

Projeto Integrador II

Projeto: Carroça Elétrica

Autor: André Lucas Ferreira Lemos de Sousa, Arthur Da Silva Alves, Bruno Paiva Alves, Bruno Pinheiro de Melo Lima, Felipe Nascimento Dias, Gabriel de Jesus Lourenço, Lucas Gomes de Oliveira, Lucas Pereira Gonçalves, Lucas Pires De Lima, Luiz Henrique Ferreira Alves, Matheus Pereira Morais, Miguel Henrique de Oliveira Alves, Raphael de Almeida Southall, Thiago Martins de Sousa, Victor Rodrigues Silva

Orientador: Alex Reis, José Felício da Silva, Rhander Viana, Ricardo Matos Chaim, Paolo Gessini

2021



Listas de ilustrações

Figura 1 – Desenho Industrial Preliminar da Carroça Elétrica.	13
Figura 2 – Transportes comumente utilizados pelos catadores de recicláveis. Fonte: (SOUZA et al., 2014)	14
Figura 3 – Coordenação geral . Fonte: Autores.	20
Figura 4 – Viga longitudinal. Seção transversal proposta. Fonte: Autores	39
Figura 5 – Diagramas de esforços para o eixo. Fonte: Autores	41
Figura 6 – Chassi, estrutura abaixo da chapa do piso, vista superior detalhes su- porte em azul. Fonte: Autores	42
Figura 7 – Tabela de constantes α e η . Fonte: (STRUCTX, 2021).	43
Figura 8 – Número Máximo de Rotações (rpm). Fonte: (PROJETISTA, 2020).	44
Figura 9 – Diagrama para cálculo de forças transversais sobre as colunas. Fonte: Autores.	45
Figura 10 – Razão entre tensão presente e tensão de escoamento para diferentes perfis possíveis para a estrutura vertical e sua massa. Fonte: Autores.	46
Figura 11 – Modelagem das vigas transversais. Fonte: Autores.	47
Figura 12 – Razão entre tensão presente e tensão de escoamento para diferentes perfis possíveis para as vigas transversais e sua massa. Fonte: Autores.	48
Figura 13 – Amortecimento do tipo Feixe de Molas. Fonte: Google Imagens.	50
Figura 14 – Engrenagem normal de perfil evolvente. Fonte: (FILHO, 2007).	52
Figura 15 – Trem de engrenagens. Fonte: Autores.	52
Figura 16 – Módulo da Caçamba. Fonte: Autores.	53
Figura 17 – Viga Longitudinal. Fonte: Autores.	54
Figura 18 – Viga Transversal. Fonte: Autores.	55
Figura 19 – Coluna Vertical. Fonte: Autores.	56
Figura 20 – Viga Superior. Fonte: Autores.	57
Figura 21 – Viga Conectora. Fonte: Autores.	58
Figura 22 – Feixe de Molas. Fonte: Autores.	59
Figura 23 – Conector da Mola. Fonte: Autores.	60
Figura 24 – Corredor da Mola. Fonte: Autores.	61
Figura 25 – Porta. Fonte: Autores.	62
Figura 26 – Moldura da Porta. Fonte: Autores.	63
Figura 27 – Bicicleta Reclinada. Fonte: Autores.	64
Figura 28 – Quadro. Fonte: Autores.	65
Figura 29 – Diagrama RTL do sistema.Fonte:Autores	66
Figura 30 – Diagrama RTL de fluxo .Fonte:Autores	68
Figura 31 – Esp 32. Fonte: .(ESP32 _W ROOM, 2004)	70

Figura 32 – Itens para a composição do sistema de iluminação. (a) Interruptor Universal. (b) Sensor de Freio do manete. (c) Kit de Lanterna traseira de Reboque.	73
Figura 33 – Sensor de Velocidade. (a) Sensor Hall de Campo Magnético KY-024. (b) Ímã de roda	74
Figura 34 – Diagrama de comunicação. Fonte:Autores	77
Figura 35 – Diagrama de comunicação. Fonte:Autores	78
Figura 36 – fluxograma de programação do hardware ESP32. Fonte:Autores	79
Figura 37 – Matriz de decisão motor .Fonte:Autores	82
Figura 38 – Motores .Fonte:(IMANEODIDIMIO, 2019)	83
Figura 39 – Matriz de decisão motor .Fonte:(IMANEODIDIMIO, 2019)	83
Figura 40 – Bateria íon lítio.Fonte;(STREMA _B ATERIAS, 2012)	86
Figura 41 – Bateria íon lítio.Fonte;(NEO _C HARGE, 2010)	87
Figura 42 – Gráfico bateria.Fonte;(NEO _C HARGE, 2010)	90
Figura 43 – Controlador Keeso	91
Figura 44 – Diagrama unifiliar energia.Fonte :Autores	92
Figura 45 – Representação elétrica do sistema.Fonte:Autores	92
Figura 46 – Diagrama de Força do Motor e Diagrama de Acionamento	93
Figura 47 – NBR 5410(2004) para capacidade de corrente de fios e cabos.Fonte:ABNT	94
Figura 48 – Visão Geral da Arquitetura	97
Figura 49 – Diagrama de Relacionamentos do aplicativo	97
Figura 50 – Diagrama de Arquitetura do react native no aplicativo	98
Figura 51 – Diagrama de Casos de Uso	99
Figura 52 – Tela inicial do aplicativo	100
Figura 53 – Alerta de redirecionamento ao Maps	101
Figura 54 – Tela do mapa	101
Figura 55 – Tela de nova coleta	101
Figura 56 – Tela de nova coleta 2	102
Figura 57 – Tela de Relatório	102
Figura 58 – Tela de Confirmação de E-mail enviado	102
Figura 59 – Tela inicial do aplicativo	103
Figura 60 – Tela de cadastro	103
Figura 61 – Tela principal	103
Figura 62 – Tela do mapa	104
Figura 63 – Tela do relatório gerado	104
Figura 64 – Tela de nova coleta	104
Figura 65 – Tela do perfil da carroça	105
Figura 66 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 1. Fonte: Autores. .	111

Figura 67 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 2. Fonte: Autores. .	112
Figura 68 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 3. Fonte: Autores. .	112
Figura 69 – Estrutura Analítica de Projeto. Fonte: Autores.	113
Figura 70 – Esquemático Elétrico do Coleta Fácil	118

Lista de tabelas

Tabela 1 – Vantagens e Desvantagens Fonte: Autores.	18
Tabela 2 – Alunos Fonte: Autores.	20
Tabela 3 – Alunos Fonte: Autores.	21
Tabela 4 – Professores Fonte: Autores.	21
Tabela 5 – Riscos Gerais do Projeto. Fonte: Autores.	22
Tabela 6 – Riscos de Estrutura do Projeto.Fonte: Autores.	23
Tabela 7 – Análise de Risco e ações de Estrutura. Fonte: Autores.	24
Tabela 8 – Risco de Eletrônica. Fonte: Autores.	25
Tabela 9 – Análise de Risco e ações de Eletrônica .Fonte: Autores.	26
Tabela 10 – Risco de Energia. Fonte: Autores.	27
Tabela 11 – Análise de Risco e ações de Energia .Fonte: Autores.	28
Tabela 12 – Análise de Parâmetros Essenciais da Carroça Elétrica .Fonte: Autores.	29
Tabela 13 – Requisitos de Estruturas. Fonte: Autores.	30
Tabela 14 – Requisitos de Eletrônica. Fonte: Autores.	31
Tabela 15 – Requisitos de Energia Fonte: Autores.	32
Tabela 16 – Elementos para escolha das engrenagens.	51
Tabela 17 – Especificações Técnicas ESP32. Fonte: Autores.	69
Tabela 18 – Tabela comparativa dos modelos de lâmpadas para freio presentes no mercado para sinalização de seta e freio.	72
Tabela 19 – Especificações Sensor de carga CDI. Fonte: Autores.	76
Tabela 20 – Reuniões Gerais Fonte: Autores.	114
Tabela 21 – Reuniões Gerais Fonte: Autores.	114

Lista de abreviaturas e siglas

Fig.	Area of the i^{th} component
art	artigo
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
UNB	Universidade de Brasília
Prof.	Professor
FGA	Faculdade do Gama
CTB	Código de Trânsito Brasileiro - Brushless DC Motor (Motor sem escovas de corrente contínua)
CC	- Corrente Contínua
DC	- Tensão Contínua
AC	- Tensão Alternada
CA	- Corrente Alternada
A	- Ampere
V	- Tensão
Lí-Ion	- íon de lítio
kW	- Kilowatts
kwh	- Kilowatts/horas
wh/km	- watt-hora
wh/kg	- watt- hora/ kilograma
tc	- taxa de descarga
cap	- capacidade da bateria
t	- Variação do tempo de descarga em horas
EWh	- energia /watt - hora
Eesp	- Energia específica

