sensor. Em seguida, usa-se um amplificador operacional para verificar a mudança de tensão no receptor *IR*, de modo que se um incêndio for detectado, o pino de saída fornecerá 0V (*LOW*) e se não houver incêndio, o pino de saída será 5V (*ALTO*).

O *LED IR* é usado como fonte de raios infravermelhos. Ele vem em dois pacotes de 3mm ou 5mm. 3 mm é melhor porque requer menos espaço. O sensor IR nada mais é do que um diodo, que é sensível à radiação infravermelha. Este transmissor e receptor infravermelho são chamados de par *IR TX-RX*. A cor do transmissor e receptor IR é diferente. No entanto, pode-se encontrar pares que parecem exactamente iguais ou até mesmo com cores opostas.

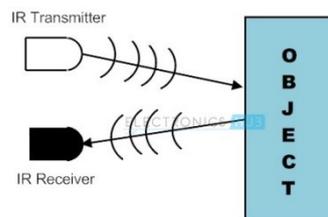


Figura 3.17: Detecção com Sensor IR Fonte: <https://newtechexperiments.com/>

A sensibilidade do Sensor *IR* é ajustada usando o potenciômetro. O potenciômetro é ajustável em ambas direcções. Ajustando o potenciômetro no sentido horário o LED indicador começa a brilhar, girando o potenciômetro o suficiente no sentido anti-horário para desligar o LED indicador, neste ponto a sensibilidade do receptor é máxima, fazendo com que a sua distância de detecção seja maior. Se for necessário reduzir a distância de detecção, isto é, Sensibilidade do receptor, então pode-se sintonizar o potenciômetro no sentido anti-horário a partir deste ponto. Além disso, se a orientação dos *LEDs TX* e *RX* for paralela entre si, de modo que ambos fiquem voltados para fora, então sua sensibilidade será máxima. Se eles forem afastados um do outro, de modo que fiquem inclinados um em relação ao outro na extremidade soldada, sua sensibilidade será reduzida. A sensibilidade sintonizada dos sensores é limitada ao ambiente.

Uma vez ajustados para um ambiente específico, eles funcionarão perfeitamente até que as condições de iluminação *IR* daquela região sejam quase constantes. Por exemplo, se o potenciômetro for sintonizado dentro de uma sala ou edifício para máxima sensibilidade e depois retirado sob luz solar aberta, será necessário reajustá-lo, uma vez que os raios solares também contêm frequências infravermelhas (*IR*), agindo assim como uma fonte de *IR* (transmissor). Isto irá perturbar a capacidade de detecção do receptor. Portanto, ele precisa ser devolvido para funcionar perfeitamente no novo ambiente. A saída do receptor *IR* fica baixa quando recebe sinal *IR*. Consequentemente, o pino de saída normalmente é baixo porque, embora o *LED IR* esteja transmitindo continuamente, devido a nenhum

obstáculo, nada é refletido de volta para o receptor *IR*. O *LED* de indicação está apagado. Quando um obstáculo é encontrado, a saída do receptor *IR* diminui e o sinal *IR* é refletido na superfície do obstáculo. Isso reduz a saída do comparador. Esta saída é conectada ao cátodo do *LED*, que então gira.



Figura 3.18: Sensor IR Fonte: <https://www.instructables.com/>

3.8 Ventilador de Refrigeração - *COOLING FAN 12V DC*

Ventiladores são tidos reconhecidos pela sua capacidade de diminuir calor ou aquecimento em certos corpos, além disso, podem ser usados para acelerar a secagem de corpos.

Especificação

1. Voltagem: 12v;
2. Corrente: 0.23A;
3. Motor sem escovas (*Brushless motor*);
4. Sem controle de velocidade



Figura 3.19: Ventilador refrigerador. Fonte: <https://www.coolermaster.com/>

3.9 Módulos LCD (Liquid Crystal Display)

Os módulos LCD é uma peça importante em projectos para melhor visualização da leitura de um sensor. O módulo da mostrado na Figura 3.20, ela pode exibir duas linhas de texto com até 16 caracteres., ela pode exibir duas linhas de texto com até 16 caracteres.

Pinagem e função de cada pino

1. **Pino 1 – VCC** – Pino de alimentação (zero volts – GND);
2. **Pino 2 – VDD** – Pino de alimentação de +5V;
3. **Pino 3 – VO** – Pino de ajuste do contraste do LCD – depende da tensão aplicada (ajustável);
4. **Pino 4 – RS** – Selecção de Comandos (nível 0) ou Dados (nível 1);
5. **Pino 5 – R/W** – Read (leitura – nível 1) / Write (escrita – nível 0);
6. **Pino 6 – E** – Enable (Activa o display com nível 1 ou Desactiva com nível 0);

7. **Pino 7 – D0** – data bit 0 (usado na interface de 8 bits);
8. **Pino 8 – D1** – data bit 1 (usado na interface de 8 bits);
9. **Pino 9 – D2** – data bit 2 (usado na interface de 8 bits);
10. **Pino 10 – D3** – data bit 3 (usado na interface de 8 bits);
11. **Pino 11 – D4** – data bit 4 (usado na interface de 4 e 8 bits);
12. **Pino 12 – D5** – data bit 5 (usado na interface de 4 e 8 bits);
13. **Pino 13 – D6** – data bit 6 (usado na interface de 4 e 8 bits);
14. **Pino 14 – D7** – data bit 7 (usado na interface de 4 e 8 bits);
15. **Pino 15 – A** – Ânodo do LED de iluminação (+5V CC);
16. **Pino 16 – K** – Cátodo do LED de iluminação (GND).

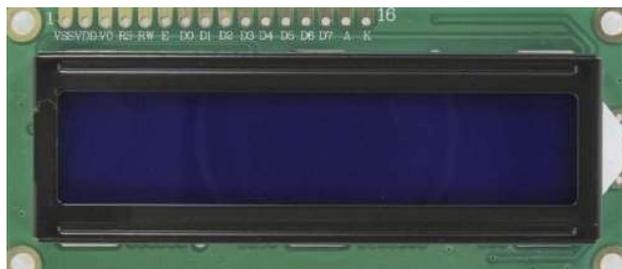


Figura 3.20: Display LCD. Fonte: Autor

3.10 Dimensionamento da fonte de alimentação

A fonte de alimentação será responsável por fornecer energia para o microcontrolador, para os sensores, para os motores, para os módulos reles, *display LCD*. Nas tabelas abaixo faz-se o levantamento das cargas a que fonte terá de alimentar por forma a determinar a corrente da fonte total. Tem-se duas tabelas de cargas, a primeira tabela diz respeito as cargas com tensão nominal de $5V_{DC}$ e a segunda tabela para cargas de $12V_{DC}$.

Tabela 3.4: Levantamento de cargas de 5V. Fonte: Autor

	Carga		I_{DCmax}	V_{DC}
1	Microcontrolador duíno Mega 2560	Ar-	200mA	5V
2	Sensores de Obstáculo Infravermelho		10mA(x7)	5V
3	Módulo Relé		20mA(x4)	5V
4	Servo Motor		20mA	5V
5	LEDs		20mA(x6)	5V
6	RGB		20mA(x3)(x5)	5V
7	Bomba de Água		300mA(x2)	5V
Total	–		1390mA	–

Tabela 3.5: Levantamento de cargas de 12V. Fonte: Autor

	Carga		I_{DCmax}	V_{DC}
1	<i>Electric FAN</i>		230mA(x2)	12V
2	<i>Brushless DC Motor</i>		1500mA	12V
3	Motor de passo		230mA	12V
Total	–		2190mA	–

3.11 Fluxograma do Software do Projecto

O fluxograma a seguir apresenta duma forma simplificada o processo do projecto desenvolvido.

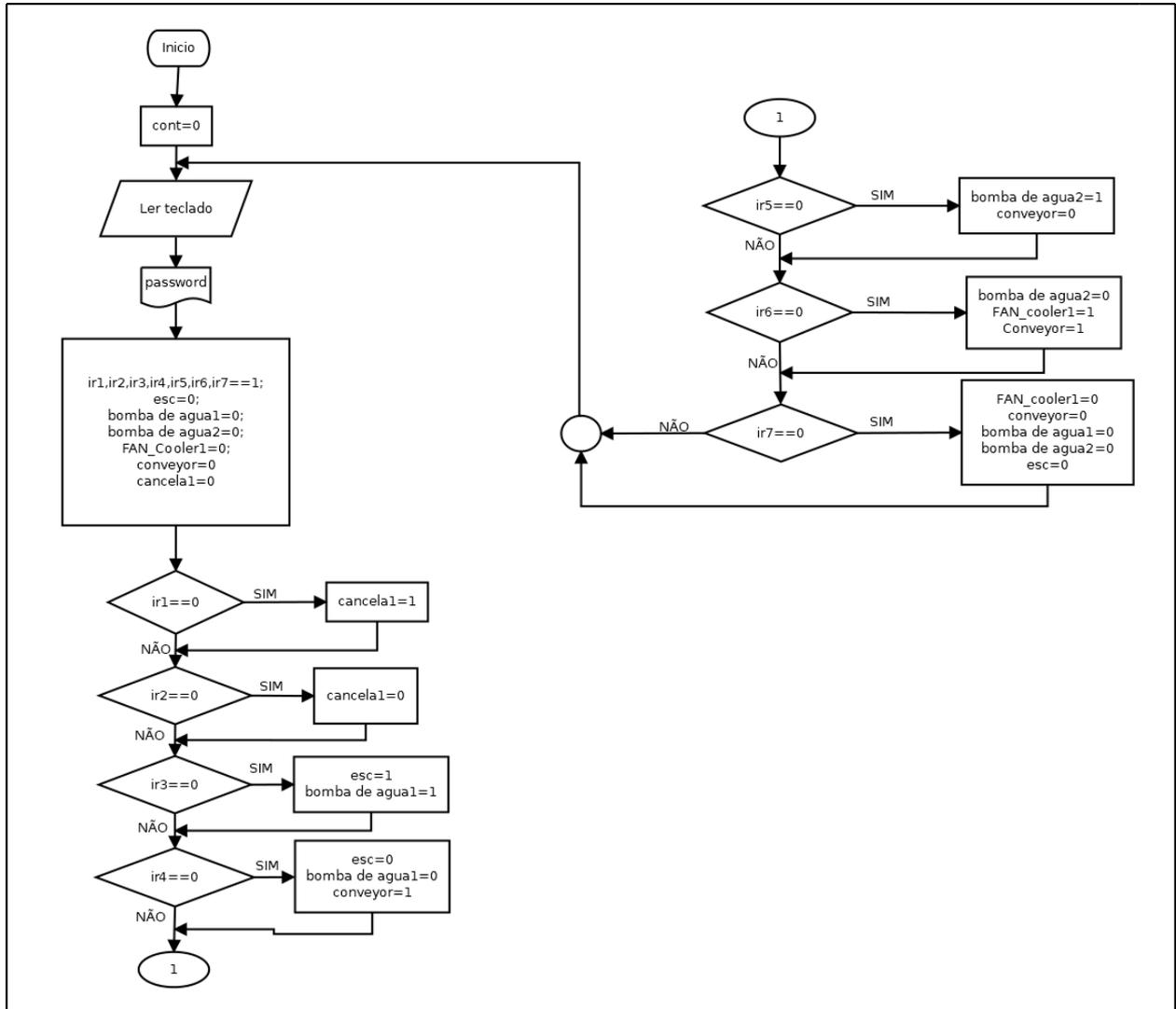


Figura 3.21: Fluxograma. Fonte: Autor

Capítulo 4

Testes e discussão de resultados

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos durante o desenvolvimento do trabalho, os testes realizados a partir do protótipo desenvolvido, também é apresentado o orçamento necessário para a implementação do projecto.

Para melhor análise de resultados relativamente aos testes, eles consistiram numa forma separada, tendo sido feito teste do funcionamento dos motores das escovas, do sensor infravermelho, do Ventilador, e da esteira, sendo estas as partes principais do protótipo.

Como forma de discussão de resultados, levou-se em conta dois métodos de lavagem, a automática e convencional por estas serem mais comuns em Moçambique. Os sistemas de lavagem automática não são nada económicos em termos de uso de água devido ao uso de motor-bomba de potência de 5HP.