Kg - quilograma
m - massa
denergia - densidade de energia
vol - volume

Sumário

1	APRESENTAÇÃO	12
1.1	Introdução	12
1.2	Descrição do Produto	12
1.3	Termo de Abertura do Projeto (TAP)	13
1.3.1	Justificativa do Projeto	13
1.3.2	Importância do Sistema Cooperativo na Coleta de Recicláveis	15
1.3.3	Diferenças pretendidas com a carroça elétrica	16
1.4	Lista é/Não é	16
1.4.1	É	16
1.4.2	Não é	16
1.5	Premissas e Restrições do Produto	17
1.5.1	Restrições do Projeto	17
1.5.2	Objetivos do Projeto	18
1.5.2.1	Objetivo Geral	18
1.5.2.2	Objetivos Específicos	18
1.5.3	Vantagens e Desvantagens do Projeto	18
1.5.3.1	Produtos Concorrentes	19
1.6	Papéis e Responsabilidades	19
1.6.1	Equipe	21
1.6.2	Professores	21
1.6.3	Público Alvo	21
1.7	Riscos	22
1.7.1	Riscos Gerais	22
1.7.2	Riscos de Estruturas	23
1.7.2.1	Análise dos Riscos e Ações	24
1.7.3	Riscos de Eletrônica	25
1.7.3.1	Análise dos Riscos e Ações	26
1.7.4	Riscos de Energia	27
1.7.4.1	Análise dos Riscos e Ações	28
2	REQUISITOS	29
2.1	Requisitos Legais	29
2.2	Requisitos Gerais	29
2.3	Requisitos de Estruturas	30
2.4	Requisitos de Eletrônica	31

2.5	Requisitos de Energia	32
2.6	Requisitos de Software	34
2.6.1	Requisitos Funcionais	34
2.6.2	Requisitos Não Funcionais	37
3	SOLUÇÃO DE ESTRUTURAS	38
3.1	Componentes estruturais	38
3.1.1	Premissas de Projeto	38
3.2	Definição de materiais empregados	39
3.2.1	Cálculo da viga longitudinal	39
3.2.2	Cálculo do eixo das rodas traseiras	40
3.2.3	Cálculo da Chapa do piso	42
3.2.4	Cálculo da Corrente	43
3.2.4.1	Corrente 1:4 (Motor para o eixo)	43
3.2.4.2	Corrente 16:1 (Pedais para a roda)	44
3.2.5	Cálculo das colunas verticais da caçamba	44
3.2.6	Cálculo das vigas transversais da caçamba	47
3.2.7	Outras considerações	48
3.3	Subsistemas	49
3.3.1	Freios	49
3.3.2	Amortecimento	50
3.3.3	Engrenagens	51
3.3.3.1	Definição das dimensões	51
3.4	Módulo da Caçamba	52
3.4.1	Subsistema do Amortecimento	54
3.4.2	Subsistema da Porta	62
3.5	Módulo do Quadro	64
4	SOLUÇÃO DE ELETRÔNICA	66
4.1	Visão geral funcionamento – RTL	66
4.1.1	Sistema de sinalização	67
4.1.2	Sistema de pesagem	67
4.1.3	Sistema de acionamento do motor	68
4.1.4	Diagrama de comunicação	68
4.2	Visão geral dos fluxos de dados – Diagrama de Dados	68
4.3	Solução Específica dos Subsistemas Eletrônicos	69
4.4	Microcontrolador ESP32	69
4.5	Sistema de Sinalização Veicular	70
4.5.1	Dimensionamento	71
4.5.2	Produtos disponíveis no mercado e sua análise	71

4.5.3	Escolha dos produtos	72
4.5.4	Funcionamento	72
4.6	Sensor de Velocidade	73
4.6.1	Dimensionamento	73
4.6.2	Aplicação	74
4.6.3	Especificações Técnicas	74
4.6.4	Funcionamento	74
4.7	Sensor de Carga	75
4.8	Fluxograma de programação do hardware ESP32	77
4.9	Diagrama de comunicação	77
4.10	Sistema de comunicação	78
5	SOLUÇÃO DE ENERGIA	80
5.1	Motor	80
5.1.1	Categorias dos motores elétricos	80
5.1.1.1	Motor de corrente contínua	81
5.1.2	Escolha do motor de corrente contínua	81
5.1.2.1	“Brushless DC”	82
5.1.2.2	Especificações do motor “Brushless DC” escolhido	82
5.2	Requisitos de armazenamento para veículos elétricos	84
5.2.0.1	Parâmetros das baterias	84
5.2.0.2	Características desejadas das baterias	85
5.2.1	Dimensionamento de baterias	86
5.2.1.1	Bateria escolhida:	87
5.2.1.2	Recarregamento das baterias	89
5.3	Módulo Controlador	91
5.4	Diagrama Unifilar	92
5.5	Simulação	92
5.6	Dimensionamento de Cabos	93
6	SOLUÇÃO DE SOFTWARE	95
6.1	Visão do Software	95
6.1.1	Escopo	95
6.2	Proposta de Inovação	95
6.3	Arquitetura do Software	96
6.3.1	Diagrama de Relacionamentos	96
6.3.2	Diagrama de Arquitetura do React Native	97
6.3.3	Visão de Casos de Uso	97
6.3.4	Tecnologias	98
6.3.4.1	React Native	98

6.3.4.2	Node.js	99
6.3.4.3	PostgreSQL	99
6.3.5	Restrições Arquiteturais	100
6.4	Arquitetura da Informação	100
6.4.1	Protótipo de Baixa Fidelidade	100
6.4.2	Protótipo de Alta Fidelidade	103
7	ANÁLISE DE CUSTO	106
7.1	Custos de Estruturas	106
7.2	Custos de Eletrônica	107
7.3	Custos de Energia	107
7.4	Custos de Software	108
7.4.1	Aquisição	108
7.4.2	Ferramentas	108
7.4.3	Hospedagem	108
7.5	Análise de Viabilidade do Projeto	108
8	GERENCIAMENTO	110
8.1	Metodologia	110
8.2	Ferramentas de Gerenciamento	110
8.3	Gerenciamento da Qualidade	110
8.3.1	Ferramentas de Gerenciamento da Qualidade	111
8.4	Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	111
8.4.1	EAP do Ponto de Controle 1	111
8.4.2	EAP do Ponto de Controle 2	112
8.4.3	EAP do Ponto de Controle 3	112
8.4.4	EAP do Projeto Todo	112
8.5	Cronograma do Projeto	114
8.6	Reuniões	114
8.6.0.1	Reuniões Gerais	114
8.6.0.2	Reuniões da Gerência	115
8.6.0.3	Reuniões de Estruturas	115
8.6.0.4	Reuniões de Eletrônica	115
8.6.0.5	Reuniões de Energia	115
8.6.0.6	Reuniões de Software	115
	APÊNDICES	116
	APÊNDICE A – PRIMEIRO APÊNDICE	117

A.1	Esquemático elétrico dos sistemas incorporados	117
-----	---	-----

1 Apresentação

1.1 Introdução

Uma carroça é um tipo de carro (veículo de duas rodas, estrutura que suporta a carga e hastes que permitem engatar o cabeçalho). Elas também são chamadas de charretes. As carroças são veículos que se movem por tração animal ou pela própria pessoa. Muitas vezes o animal escolhido para puxar uma carroça é um cavalo, embora bois, mulas ou outras espécies também possam ser usadas. Por muitos anos, as carroças e outros tipos de carros foram os principais meios de deslocamento dos seres humanos. Elas não apenas permitiram o transporte de pessoas, mas também mercadorias e outros tipos de carga.

Tradicionalmente, as carroças têm sido utilizadas para coleta de material reciclado, juntamente com pick-ups adaptadas e pequenos veículos a diesel ou gasolina. Entretanto, o Código de Trânsito Brasileiro - CTB, proibiu recentemente o uso de tração animais para transporte de cargas. Em resposta a essa mudança na legislação, a União e os governos estaduais veem se adaptando a criando normativos e programas de incentivo à substituição de veículo de tração animal, por veículo de propulsão humana ou tração elétrica. ([ART.105 CTB, 2008](#)), a fim de atender à legislação.

1.2 Descrição do Produto

O produto a ser desenvolvido neste projeto é uma carroça por tração elétrica, a qual terá 2m de comprimento por 1,5m de largura, terá a forma de um triciclo, pedais para tração humana e motor elétrico para auxiliar o usuário durante sua operação. Terá também um guidom para manobrar, e um botão que acionará a parte elétrica do sistema. Este produto terá sinalização de setas, sinal sonoro e freio, conforme a Figura 1.