Após algumas visitas feitas a alguns postos de lavagem de veículos da cidade de Maputo e lavadores de carros pela cidade nos passeios, sobre o consumo de água e tempo constatou-se o seguinte:

Tabela 4.1: Comparação de lavagem automática e convencional. Fonte: Autor

	Lavagem convencional		Lavagem automática
	Postos de lavagem	Lavadores	
Tempo	30min	20min	5min
Custo	150 – 200 MZN	150 – 200 MZN	173,67 MZN
Água	50 – 60litros	25 – 30litros	120litros
Uso de sabão	Sim	Não	Sim
Limpeza interna	Sim	Sim/Não	Não

Nos postos de lavagem o preço da lavagem varia de acordo com o serviço, sendo de 150 MZN para a limpeza externa do veículo, e de 200 MZN para a limpeza externa e interna. Para os lavadores das ruas da cidade de Maputo o preço varia consoante o tamanho do veículo e o serviço, isto é:

1. Para veículos de tipo *Sedan, Hatch, pick-ups*, a limpeza externa e interna custa 150 MZN;
2. Para veículos de tipo *Minibus, SUV*, a limpeza externa apenas custa 150MZN. A limpeza interna e externa custa 200 MZN.

Os dados na tabela 4.1 foram obtidos levando em consideração a lavagem de um veículo ligeiro. A lavagem convencional num posto de lavagem “*Car Wash*” usa-se dois baldes de 25-30litros água para lavar um veículo. Sendo o primeiro de água com espuma de sabão e o outro para passar a limpo. Os lavadores da Cidade de Maputo não utilizam sabão, pelo facto de precisar mais água para a sua remoção. Em termos de custos, o processo mais barato é o método lavagem automática.

4.1 Características da Instalação

Concluídas todas as etapas de desenvolvimento, iniciou-se a instalação de todos os componentes que fazem parte do sistema projectado. Após a instalação dos componentes e alimentados os circuitos e os motores e os demais componentes, concluiu-se a montagem do protótipo. A figura 4.1 ilustra o projeto montado com todos os dispositivos interligados e alimentados. Com o sistema em funcionamento, depois de realizados todos os testes, foi possível visualizar que o microcontrolador leu valores confiáveis de todos sensores instalados e foi possível medir se cada sensor estava detectado algum obstáculo ou não nos níveis de sensibilidade definidos, dessa forma accionando e desligando motores, bombas. O sistema é alimentado a partir dum cabo USB que actua como fonte de energia para o Arduino Mega 2560, e os demais circuitos são alimentados com dois carregadores de 12Vdc. Um dos carregadores passa por um regulador de 5V que da sua saída o sinal é usado para alimentar os relés.

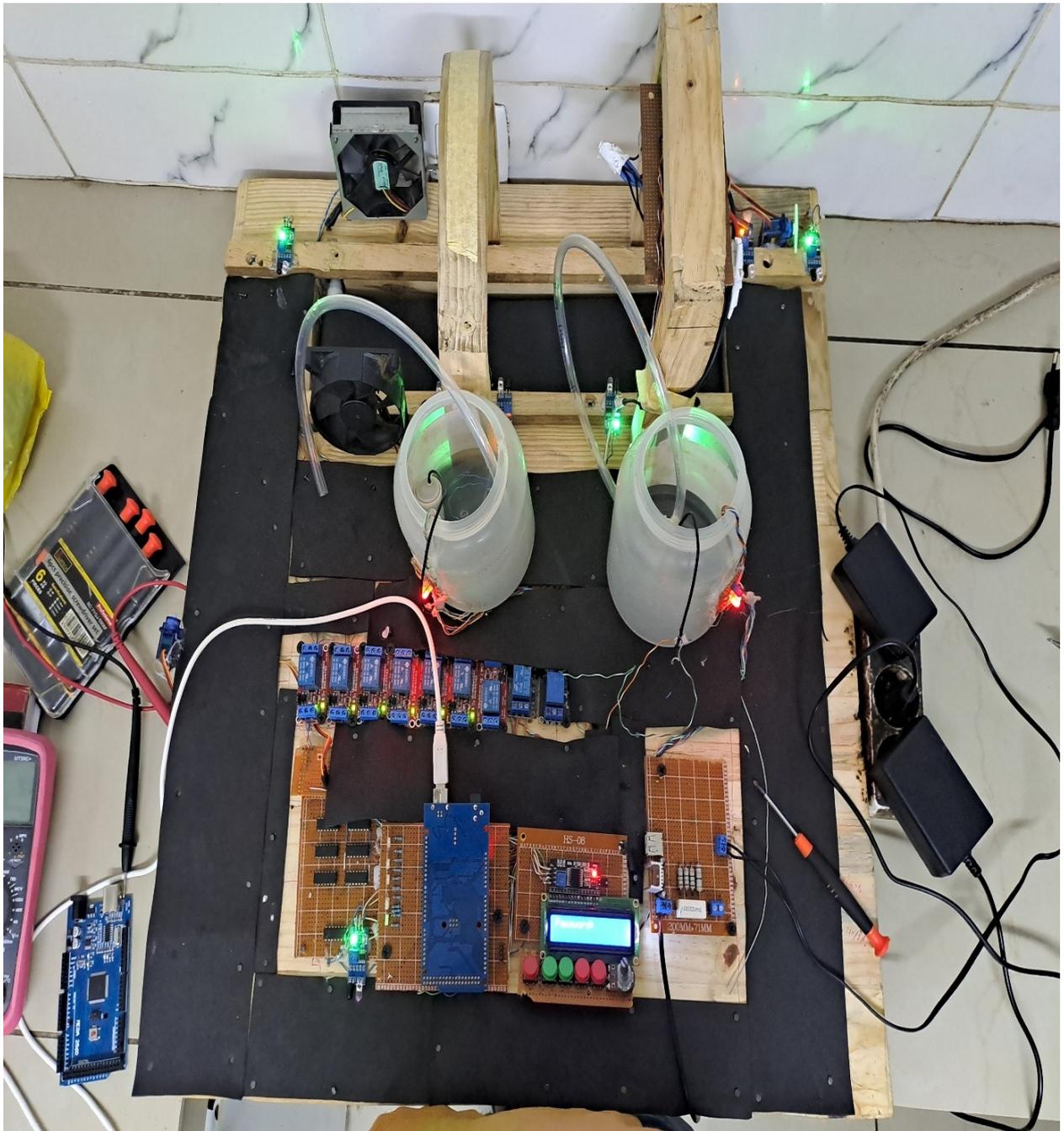


Figura 4.1: Protótipo. Fonte: Autor

4.2 Motores das escovas - *Brushless DC Motors*

Os Motores são accionados com uma fonte de alimentação de 12V de CC. Sem que o circuito esteja alimentado a tensão indicada, não é possível a sua calibração. Após a conexão, tendo feito a simulação do teste, constatou-se a lavagem é eficiente com Motores a girarem em sentidos contrários. A sua velocidade é calibrada através de um potenciômetro externo, e a medida que se regula o valor do potenciômetro, se calibra a velocidade

dos motores, isto é, quanto maior for o valor da leitura feita no potenciômetro, maior é a velocidade de rotação das escovas. O accionamento dos motores das escovas resulta no accionamento da bomba que faz jorrar água com sabão para a lavagem, por conta do divisor de tensão com saída de 5V para alimentar a bomba para não ficar sobrecarregada.

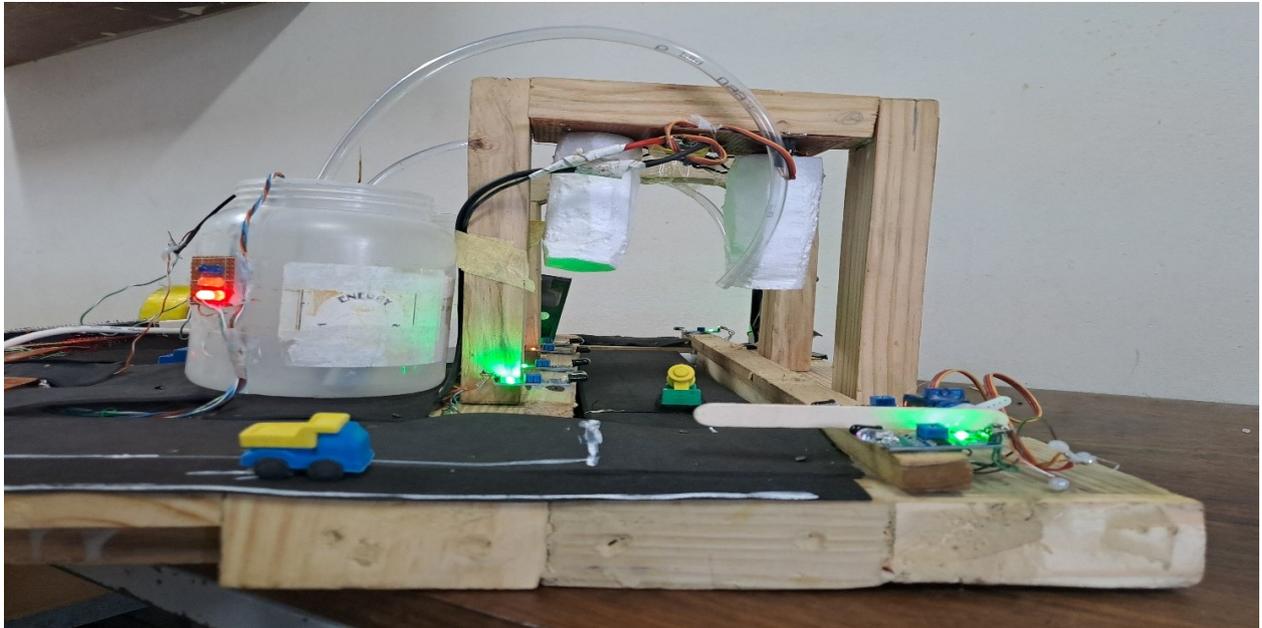


Figura 4.2: Escovas. Fonte: Autor

4.3 *FAN Cooler*

As *FANs* que estão conectadas a dois relés são accionadas através do pulso de 5V enviado a partir do microcontrolador. Durante o teste, constatou-se que a *FAN* de 12V pode ser alimentada com uma fonte de 5V, mas o seu desempenho na secagem reduz-se quase à metade, devido a velocidade de rotação das lâminas que fica reduzida por conta da redução da alimentação no circuito de indução interna. Com a redução da velocidade de rotação das lâminas, não se faz sentir a geração de ar suficiente para secar a superfície molhada, neste caso, é importante manter a alimentação nominal da *FAN*.



Figura 4.3: Ventilação forçada. Fonte: Autor

4.4 Motor de passo – esteira rolante

A esteira rolante foi feita de espuma artesanal, este material é facilmente flexível e de junção fácil. A esteira gira de acordo com o movimento rotacional do motor de passo instalado devido a . A alimentação do motor de passo é de $12V_{DC}$, neste caso, ele controla a rotação da esteira, com uma velocidade constante sem complicação da alimentação pois estes requerem pouca corrente para o seu funcionamento.

4.5 Sensor de obstáculo – IR

A sensibilidade do sensor é conhecida a cada momento que o LED RX(receptor) capta sinal a partir das ondas propagadas pelo LED TX(transmissor). Em caso de curto-circuito entre o pino *Ground* e o pino de sinal, o sensor apresenta defeito na sua operação. Indica estar a detectar obstáculo todo tempo mesmo que não hajam, portanto os dois LEDs de indicação de recepção e transmissão (TX e RX) ficam acesos, o que significa a sua sensibilidade é muito maior. Mas quando a conexão tiver sido bem feita apenas o LED correspondente a TX fica ligado, nesse momento o sensor fica à espera da resposta que é enviada pelo Receptor quando detectar algum obstáculo no alcance definido a partir do Potenciômetro presente no sensor.

4.6 Potência consumida

Tabela 4.2: Potência consumida entre as cargas. Fonte: Autor

	Carga		I_{DCmax}	V_{DC}	Potência nominal	Potência consumida
1	Microcontrolador Arduíno Mega 2560		200mA	5V	1W	1W
2	Sensores de Obstáculo Infra-vermelho		10mA(x7)	5V	0.35W	0.35W
3	Módulo Relé		20mA(x4)	5V	4W	4W
4	Servo Motor		20mA	5V	0.1W	0.1W
5	LEDs		20mA(x6)	5V	0.6W	0.6W
6	RGB		20mA(x3)(x5)	5V	1.5W	1.5W
7	Bomba de Água		300mA(x2)	5V	3W	2.778W
8	Electric FAN		230mA(x2)	12V	5.52W	5.52W
9	Brushless DC Motors		500mA	12V	6W	5.769W
10	Motor de passo		230mA	12V	5.52W	5.52W
Total	–		1390mA	–	27.59W	27.137W

O balanço de potência fez constar que o projecto foi bem dimensionado de modo que não haja sobrecarga da fonte de energia do projecto. E também que os dispositivos usados no projecto não fossem consumir corrente abaixo do normal.