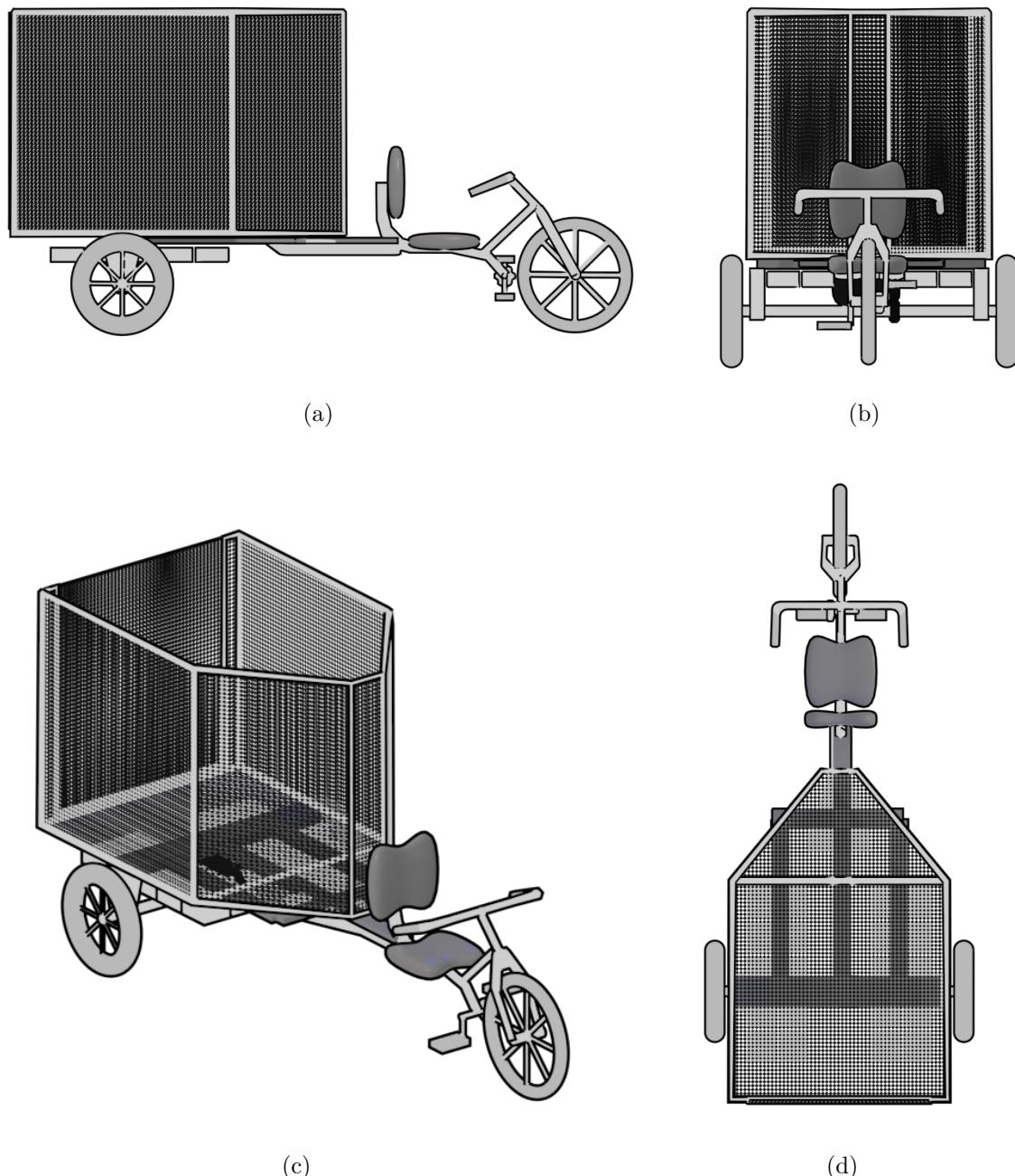


Figura 1 – Desenho Industrial Preliminar da Carroça Elétrica.

1.3 Termo de Abertura do Projeto (TAP)

1.3.1 Justificativa do Projeto

Um estudo de 2020, do Anuário da Reciclagem, identificou que no Brasil existem mais de 1,8 mil cooperativas de reciclagem ativas no país, cujo trabalho não se restringe à limpeza e recolhimento de lixo propriamente dito, mas também atuam nos programas de logística reversa das grandes companhias de alimentos, bebidas e bens diversos que geram embalagens de variados materiais e que, por lei, precisam ter destinação correta.

(GAMA, 2020).

Quanto ao volume de material coletado, o Anuário identificou que foram recuperados quase 355 mil toneladas, mas os números podem ser bem maiores. Em valor, verificou-se que em 2019, 1841 organizações monitoradas faturaram R\$ 590,5 milhões com a atividade, sendo que a região Centro Oeste respondeu por 11,0% do montante, o terceiro maior, atrás apenas das regiões Sudeste e Sul. (GAMA, 2020).

E para o trabalho dessas cooperativas ser efetivo, os catadores são peça chave, estima-se que o seu número varie de 400 a 800 mil. (GAMA, 2020). Cabe destacar ainda que 11,0% desses trabalhadores atuam no Distrito Federal. (ELEUTÉRIO, 2020). O papel dos catadores está previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), destacando-se a sua atuação nos processos não só de coleta, mas também triagem, classificação, processamento e comercialização dos resíduos reutilizáveis. Sabe-se que a atuação desses profissionais se dá muitas vezes sob condições precárias de trabalho, individualmente, de forma autônoma e dispersa nas ruas e em lixões, como também, coletivamente, por meio da organização produtiva em cooperativas e associações, que conseguem dar mais dignidade ao trabalho desempenhado. (AMBIENTE, 2015).

Sabe-se ainda, que o trabalho do transporte dos materiais reciclados é um importante componente da atividade e que esse se dá ainda de uma forma muito arcaica e penosa, sob tração animal ou humana, ou seja, os próprios catadores, conforme evidenciado pela Figura 2. Esse tipo de transporte pode trazer graves consequências para a saúde humana, principalmente quanto a dores musculares, má postura, dentre outros.



Figura 2 – Transportes comumente utilizados pelos catadores de recicláveis. Fonte: (SOUZA et al., 2014)

Quanto à tração animal, o Governo do Distrito Federal (GDF), ao regulamentar a lei distrital nº 5.756, que proibiu o tráfego de veículos de tração animal no DF, editou o Decreto nº 40.336, que criou o Programa de Transição da utilização de veículos de tração animal, demonstrando o interesse do GDF em acomodar em uma realidade mais digna os catadores que faziam uso dessa modalidade. (CIDADES-DF, 2020).

Diante da importância dos catadores para esse mercado e para a gestão de resíduos recicláveis, conforme exposto anteriormente, além da necessidade de se reconhecer o seu

trabalho, além de prover dignidade, o projeto Carroça Elétrica vem para atender essas necessidades dos catadores, das cooperativas e da sociedade como um todo.

1.3.2 Importância do Sistema Cooperativo na Coleta de Recicláveis

Os integrantes da cadeia de reciclagem no Brasil são os catadores, os sucateiros e as indústrias transformadoras. Os catadores, apesar da relevância do seu trabalho para os municípios, trazendo benefícios sociais, econômicos e ambientais por meio da agregação de valor aos materiais recicláveis recolhidos, são pouco valorizados e são os que menos se beneficiam dessa atividade. As indústrias compram normalmente materiais de sucateiros, que possuem infraestrutura e equipamentos adequados para fornecer grandes quantidades e qualidade, diferentemente dos catadores, que se encontram dispersos, sem as condições necessárias para negociar diretamente com a indústria. (AQUINO; JR; PIRES, 2009) apud (SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012).

A formação de cooperativas de reciclagem em diversas regiões do Brasil tem sido objeto de investigação de pesquisas que mostram a importância dessa atividade para mitigar o impacto ambiental dos resíduos sólidos urbanos, por meio do trabalho de coleta seletiva de lixo. Por outro lado, estudos mostram as dificuldades desses profissionais que começam a se organizar em cooperativas, com o apoio, ainda precário, dos setores público e privado e da sociedade civil. (SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012).

Desta forma, o desenvolvimento de cooperativas de reciclagem representa já um avanço social para os catadores de material reciclável. Os principais benefícios que resultam da coleta de material reciclável pelas cooperativas, além da melhoria da renda para os trabalhadores envolvidos, são: contribuição à saúde pública e ao sistema de saneamento; fornecimento de material reciclável de baixo custo à indústria; redução nos gastos municipais e contribuição à sustentabilidade do meio ambiente, pela diminuição tanto de matéria-prima primária utilizada, que conserva recursos e energia, quanto da necessidade de terrenos a serem utilizados como aterros sanitários. (SOUZA; PAULA; SOUZA-PINTO, 2012).