4.7 Orçamento do projecto

O custo total para execução do projecto é 16 975 MZN Para a construção da base de madeira, tendo sido apresentado na tabela 4.3, teve um custo de 600 MZN.

Tabela 4.3: Custo dos componentes do projecto. Fonte: Autor

Componente	Descrição	Qtd	Preço (MZN)
Arduíno	MEGA	1	1 350
Modulo relé	5V _{DC}	6	2 100
LCD e Módulo I2C	16x2	1	650
Ferro de solda	60W	1	525
Bomba de água	Submersível, 5V _{DC}	2	1 700
Motor Sem Escovas e ESC	12V _{DC}	2	2 500
Servomotor DC	12V _{DC}	1	450
Motor de Passo	12V _{DC}	1	600
Carregador	12V _{DC}	2	500
LM7805	5V	1	50
Sensor de Obstáculo	Infravermelho - IR	7	1 750
Tubo de água	1metro	2	300
Rodas de patins	-	6	515
Folha de espuma Eva	1mm & 2mm	2	600
Mão-de-obra	Madeira	1	600
Terminais de bloco	Macho	4	100
LEDs	Vermelho, Verde e Amarelo	15	100
LED RGB	-	5	125
Resistências	-	20	200
Potenciómetro	5000 ohm	1	50
Estanho	1m	20	400
Placa de circuito	-	4	260
Pistola de cola quente	60W	1	750
Balas de cola quente	-	4	100
Push-button	-	5	50
Parafusos	-	20	50
CI de portas digitais	AND, OR, XOR, NOT	8	600
Total	-	-	16 975 MZN

Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

5.1 Conclusão

O trabalho foi feito com propósito de desenvolver um sistema de lavagem automática de veículos. Foi possível construir o protótipo físico do sistema que apresenta um desempenho bom, com o processo automatizado, no entanto é visto como uma boa proposta de solução podendo ser implementada ao problema proposto.

Com vista a preencher as exigências problema proposto, o sistema de lavagem automática de veículos, foi criada uma estratégia de controle do sistema. Este consiste no acionamento de sistema na possibilidade de requisição do serviço e depois do processo, na saída, o sistema é desligado automaticamente.

Em suma, com o estudo feito, o protótipo projectado, implementado e ensaiado, sobretudo com os resultados apresentados separadamente. Para os métodos de lavagem comuns em Moçambique em relação ao sistema proposto apresentam um custo equivalente, deste modo, pode-se afirmar que os objectivos estabelecidos foram alcançados.

Dificuldades encontradas

Ao longo do desenvolvimento do projecto a dificuldade enfrentada foi na escolha dum motor que fosse controlar o movimento rotacional da esteira, muitos não atenderam às exigências da instalação. E a construção da própria esteira levou tempo demais para que pudesse ter um funcionamento aceitável.

Recomendações

Para trabalhos futuros, recomenda-se a soldagem de cada um dos componentes e verificar o seu funcionamento singularmente para evitar curto-circuito, como também desenho de placas de circuito impresso para que se possa evitar desconexões dos circuitos. Recomenda-se também o uso de material facilmente flexível para esteira rolante. E dimensionamento de um motor com uma velocidade de rotação reduzida. Como também a construção de uma esteira mais extensa em termos de comprimento.

Bibliografia

- [1] Afini Junior, B., *CONSUMO DE ÁGUA EM LAVA-RÁPIDOS*. Revista de Engenharia Ambiental. Disponível em: < <http://revistadae.com.br/artigos/>>. Acesso em 04 de Set. 2023
- [2] Bapatla Engineering College. *Lavagem automática de carros usando Arduino* 2020. Disponível em: <<https://doc-9c-3k-drive-data-export.googleusercontent.com/>> Acesso em 27 de Set. de 2023
- [3] BOGLIETTI, A.(1993), *Different pwm modulation techniques indexes performance evaluation*. Budapest: IEEE International Symposium on Industrial Electronics Conference Proceedings.
- [4] CAO, L.; SCHWARTZ, H. *Oscillation, Instability and Control of Stepper Motor. Nonlinear Dynamics*, v. 18, n. 4, p. 383-404, 1999.
- [5] Dorph, Richard C., & Bishop, Robert H. (2001) *Sistemas de Controle Modernos* (Bernardo Severo da Silva Filho, Trad.) (8ª Ed) Rio de Janeiro: LTC Editora (Originalmente publicado em 1991)
- [6] Fernandes, M. *Desenvolvimento de um Sistema Remoto de Monitorização e Análise de Qualidade do Ambiente Interior em Edifícios*. Universidade de Lisboa, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/> Acesso em 18 de Maio de 2024
- [7] FILHO, N. *GERÊNCIA DE RISCOS: ESTUDO DE CASO DE UM POSTO DE LAVAGEM DE VEÍCULOS AUTOMOTORES*. Engenharia de Segurança do Trabalho, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco. 2015. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/>> Acesso em 4 de Set. de 2023
- [8] Gonzaga, A.(2018) *Estudo de Técnica de Modulação por Largura de Pulso (PWM) Aplicado a Inversores Trifásicos*, Universidade de Brasília - UnB Recuperado de <https://bdm.unb.br>

- [9] Gupta, A., Arora, S., & Westcott, J. R. (2016). *Industrial Automation and Robotics: An Introduction*. Boston: Mercury Learning Information.
- [10] HUGES, A. e DRURY, B. *Electric Motors and Drive*. Newnes, 4ª Edição, Amsterdam, Boston, Heidelberg, Londres, Nova York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 2013.
- [11] Ogata, Katsuhiko (2010) *Engenharia de controle moderno* (Heloísa Coimbra de Souza, Trad.). (5ª Ed) São Paulo: Pearson Education (documento original: ISBN 978-85-4301-375-6)
- [12] Silva, A. *Plano de Negócios no Setor de Serviços de Estética Automotiva e Higienização de Estofos a Seco* Instituto Politecnico de Bragança, 2022.
- [13] Silveira, P. R. R., & Santos, W. E. (2009) *Automação e controle discreto*. (9ª ed.) São Paulo: Érica, 2009.
- [14] SOARES, L. Modelagem e controle de um conversor back-to-back para aplicação em geral de energia elica. SBSE 2012, p. 1–6, 2012.
- [15] SUZUKI, Marcelo Akira; HERNANDEZ, Fernando Braz Tange-rino. *Automação de Sistemas de Irrigação*. Disponível em: <<http://www.irrigaterra.com.br/automacao.php>>. Acesso em: 20 Set. 2023
- [16] Teixeira, B.(2018) *Controle para automatização de um quadricóptero*, Universidade de Brasília - UnB Recuperado de <https://bdm.unb.br>
- [17] TOCCI, Ronald J.; WIDMER, Neal S.; MOSS, Gregory L. *Sistemas digitais: princípios e aplicações*. 11. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. Disponível em: <<https://drive.usercontent.google.com>> Acesso em 30 de Maio de 2024
- [18] TOMAZINI, Daniel. ALBUQUERQUE, Pedro U. B. *Sensores Industriais - Fundamentos e aplicações*. 5ª ed. São Paulo: Érica, 2005. 222p.
- [19] TRINDADE R. H. *Estudo de Máquinas Elétricas não Convencionais: Motor Brush-less DC*. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009.
- [20] <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/22269/3> em 25 Agosto de 2023

- [21] <https://www.flipkart.com/> em 4 de Novembro de 2023
- [22] <https://www.fruugo.qa/> em 23 de Maio de 2024
- [23] <https://circuitdigest.com/>. em 3 de Outubro de 2024
- [24] <https://newtechexperiments.com/> 20 de Outubro de 2023
- [25] <https://www.coolermaster.com/> 4 de Novembro de 2023
- [26] <https://repositorio.utfpr.edu.br/> em 25 Agosto de 2023
- [27] <https://www.esal-lda.com.pt/lavagem-automovel.html> em 6 de Maio de 2024
- [28] <https://alexnlid.com/> 20 de Setembro de 2023
- [29] <https://www.instructables.com/> 20 de Outubro de 2023

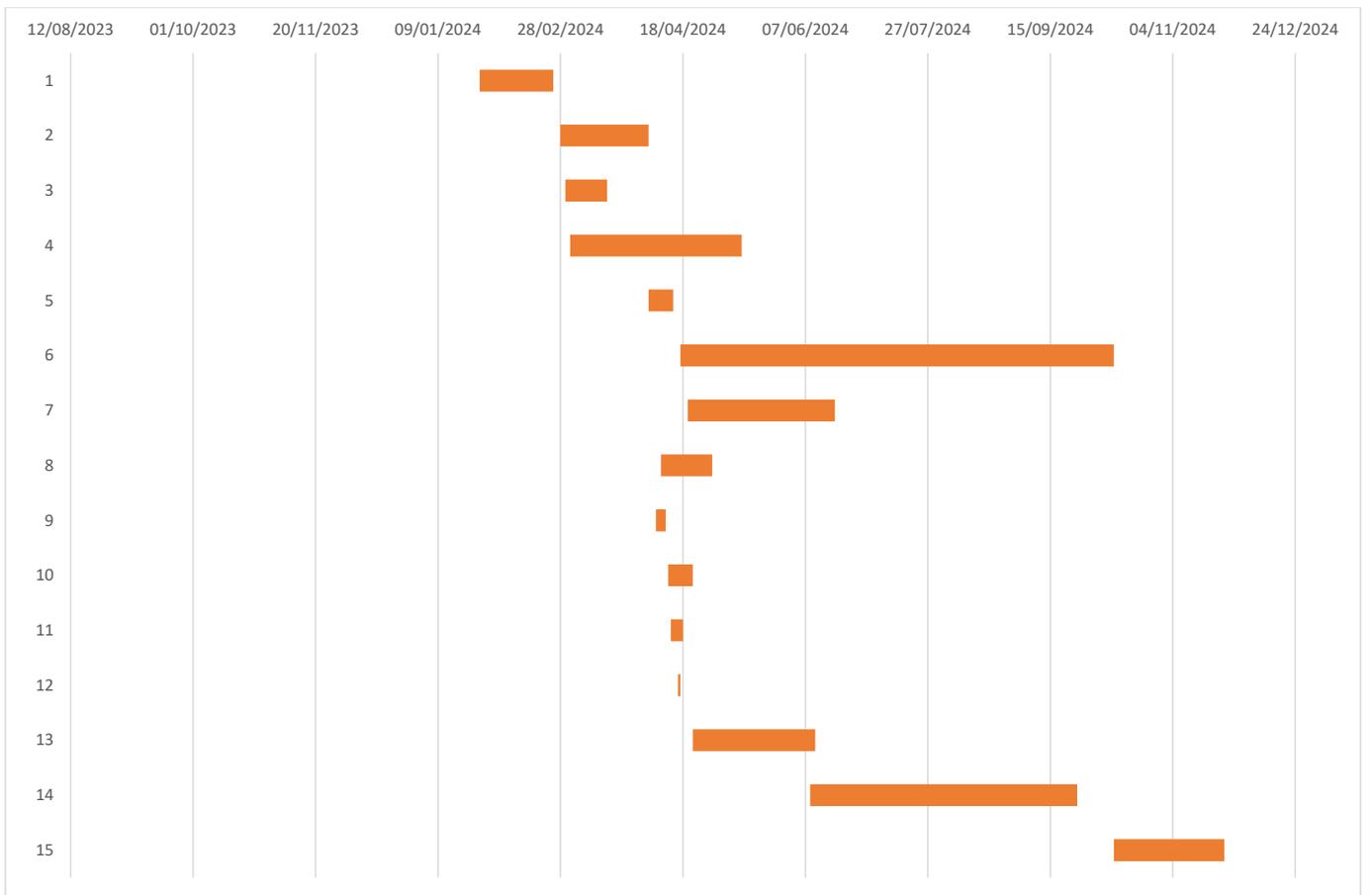
Anexos

Anexo 1

Plano de Actividades

1.1 Diagrama de Gantt

#	Actividades	Data de Início	Duração	Data de término	Descrição
1	Apresentação do tema de trabalho	26/01/2024	30	25/02/2024	Apresentação do tema ao Docente
2	Preparação e envio do anexo 5	28-Feb	36	04/04/2024	Apresentação do anexo 5 ao Docente e a supervisora
3	Esboço do esquema eléctrico	01-Mar	17	18/03/2024	Planeamento da disposição do material
4	Encomenda e Aquisição do material necessário	03-Mar	70	12/05/2024	Compra do material
5	Apresentação do relatório inicial	04-Apr	10	14/04/2024	Apresentação do relatório ao professor e a supervisora
6	Apresentação de relatórios semanais	17-Apr	177	11/10/2024	Apresentação do relatório ao professor e a supervisora
7	Teste do material de construção	20-Apr	60	19/06/2024	Teste do material
8	Construção de uma tábua para a fixação de material	09-Apr	21	30/04/2024	Planeamento da disposição do material
9	Construção dos compartimentos de lavagem	07-Apr	4	11/04/2024	Construção de secções de lavagem
10	Construção de reservatórios de água, sabão líquido	12-Apr	10	22/04/2024	Construção de secções de lavagem
11	Construção da esteira rolante	13-Apr	5	18/04/2024	Construção da esteira
12	Concepção do microcontrolador	16-Apr	1	17/04/2024	Escolha do microcontrolador
13	Soldagem dos componentes e cablagem na tabua	22-Apr	50	11/06/2024	Cablagem e soldagem na placa de circuito
14	Construção do protótipo final	09-Jun	109	26/09/2024	Preparação da apresentação
15	Entrega do relatório final	11-Oct	45	25/11/2024	Entrega final