Assim, partimos da premissa de que as cooperativas são o meio mais adequado para levar avanço à condição social humana dos catadores de recicláveis e do fato de que as cooperativas possuem maior robustez institucional e política, inclusive no Distrito Federal, onde em 2018 foram assinados contratos para que sete cooperativas de catadores prestem os serviços de coleta seletiva em dez regiões do DF. O trabalho será feito no Cruzeiro, no Itapoã, no Lago Norte, no Lago Sul, no Paranoá, no Riacho Fundo I, no Riacho Fundo II, em São Sebastião, em Sobradinho e no Varjão. Somados todos esses fatos o nosso projeto tem destinação voltada às cooperativas, como meio de atingir o catador de materiais reciclados. (BRASILIENSE, 2018).

1.3.3 Diferenças pretendidas com a carroça elétrica

Pretende-se com o desenvolvimento do projeto Carroça Elétrica levar melhoria social à vida de catadores e também proporcionar um meio mais eficiente para que eles trabalhem com mais segurança e conforto e, além disso, consigam transportar maior quantidade de carga. Adicionalmente, haverá um aplicativo que monitorará o peso, a velocidade e a localização do veículo.

1.4 Lista é/Não é

1.4.1 É

1. Um projeto com viés social;
2. Um triciclo acoplado a um compartimento de carga;
3. Um veículo tracionado por motores elétricos;
4. Possui 2 rodas traseiras e 1 dianteira;
5. Tem por finalidade atender preferencialmente aos catadores de material reciclável de cooperativas de reciclagem do Distrito Federal;
6. É capaz de medir por meio sensores e exibir em sua interface, a porcentagem de bateria disponível, a velocidade instantânea do veículo e o peso de material coletado;
7. A interface é uma tela localizada no guidom, acionável pelo catador, que indica todos os dados da carroça;
8. A carroça terá sua localização e dados transmitidos a um aplicativo;

1.4.2 Não é

1. Um produto de baixo custo;
2. Não é capaz de separar os materiais recicláveis;
3. Não é capaz de processar plásticos, vidros, metais e papéis com tratamento químico elevado;
4. Não é capaz de classificar o lixo depositado na carroça;
5. Não é capaz de funcionar sem energia elétrica;
6. Não é um sistema inteiramente autônomo;
7. Não é capaz de reaproveitar pedaladas para carregar o equipamento;

1.5 Premissas e Restrições do Produto

Para desenvolver a solução proposta, foram feitas análises de aspectos técnicos restritivos para planejamento do projeto. São esses:

1. Local para estacionamento: a carroça pode ser estacionada, entre os usos, em locais fechados ou abertos. Se estacionada em ambiente aberto deve haver uma proteção sobre a mesma.
2. Estabilidade do equipamento: devido ao volume de carga coletado, indica-se o posicionamento do equipamento em locais planos e a existência de apoios na parte inferior.
3. Estrutura resistente: a estrutura do produto deve ser resistente o suficiente para comportar o peso da carga coletada e os módulos eletrônico e energético, garantindo que estes não sejam danificados durante o uso.
4. Acesso a ponto de energia: a carroça deve possuir acesso a energia elétrica, no local de estacionamento ou próximo a ele, a fim de realizar as recargas da bateria;
5. Armazenamento do composto orgânico: o usuário deve possuir estrutura para processamento e separação do material coletado.
6. Uso de Smartphone ou computador com acesso à internet: tanto o aplicativo de coleta quanto a carroça devem estar conectados à internet para que seja analise e interprete os dados coletados durante a coleta.

1.5.1 Restrições do Projeto

As restrições para execução do projeto estão descritas a seguir:

- A execução do projeto deve respeitar às restrições do ensino remoto imposto pela situação de pandemia de COVID-19 vigente;
- Os integrantes devem trabalhar 12 horas semanais, em média;
- O projeto deve seguir às instruções estabelecidas no plano de ensino da disciplina;
- O tempo de execução do projeto se restringirá ao semestre letivo vigente;
- O projeto deve aplicar conhecimento de todas as Engenharias contempladas na Universidade de Brasília Campus Gama (UnB - FGA) (Engenharia de Energia, Software, Eletrônica, Aeroespacial e Automotiva).

1.5.2 Objetivos do Projeto

1.5.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma carroça movida por tração elétrica que auxilie as cooperativas de lixo reciclável a recolher mais produtos, de forma mais eficiente e eficaz gerando mais renda para os catadores cooperados.

1.5.2.2 Objetivos Específicos

O veículo a ser desenvolvido tem por objetivos específicos:

- Desenvolver veículo que não precise de emplacamento;
- Desenvolver veículo que possa andar em acostamentos;
- Desenvolver veículo que conte com aplicativo para monitoramento em tempo real;
- Inserir o projeto no contexto do fomento governamental por parte do GDF para reciclagem do lixo, através de cooperativas de reciclagem;
- Contribuir com a diminuição da quantidade de lixo reciclável descartada nos aterros sanitários e a poluição do solo;

1.5.3 Vantagens e Desvantagens do Projeto

A partir dos parâmetros construídos acima, foram selecionadas algumas vantagens e desvantagens observadas na proposta desenvolvida, que se encontram na tabela.

Vantagens	Desvantagens
Será feito de materiais resistentes	Alto custo
Acionamento elétrico por botão	Usuário tem que ter habilidade para andar de bicicleta
Usuário não precisa ter conhecimento de tecnologia para utilizá-la	não haverá separação de material dentro da carroça
há um aplicativo para monitoramento da carroça	

Tabela 1 – Vantagens e Desvantagens Fonte: Autores.

1.5.3.1 Produtos Concorrentes

1.6 Papéis e Responsabilidades

Os papéis funcionais foram definidos seguindo os requisitos de quantidade e responsabilidades, apresentados no plano de ensino da disciplina de Projeto Integrador 2, exceto pelo papel de Representante Técnico, definido devido a necessidade de um representante específico para a área estrutural, o que facilitou a comunicação do entre papéis gerenciais e desenvolvedores. Segue um resumo das responsabilidades de cada papel funcional:

- Coordenador Geral: Atuar no planejamento das atividades da equipe, gerindo os requisitos, tempo, riscos, atividades, comunicação, custos e integração do projeto, e assegurando a entrega dos artefatos, documentos e produtos gerados no projeto;
- Diretor de Qualidade: Dar suporte ao Coordenador Geral, atuar na definição dos requisitos a serem atendidos nas entregas de artefatos, documentos e produtos do projeto, e verificar se tais requisitos de qualidade foram atendidos;
- Diretor Técnico: Gerenciar atividades, definir requisitos, validar qualidade interna dos artefatos, documentos e produtos gerados, e gerenciar o planejamento de suas respectivas áreas;
- Desenvolvedor: Executar atividades e tarefas planejadas, desenvolvendo artefatos, documentos e os produtos do projeto;
- Representante Técnico: Facilitador na comunicação entre membros de uma área técnica e o diretor técnico e dando suporte às atividades gerenciais do diretor técnico.

Com base na Figura 3, A divisão dos aluno no projeto e suas respectivas funções serão conforme a Tabela 2.

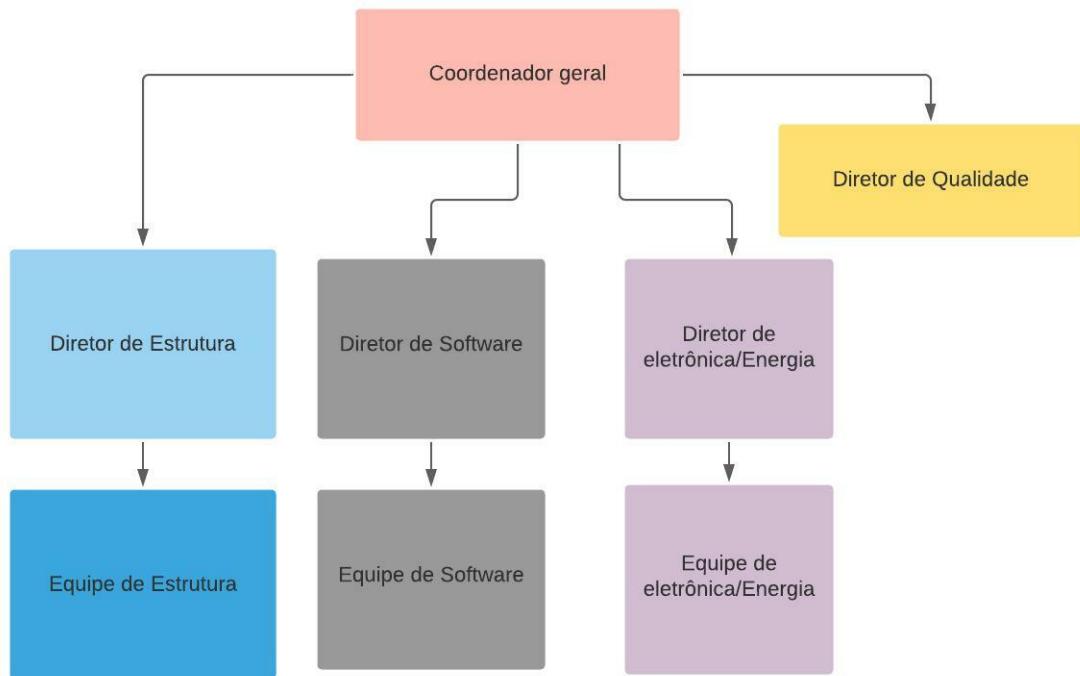


Figura 3 – Coordenação geral . Fonte: Autores.