Anexo 2

Código

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Keypad.h>
#include <Servo.h>

Servo cancela1, cancela2, escovas;

#define convyor 51 //esteira
#define fan1 50 //fans
#define watrpump 48 //waterpump
#define fan2 47
#define r_brlss 46
#define r6 49
//#define r7 45//IR8
#define r8 43

boolean a, b, c, d, e, f, g, h, p, z;
int IR1, IR2, IR3, IR4, IR5, IR6, IR7, IR8, pot, valorldr = 0, ldr = A0, cont = 0;
const byte ROWS = 1; //four rows
const byte COLS = 5;
int x = 0;
int posCancela = 0;
String num = "", palavra = "****";
char key;
```

```

char Keys[ROWS][COLS] = {
    {'#', '1', '3', '2', '*'}
};
byte rowPins[ROWS] = {52};
byte colPins[COLS] = {38, 44, 37, 36, 39};
Keypad customKeypad = Keypad( makeKeymap(Keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

void setup() {
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    Serial.begin(9600);
    escovas.attach(2);
    cancela1.attach(12);
    //cancela2.attach(11);
    pinMode(1dr, INPUT);
    pinMode(A2, INPUT);
    pinMode(53, INPUT);
    pinMode(3, INPUT);
    pinMode(4, INPUT);
    pinMode(5, INPUT);
    pinMode(6, INPUT);
    pinMode(9, INPUT);
    pinMode(8, INPUT);
    pinMode(45, INPUT);

    pinMode(convyor, OUTPUT);
    pinMode(fan1, OUTPUT);
    pinMode(fan2, OUTPUT);
    pinMode(watrpump, OUTPUT);
    // pinMode(r4, OUTPUT);
    pinMode(r_brlss, OUTPUT);
    // pinMode(r6, OUTPUT);
    //pinMode(r7, OUTPUT);

```

```

    //pinMode(r8, OUTPUT);
    //RGB1
    pinMode(28, OUTPUT);
    pinMode(26, OUTPUT);
    pinMode(42, OUTPUT);
    //RGB2
    pinMode(31, OUTPUT);
    pinMode(30, OUTPUT);

    //RGB3
    pinMode(32, OUTPUT);
    pinMode(35, OUTPUT);

    //RGB4
    pinMode(24, OUTPUT);
    pinMode(34, OUTPUT);
    //RGB5
    pinMode(40, OUTPUT);
    pinMode(41, OUTPUT);
    cancela1.write(90);
    //cancela2.write(120);
}

void loop() {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Password: ");
    Serial.print("Password: ");
    lcd.setCursor(0, 1);

    do {
        key = customKeypad.getKey();
        if (isDigit(key)) { // verifica se o a tecla pressionada é um número
            num = num + key;
            lcd.print(key); // imprime no lcd
        }
    } while (key != 0);
}

```

```

Serial.println(key);
x++; // incrementa a posicao
if (x > 16) // verifica se ja atingiu a posicao maxima
{
    lcd.clear();
    num = "";
    lcd.print("Inválido");
    Serial.println("Invalido");
    digitalWrite(28, 1);
    digitalWrite(26, 1);
    digitalWrite(42, 1);
    delay(1000);
}
}
else {
    if (key == '*') { // if *, apagar
        if ( x > 0) { // verifica se ha algo
            x = x - 1; // volta a posicao anterior
            lcd.setCursor(x, 1); // define a posicao do lcd
            lcd.print("*"); // write * significca trocar por
            Serial.println("*");
            num.remove(num.length() - 1); // remove o ultimo digito da string
        }
    }
}
} while (key != '#'); // sai do loop
if (palavra == num) {
    lcd.clear();
    lcd.print("A Lavar");
    digitalWrite(28, 1);
    digitalWrite(26, 0);
    digitalWrite(42, 1);
    z = true;
}

```

```

else {
    lcd.clear();
    lcd.print("Errado");
    Serial.println("Errado");
    num = "";
    digitalWrite(28, 1);
    digitalWrite(26, 0);
    digitalWrite(42, 0);
    delay(1000);
}

while (z) {
    lavar();
}

}

void lavar() {
    IR1 = digitalRead(53);
    IR2 = digitalRead(3);
    IR3 = digitalRead(4);
    IR4 = digitalRead(5);
    IR5 = digitalRead(6);
    IR6 = digitalRead(9);
    IR7 = digitalRead(8);
    //IR8 = digitalRead(45);

    if (IR1 == 0) {
        a = true;
        b = c = d = e = f = g = h = p = false;
        Serial.print("a");
    }

    if (IR2 == 0) {
        b = true;

```

```

    a = c = d = e = f = g = h = p = false;
    Serial.print("b");
}
if (IR3 == 0) {
    c = true;
    a = b = d = e = f = g = h = p = false;
    Serial.print("c");
}
if (IR4 == 0) {
    d = true;
    a = b = c = e = f = g = h = p = false;
    Serial.print("d");
}
if (IR5 == 0) {
    e = true;
    p = true;
    a = b = c = d = f = g = h = false;
    Serial.print("e");
}
if (IR6 == 0) {
    f = true;
    a = b = c = d = e = g = h = p = false;
    Serial.print("f");
}
if (IR7 == 0) {
    g = true;
    z = a = b = c = d = e = f = h = p = false;
    Serial.println(cont);
}
if (a) {
    digitalWrite(31, 1);
    digitalWrite(30, 1);
    cancela1.write(0);
}

```

```

if (b) {
    digitalWrite(32, 1);
    digitalWrite(35, 1);
    cancela1.write(90);
}

if (c) {
    digitalWrite(24, 1);
    // digitalWrite(34, 1);
    digitalWrite(r_brlss, 1);
    pot = analogRead(A2);
    pot = map(pot, 0, 1023, 0, 180);
    escovas.write(pot);
}

if (d) {
    digitalWrite(40, 1);
    digitalWrite(41, 1);
    digitalWrite(r_brlss, 0);
    digitalWrite(conveyor, 1);
}

if (e) {
    digitalWrite(26, 1);
    digitalWrite(watrpump, 1);
}

if (f) {
    digitalWrite(42, 1);
    digitalWrite(watrpump, 0);
    digitalWrite(50, 1);
    digitalWrite(fan2, 1);
}

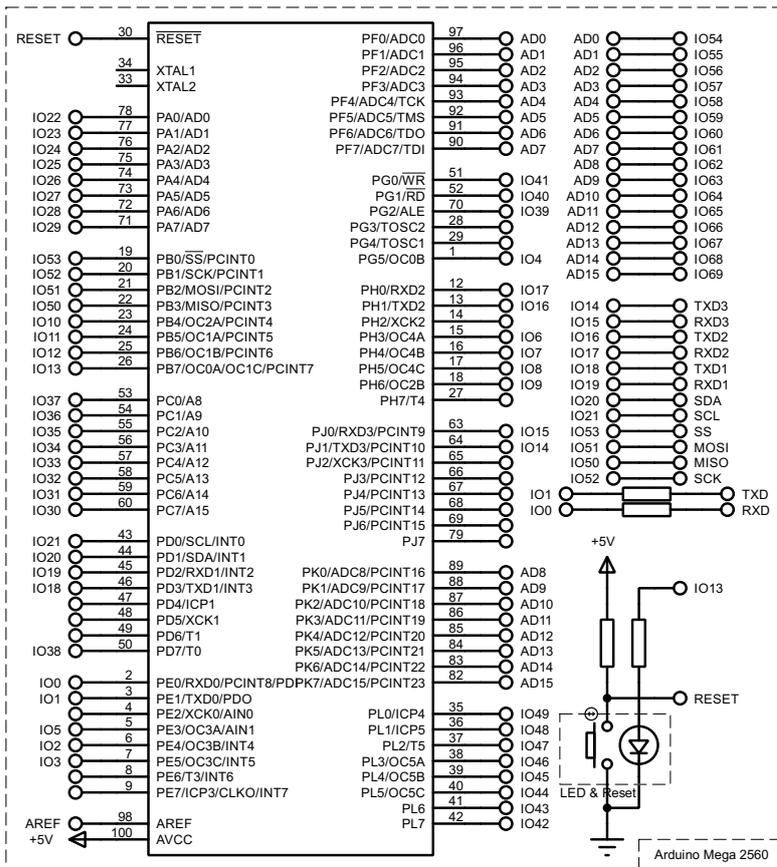
if (g) {
    // digitalWrite(28, 1);
    digitalWrite(50, 0);
    digitalWrite(fan2, 0);
    digitalWrite(conveyor, 0);
}

```

```
digitalWrite(28, 0);  
digitalWrite(26, 0);  
digitalWrite(42, 0);  
digitalWrite(31, 0);  
digitalWrite(30, 0);  
digitalWrite(32, 0);  
digitalWrite(35, 0);  
digitalWrite(24, 0);  
digitalWrite(40, 0);  
digitalWrite(41, 0);  
digitalWrite(26, 0);  
digitalWrite(42, 0);  
}  
  
delay(500);  
}
```

Anexo 3

Esquemas eléctricos



Anexo 4

Tabela de preços de serviço de lavagem de veículos

LISTA DE PREÇOS LAVA – JATO

LAVAGEM COMPLETA CARRO: 165,75 MZN

LAVAGEM COMPLETA CAMINHONETES: 276,25 MZN

LAVAGEM DO ESTOFADO CARRO: 884,00 MZN

LAVAGEM DO TETO CARRO: 276,25 MZN

LAVAGEM DO TETO CAMINHONETES: 386,75 MZN

LISTA DE PREÇOS DE LAVAGEM CONVENCIONAL

LAVAGEM DE VEÍCULOS SEDAN, HATCH, PICK-UPS: 150 MZN

LAVAGEM DE VEÍCULOS MINIBUS, SUV: 150 MZN (EXTERNA); 200 MZN (EXTERNA E INTERNA).

Anexo 5

Inquérito

Para a colecta de informação sobre o processo de lavagem de veículos a redor da cidade de Maputo foram feitas algumas perguntas aos Lavadores nos passeios e um Car Wash.

Inquérito

Pergunta 1 – Quanto tempo leva para lavar um carro?

Pergunta 2 – Quantos litros de água são gastos para lavar um carro?

Pergunta 3 – Quanto cobra para lavar um carro?

Resultados

Para o inquérito escolheu-se o Car Wash no bairro de Maxaquene, onde foi entrevistado um dos operários. Escolheu-se também 4 lavadores da rua no bairro de Polana Cimento, com outros 3 na av. Karl Marx em frente ao mercado povo, e mais 2 na Av. 24 de Julho.

No qual, as suas respostas foram quase as mesmas, diferentemente das respostas do operário do Car Wash.

Pergunta 1

- i. Car Wash: Em resposta disse que leva-se em média 30min para deixar um carro limpo;
- ii. Lavadores: Os lavadores levam em média 20min para fazer limpeza completa de um veículo

Pergunta 2 – Pelo consumo de água teve-se seguintes respostas:

- i. Car Wash: usam dois baldes de 25litros ou mesmo de 30litros
- ii. Lavadores de rua:
 1. 4 lavadores gastam 1 balde de 25litros;
 2. 4 lavadores usam 1 balde de 30litros;
 3. 1 lavador usa 2 garrafas de 12litros;

Pergunta 3 – Pelo custo do serviço de limpeza:

- i. Lavadores da rua:
 1. Para veículos de tipo Sedan, Hatch, pick-ups, a limpeza externa e interna custa 150 MZN;
 2. Para veículos de tipo Minibus, SUV, a limpeza externa apenas custa 150 MZN. A limpeza interna e externa custa 200 MZN.
- ii. Para postos de lavagem o preço para a lavagem varia de acordo com o serviço, sendo para apenas a limpeza externa do veículo é pelo valor de 150 MZN, para a limpeza externa e interna totaliza um custo de 200 MZN