Nome do aluno	Função
André Lucas Ferreira Lemos de Sousa	Desenvolvedor
Arthur Da Silva Alves	Coordenador do Subgrupo Energia/Eletrônica
Bruno Paiva Alves	Coordenador Geral
Bruno Pinheiro de Melo Lima	Diretor do Controle de Qualidade
Felipe Nascimento Dias	Desenvolvedor
Gabriel de Jesus Lourenço	Coordenador do Subgrupo Estrutura
Lucas Gomes de Oliveira	Coordenador do Subgrupo Software
Lucas Pereira Gonçalves	Desenvolvedor
Lucas Pires De Lima	Desenvolvedor
Luiz Henrique Ferreira Alves	Desenvolvedor
Matheus Pereira Morais	Desenvolvedor
Miguel Henrique de Oliveira Alves	Desenvolvedor
Raphael de Almeida Southall	Desenvolvedor
Thiago Martins De Sousa	Desenvolvedor
Victor Rodrigues Silva	Desenvolvedor

Tabela 2 – Alunos Fonte: Autores.

1.6.1 Equipe

A relação dos aluno no projeto e suas respectivas engenharias e números de matrícula seguem conforme a Tabela 3.

Nome do aluno	Engenharia	Matrícula
André Lucas Ferreira Lemos de Sousa	Engenharia de Software	15/0005563
Arthur Da Silva Alves	Engenharia de Energia	14/0131035
Bruno Paiva Alves	Engenharia Eletrônica	15/0007191
Bruno Pinheiro de Melo Lima	Engenharia Aeroespacial	17/0030695
Felipe Nascimento Dias	Engenharia Automotiva	14/0188401
Gabriel de Jesus Lourenço	Engenharia Aeroespacial	17/0079503
Lucas Gomes de Oliveira	Engenharia de Software	15/0137184
Lucas Pereira Gonçalves	Engenharia de Energia	14/0151079
Lucas Pires De Lima	Engenharia de Energia	18/0125923
Luiz Henrique Ferreira Alves	Engenharia Aeroespacial	17/0163130
Matheus Pereira Moraes	Engenharia de Energia	15/0018304
Miguel Henrique de Oliveira Alves	Engenharia de Software	15/0018304
Raphael de Almeida Southall	Engenharia Eletrônica	17/0080498
Thiago Martins De Sousa	Engenharia Eletrônica	15/0149999
Victor Rodrigues Silva	Engenharia de Software	16/0019516

Tabela 3 – Alunos Fonte: Autores.

1.6.2 Professores

A relação dos docentes no projeto e suas respectivas áreas de atuação serão conforme a Tabela 4:

Professores	Área de atuação
Alex Reis	Engenharia de Energia
José Felício da Silva	Engenharia Eletrônica
Rhander Viana	Engenharia Automotiva
Ricardo Matos Chaim	Engenharia de Software
Paolo Gessini	Engenharia Aeroespacial

Tabela 4 – Professores Fonte: Autores.

1.6.3 Público Alvo

Nosso público-alvo serão as cooperativas de catadores de material reciclável, enquanto concessionárias do Governo do Distrito Federal - GDF, para sua coleta. Levando em conta ainda sua capacidade de receber outros tipos de fomento por parte do GDF a fim de financiar a compra das carroças elétricas.

ID	Risco	Consequência
1	Desistência da disciplina	Sobrecarregar demais os membros .
2	Inexperiência da equipe	Atraso na implementação do projeto
3	Dificuldade na comunicação e alinhamento entre estrutura, eletrônica e software.	Funcionamento incorreto da carroça
4	Não realização das tarefas no tempo proposto	Atraso na solução de problemas e possível reflexo em outras equipes

Tabela 5 – Riscos Gerais do Projeto. Fonte: Autores.

1.7 Riscos

1.7.1 Riscos Gerais

A análise de riscos tem como objetivo identificar e mitigar riscos que possam prejudicar o andamento do projeto. Para essa análise, foi utilizada a matriz Gravidade, Urgência e Tendência (GUT), que é uma ferramenta de auxílio na priorização e tomada de decisões em um projeto. A análise de riscos gerais do projeto é descrita conforme a Tabela 5.

Cada setor possui uma análise específica de riscos, que são descritos nas tabelas 6, 8 e 10

1.7.2 Riscos de Estruturas

Segue abaixo os riscos de estrutura:

ID	Categoria	Risco	Consequência
1	Desempenho	Desbalanceamento estrutural	Esforços concentrados em determinados pontos da estrutura, podendo ocasionar fraturas.
2	Desempenho	Quebra ou funcionamento irregular do Diferencial	Rotação irregular das rodas traseiras, podendo ocasionar problemas de equilíbrio da carroça e tombamentos.
3	Desempenho	Quebra ou funcionamento irregular do Sistema de Transmissão	Falha na entrega da potência do motor às rodas.
4	Integração	Falhas na integração estrutura/eletrônica-energia	Ineficiência ou inabilitação de componentes.
5	Operador/Veículo	Acidentes e problemas ergonômicos	Problemas psicofisiológicos e físicos no operador.
6	Operação	Excesso de carga	Inabilitação do veículo; desgaste das estruturas; sobrecarga de componentes.
7	Operação	Ausência ou atraso de Manutenção	Inabilitação do veículo; quebra de componentes.

Tabela 6 – Riscos de Estrutura do Projeto. Fonte: Autores.

1.7.2.1 Análise dos Riscos e Ações

Segue abaixo a análise de riscos de estrutura:

ID	Ação	Ação Reativa	G	U	T	Grau Crítico
1	Prevenir	Fazer balanceamento regular do veículo para evitar o desbalanceamento estrutural	2	2	3	12
2	Prevenir	Inicialmente optar por não incluir diferencial no projeto	5	5	5	125
3	Mitigar	Manter boas condições para correto funcionamento do Sistema de Transmissão	3	3	5	45
4	Prevenir	Reuniões periódicas entre as áreas durante o projeto.	4	4	5	80
5	Mitigar	Treinamento dos operadores para a utilização correta do veículo bem como um sistema de gerenciamento de segurança.	4	4	2	32
6	Mitigar	Treinamento dos operadores para a utilização correta do veículo. Dimensionar corretamente o compartimento de cargas.	3	2	2	12
7	Mitigar	Treinamento do cliente para a aderência ao plano de manutenção.	4	3	3	36

Tabela 7 – Análise de Risco e ações de Estrutura. Fonte: Autores.

1.7.3 Riscos de Eletrônica

Segue abaixo os riscos de eletrônica:

ID	Categoria	Risco	Consequência
1	Operação	Falta de energia nos componentes eletrônicos causado pela bateria.	Interrompimento do funcionamento dos sensores de sinalização e controle de bateria e sistemas de controles gerais.
2	Operação	A queima de algum componente eletrônico devido a um curto-circuito, contato com líquido ou surto elétrico.	Mau funcionamento e possível pane dos controles de carga das baterias e do sistema de controle do veículo.
3	Desempenho	Má utilização dos componentes, sofrendo impactos e estresses variados como longas exposições a altas temperaturas.	Possíveis avarias no funcionamento correto dos componentes eletrônicos.
4	Desempenho	Má instalação dos componentes eletrônicos.	Ocorrência de erros de medição, podendo chegar a depender do componente instalado uma falha completa.
5	Operação	Erros de Firmware.	Possíveis falhas no sistema de sinalização e de controle do veículo.
6	Desempenho	Falha da comunicação do sistema ao GPS, Wifi ou Bluetooth.	Falta de Geolocalização do veículo.

Tabela 8 – Risco de Eletrônica. Fonte: Autores.

1.7.3.1 Análise dos Riscos e Ações

ID	Ação	Ação Reativa	G	U	T	Grau Crítico
1	Aceitar	Permitir que o sistema seja reini-ciado quando obter o retorno da energia.	2	2	2	8
2	Prevenir	Explorar possíveis falhas de distri-buição elétricas e locais de contato com líquidos, impermeabilizando-os.	5	3	4	32
3	Mitigar	Estruturar locais mais adequados para evitar possíveis impactos e má utilização dos componentes.	3	4	4	28
4	Evitar	Informar corretamente locais de possíveis trocas e manutenções de componentes, especificando-os cor-rectamente qual tipo, modelos e como realizar a correta instalação com os manuais do proprietário.	5	3	4	32
5	Explorar	Realizar variadas simulações e tes-tes para buscas de possíveis erros que possam comprometer o mau funcionamento do veículo.	4	4	3	24
6	Mitigar	Permitir com que o sistema se mantenha em um estado de espe-rar até que a reconexão seja esta-belecida. Com emissão de alerta no visor que o sistema está desconec-tado.	2	3	2	12

Tabela 9 – Análise de Risco e ações de Eletrônica .Fonte: Autores.

1.7.4 Riscos de Energia

ID	Categoria	Risco	Consequência
1	Desempenho	Vida útil da bateria	Influencia diretamente em sua eficiência e durabilidade, e alguns fatores como frequência de carga, profundidade e taxa de descarga, temperatura e condições de operação podem colaborar para que a bateria tenha sua vida útil diminuída
2	Operação	Risco de curto elétrico no motor	O curto-circuito normalmente ocorre devido a falta ou a queda de tensão gerando, assim, uma sobrecarga elétrica no motor, e criando um contato entre as fases do circuito.
3	Desempenho	Menor eficiência Energética	Perda na eficiência do motor, onde se não ocorrer uma manutenção preventiva pode afetar no desempenho ocorrendo grande consumo elétrico e perda de potência podendo gerar falhas.
4	Desempenho	Risco de explosão e incêndio	Falta de fase, rotor travado, pico de tensão sobreaquecimento

Tabela 10 – Risco de Energia. Fonte: Autores.

1.7.4.1 Análise dos Riscos e Ações

ID	Ação	Ação Reativa	G	U	T	Grau Crítico
1	Aceitar	Permitir que o sistema seja reini-ciado quando obter o retorno da energia.	2	2	2	8
2	Prevenir	Explorar possíveis falhas de distri-buição elétricas e locais de contato com líquidos, impermeabilizando-os.	5	3	4	60
3	Mitigar	Estruturar locais mais adequados para evitar possíveis impactos e má utilização dos componentes.	3	4	4	48
3	Evitar	Cabos de alimentação muito lon-gos ou muito finos, o excessivo nú-mero de partidas em tempo curto, a conexão incorreta dos cabos de ligação do motor e ainda a ventila-ção deficiente	3	3	2	18

Tabela 11 – Análise de Risco e ações de Energia .Fonte: Autores.

2 Requisitos

2.1 Requisitos Legais

De acordo com o projeto, deve-se seguir com algumas delimitações legislativas. E a primeira delas é de acordo com a Legislação da Lei Nº9503 e 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro, proíbe o uso de animais e a União criará programa de incentivo à substituição de veículo de tração animal, por veículo de propulsão humana ou tração elétrica. Segunda, de acordo com o CONTRAM no art. 1º da Resolução nº 315, de 8 de maio de 2009, ficam restrita a nossa carroça ter caráter de uma bicicleta elétrica, no qual se restringe na área de pedestre a andar a 6km/h e na ciclovía a 20km/h.

2.2 Requisitos Gerais

Análise de Parâmetros Essenciais.

Parâmetro	Conceito	Porcentagem	Nível
Velocidade	Velocidades altas não condiz com nosso sistema	100 por cento até 20 por cento	indesejável
Velocidade	Velocidades altas não condiz com nosso sistema	20 por cento até 0 por cento	ótimo
Umidade	a umidade alta atrapalha o funcionamento dos equipamentos elétricos e eletrônicos	100 a 80 por cento	indesejável
Umidade	a umidade alta atrapalha o funcionamento dos equipamentos elétricos e eletrônicos	80 a 40 por cento	bom
Umidade	a umidade alta atrapalha o funcionamento dos equipamentos elétricos e eletrônicos	40 a 0 por cento	ótimo

Tabela 12 – Análise de Parâmetros Essenciais da Carroça Elétrica .Fonte: Autores.

2.3 Requisitos de Estruturas

Os requisitos levantados na primeira fase do projeto se desdobram em uma série de componentes que, a fim de atende-los, relacionam-se os componentes da estrutura bem como sua respectiva descrição e classificação, conforme a Tabela 13.

Parâmetro	Conceito	Classificação
Suporte Bateria	Espaço para alocar a bateria	Must have
Chassi	Estrutura rígida para compor a base da estrutura	Must have
Suporte do eixo	suporte do eixo traseiro	Must have
Eixo	eixo das rodas traseiras	Must have
Garfo	suporte para acoplagem da roda dianteira	Must have
Suspensão	sistema de suspensão	Could have
Amortecedor	sistema de amortecimento	Could have
Roda traseira	roda traseira para acoplagem de motor	Must have
Roda dianteira	roda da parte frontal do veículo	Must have
Carroceria	compartimento para armazenar a carga	Must have
Triturador	unidade de Trituração de materiais	won't have
Freios	Sistema para frenagem do veículo	Must have

Tabela 13 – Requisitos de Estruturas. Fonte: Autores.

2.4 Requisitos de Eletrônica

Componente	Descrição	Classificação
Sensoriamento	Detectar velocidade da carroça	Must Have
Sensoriamento	Detectar as forças de aceleração causadas pela movimentação ou vibração da carroça	Could Have
Sensoriamento	Detectar peso máximo suportado pela carroça	Must Have
Sensoriamento	Sensor de proximidade para facilitar estacionamento	Must Have
Sinalização veicular	Acionamento da luz de freio e acionamento da luz pisca alerta	Must Have
Comunicação	Processamento de sinais enviados pelos sensores através de microcontroladores	Must Have
Comunicação	Manipulação dos dados recebidos pelos microcontroladores	Must Have
Comunicação	Comunicação entre microcontroladores e microprocessadores	Must Have

Tabela 14 – Requisitos de Eletrônica. Fonte: Autores.

2.5 Requisitos de Energia

Componente	Descrição	Classificação
Alimentação	Deve haver bateria para a alimentação do sistema da carroça	Must have
Alimentação	Deve haver uma fonte de alimentação responsável pela capacidade de carga das baterias que atenda ao tempo (autonomia) necessária de funcionamento da carroça	Must have
Carregar baterias	Deve possuir um sistema que permita a carga em uma tomada simples residencial	Must have
Autonomia	Deve ter autonomia de carga para um período mínimo de 6 horas de operação	Must have
Carregar baterias	Deve possuir carregador móvel de bateria que utilizará a rede elétrica	Could have
Motor elétrico	Deve ter um motor elétrico que tenha potência suficiente para atender as necessidades do condutor em se locomover com a carroça elétrica em sua capacidade de peso total.	Must have

Tabela 15 – Requisitos de Energia Fonte: Autores.

2.6 Requisitos de Software

2.6.1 Requisitos Funcionais

ID	Categoria	Requisito	Prioridade
RF1	Cadastro	O aplicativo deverá ter o cadastro em sua primeira tela	Must Have
RF2	Cadastro	O aplicativo deverá realizar o login perpétuo do veículo após o cadastro	Could Have
RF3	Cadastro	O aplicativo deverá permitir editar o perfil somente após inserção de senha	Must Have
RF4	Interface	O aplicativo deverá exibir a velocidade do veículo	Must Have
RF5	Interface	O aplicativo deverá exibir o peso aproximado da carga	Must Have
RF6	Interface	O aplicativo deverá exibir o nível de carga da bateria	Must Have
RF7	Interface	O aplicativo deverá exibir a autonomia da bateria	Must Have
RF8	Interface	O aplicativo deverá alertar na tela quando se aproximar da carga máxima	Must Have
RF9	Interface	O aplicativo deverá alertar na tela quando a bateria estiver baixa	Should Have
RF10	Geolocalização	O aplicativo deverá utilizar a geolocalização do veículo para registrar os pontos de coleta	Should Have
RF11	Geolocalização	O aplicativo promove integração com o Google Maps para indicar rotas	Should Have
RF12	Geolocalização + Email	O aplicativo deverá gerar um relatório diário dos dados coletados	Could Have
RF13	Interface	O aplicativo deverá ter uma tela "Dashboard" com as informações mais importantes sendo mostradas	Must Have

RF14	Embarcado	O aplicativo deverá coletar os dados providos pelo Microcontrolador	Must Have
RF15	Interface	O aplicativo deverá possuir um botão para iniciar a coleta	Could Have
RF16	Interface	O aplicativo deve possuir um botão para terminar a coleta	Could Have
RF17	Interface	O aplicativo deverá emitir alerta caso a coleta não tenha sido terminada e houver registro de movimento	Could Have

2.6.2 Requisitos Não Funcionais

ID	Categoria	Requisito	Prioridade
RNF1	E-mail	Criar uma conta do Gmail para cada veículo	Must Have
RNF2	Embarcado	O aplicativo deverá se comunicar com o Microcontrolador através de uma conexão Bluetooth	Must Have
RNF3	Segurança	O aplicativo deverá deixar clicável o botão de nova coleta somente quando estiver a 0 km/h	Should Have
RNF4	Segurança	O aplicativo deverá deixar clicável o botão de gerar relatório somente quando estiver a 0 km/h	Should Have
RNF5	Interface	Uso de design responsivo nas interfaces gráficas	Must Have
RNF6	Usabilidade	O aplicativo deverá possuir uma interface intuitiva de fácil utilização	Must Have
RNF7	Usuário	O usuário possuir conhecimentos mínimos acerca da aplicação	Could Have
RNF8	Manutenabilidade	O aplicativo deve ser reparado facilmente	Must Have
RNF9	Confiabilidade	O aplicativo deverá ter alta disponibilidade	Must Have
RNF10	Desempenho	Tempo de resposta abaixo de 1 segundo	Must Have
RNF11	Portabilidade	O sistema deve rodar em Sistemas Operacionais Android, a partir da versão 8.0	Must Have
RNF12	Reusabilidade	Facilmente replicável	Must Have
RNF13	Segurança	A comunicação externa será feita somente com as APIs e serviços do Google, além do email padrão definido pela cooperativa	Must Have
RNF14	Geolocalização	O aplicativo deve ter acesso constante à internet para funcionamento de funcionalidades específicas	Should Have

3 Solução de Estruturas

O projeto prévio da carroça elétrica, especificamente quanto à solução de estruturas, teve seu escopo definido juntamente com o cliente, através de reuniões com representantes do público alvo, além de assistencia de professores da UnB.

Diante das premissas obtidas, ficou definido que o pré-processamento do material catado pela Carroça não é uma prioridade, visto que seria um retrabalho, podendo mesmo atrapalhar o processo que é realizado em seguida, já no galpão da empresa. Sendo assim, a equipe resolveu acatar o feedback e optou por não incluir um triturador ou amassador na Carroça, o que também impactaria significativamente a complexidade da estrutura.

Outros pontos definidos foram quanto à utilização de diferencial na Carroça, tendo-se optado, inicialmente, por não adotá-lo, tendo em vista a complexidade da peça em questão e a possibilidade de contornar sua necessidade com a utilização de tração dianteira.

As demais especificações estruturais seguem conforme a próxima seção e o que consta na seção Requisitos de Estruturas.

3.1 Componentes estruturais

3.1.1 Premissas de Projeto

- Chassi: Deve ser capaz de suportar uma carga de até 300kg. A área suportará a carroceria, que deverá ser fechada para evitar a perda dos materiais durante o movimento, com porta de fácil acesso para o usuário (catador).
- Peso próprio da estrutura: será de aproximadamente 50 Kg.
- Esforços mecânicos: são principalmente do tipo estático, já que as cargas dinâmicas, devido à baixa velocidade, podem ser consideradas desprezíveis.
- Estrutura dianteira: Precisará suportar todo o peso do condutor, com guidão com botões convenientes de acionamento de motor, setas, freios e demais interfaces de usuário, e de fácil manobrabilidade. O banco deverá ser posicionado de forma ergonômica para operação por longos períodos de tempo pelo condutor e fabricado em material confortável e de fácil limpeza.
- Motor elétrico: Deverá ser acionado pelo usuário quando necessário. Será alimentado por baterias que serão recarregadas através de tomada. O motor deverá ser convenientemente acomodado na estrutura a fim de preservá-lo contra choques, intempéries ou mesmo contatos accidentais com o operador.

- Freios: Precisará ser capaz de parar totalmente o veículo durante sua operação com plena carga em um espaço de tempo que mantenha o conforto do usuário sem sacrificar a sua segurança ou de potenciais pedestres.

3.2 Definição de materiais empregados

A definição dos materiais a serem empregados no projeto foi orientada conforme as considerações e os cálculos adotados a seguir.

3.2.1 Cálculo da viga longitudinal

O cálculo da seção transversal da viga longitudinal será modelado considerando essa viga como bi apoiada e com carregamento distribuído uniformemente ao longo de seu comprimento. O carregamento considerado será de metade da carga total (P). O comprimento da viga considerada nos cálculos é de 1,5 m.

O dimensionamento será feito com base na análise da tensão de cisalhamento a fim de que o perfil seja projetado com uma margem de segurança de 50%. A tensão de cisalhamento é dada pela seguinte expressão:

$$\tau_{max} = \frac{V \cdot Q}{I \cdot e}$$

Onde “V” é o esforço cortante, “Q” o momento estático, “I” o momento de inércia e “e” a espessura.

A seção transversal está representada na Figura 4.

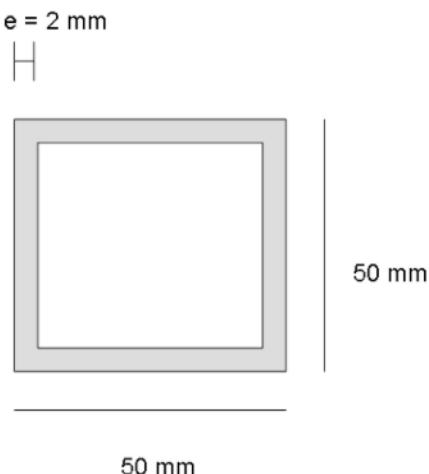


Figura 4 – Viga longitudinal. Seção transversal proposta. Fonte: Autores

O esforço cortante foi obtido com o auxílio da ferramenta ftool e seu valor é de 0,83 KN/m e, consequentemente, a tensão de cisalhamento (V) foi de 6,06 MPa, sendo o

limite de escoamento de 15 MPa o que deixa o projeto com uma carregamento de 40% do limite atendendo à margem de segurança.

O cálculo do momento fletor resistente foi feito com base na norma NBR 8800 2008, que segundo esta para o perfil definido deve valer a relação $\lambda < \lambda_p$, onde:

$$\lambda = \frac{L}{t} \text{ e,}$$

$$\lambda_p = 1,12\sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Com “L” sendo o comprimento da mesa; “t”, a espessura; E, o módulo de elasticidade e, “fy”, a resistência ao escoamento. Os valores encontrados foram $\lambda = 25$ e $\lambda_p = 37,27$, ou seja, a geometria adotada atende a norma em questão.

3.2.2 Cálculo do eixo das rodas traseiras

Para uma distância δ entre a roda e os apoios da caçamba, é possível construir os diagramas relevantes para os cálculos do eixo traseiro, como mostra a Figura 5.

Sendo $F_v = 3000\text{N}$, o peso integral da estrutura, nota-se que o momento máximo atuante dependerá da distância δ , que deverá ser minimizada. O momento fletor máximo é de:

$$M = \frac{F_V \cdot \delta}{2}$$

A tensão aplicada será, então (JOHNSTON, 2010):

$$\sigma_{xx} = -\frac{M \cdot y}{I_{zz}}$$

Portanto,

$$\sigma_{xx} = -\frac{F_V \cdot \delta \cdot y}{2I_{zz}}$$

Para uma seção circular, $I_{zz} = \frac{\pi \cdot r^4}{4}$, e y será o deslocamento do centro do eixo, $y = r$:

$$\sigma_{xx} = \pm \frac{F_V \cdot \delta \cdot r}{2 \frac{\pi \cdot r^4}{4}}$$

$$\sigma_{xx} = \pm \frac{2 \cdot F_V \cdot \delta}{\pi \cdot r^3}$$

$$\sigma_{xx} = \pm \frac{16 \cdot F_V \cdot \delta}{\pi \phi^3}$$

Por fim, mantendo a tensão abaixo da tensão de escoamento:

$$\sigma_Y \cdot \phi^3 > \frac{16F_V \cdot \delta}{\pi} \quad (3.1)$$

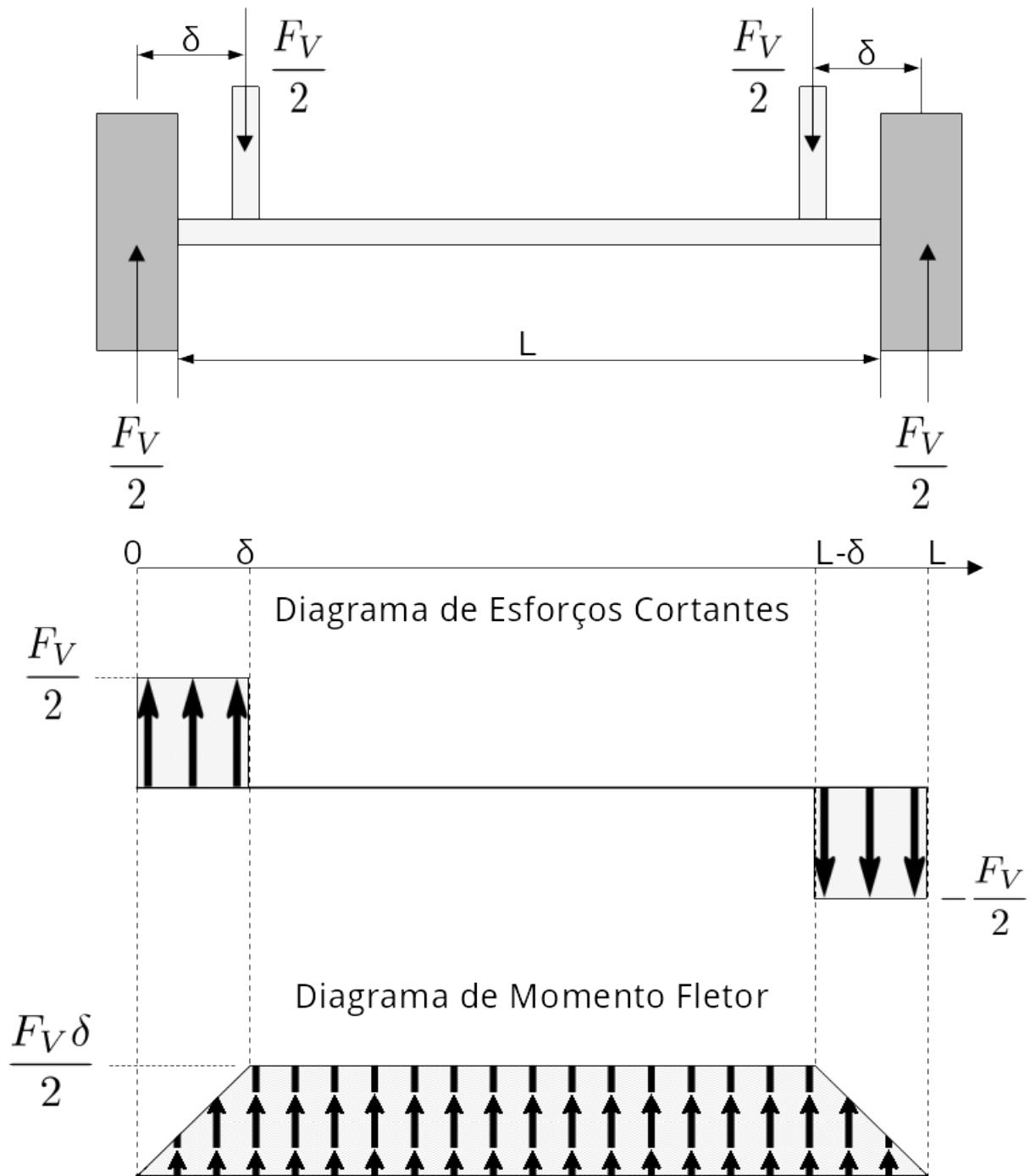


Figura 5 – Diagramas de esforços para o eixo. Fonte: Autores

Relacionando, à esquerda, propriedades da seção e do material com, à direita, definições do veículo. Substituindo os valores e supondo $\delta = 10\text{cm}$:

$$\sigma_Y \cdot \phi^3 > 15,279[\text{N} \cdot \text{m}]$$

Para o aço 1010, esta fórmula fornece um diâmetro mínimo de 2,3cm para o eixo traseiro.

3.2.3 Cálculo da Chapa do piso

Um esquema simplificado do chassi, visto de cima, de forma a acomodar a chapa do piso pode ser visto na Figura 6.

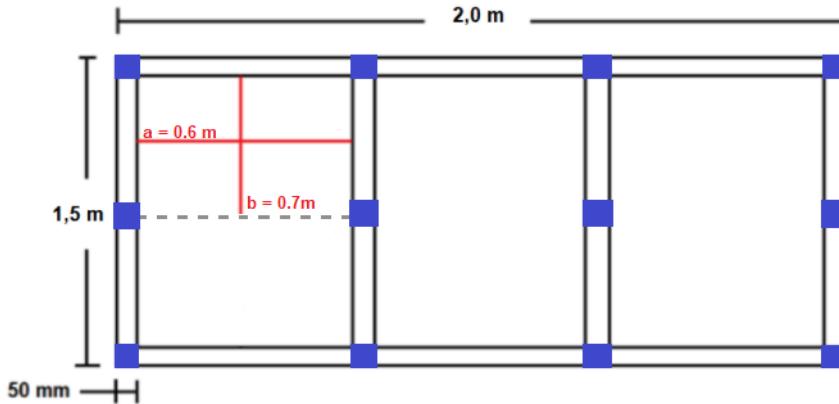


Figura 6 – Chassi, estrutura abaixo da chapa do piso, vista superior detalhes suporte em azul. Fonte: Autores

A fixação da chapa no piso é do tipo “Supported On All Corners With UDL”. ([STRUCTX, 2021](#)).

$$\frac{a}{b} = \frac{0,6}{0,7} = 0,85 \approx 0,9$$

O carregamento distribuído uniformemente e a carga total é tal que $P = 2.450 \text{ N} = 550,782 \text{ lbs}$. Portanto $w = 875 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,1269 \text{ Psi}$.

De acordo com National Annex 1 do Eurocódigo 3, é recomendado que a flecha máxima, y_{max} , seja igual a $\frac{L}{250}$, sendo L a maior dimensão da chapa, sendo que, para o caso em questão, $L = 700\text{cm}$ (maior dimensão entre 4 apoios). Assim, $y_{max} = 2,8$.

Para definir a espessura da chapa, dois critérios são possíveis, sendo a máxima deflexão (máxima flecha), ou a máxima tensão no centro da chapa. Para os cálculos neste projeto adotaremos o critério da máxima deflexão, sendo esta no centro de cada subparte da placa entre 4 apoios ([STRUCTX, 2021](#)).

$$y_{max} = 2,8 = \frac{12(1 - \mu^2) \cdot \eta_0 \cdot w \cdot b^4}{E \cdot t^3}$$

a/b	$\alpha_{0(a)}$	$\alpha_{0(b)}$	$\alpha_{1(a)}$	$\alpha_{2(b)}$	η_0	η_1	η_2
1.0	0.0947	0.0947	0.1606	0.1606	0.0262	0.0172	0.0172
0.9	0.0689	0.1016	0.1367	0.1541	0.0218	0.0119	0.0164
0.8	0.0047	0.1078	0.1148	0.1486	0.0180	0.0079	0.0157
0.7	0.0289	0.1132	0.0955	0.1435	0.0158	0.0050	0.0151
0.6	0.0131	0.1178	0.0769	0.1386	0.0148	0.0030	0.0146
0.5	0.0005	0.1214	0.0592	0.1339	0.0140	0.0016	0.0141

Figura 7 – Tabela de constantes α e η . Fonte: ([STRUCTX, 2021](#)).

Sendo o valor de a/b aproximadamente igual a 0.9, considera-se o valor de η_0 como sendo 0,0218, conforme a Figura 7. Além disso, para o alumínio, E = 9860 Ksi = 9.860.000 $\frac{lb}{in^2}$ e $\mu = 0,334$.

Aplicando o resultado à fórmula para o cálculo da espessura, temos que:

$$t = 0,085 \text{ in} = 2,159 \text{ mm}$$

Adotando-se o piso de alumínio, do tipo xadrez, sendo este o mais adotado para pisos por suas propriedades antiderrapantes (importante para evitar a movimentação de cargas durante o serviço do catador), tem-se como opção a chapa com espessura de 2,2 mm (cujo peso em $\frac{kg}{m^2}$ é de 7,20. ([SHOCKMETAIS, 2021](#))), o que redundaria num fator de segurança de 2% em relação aos cálculos obtidos. Cabe ainda acrescentar que a chapa do piso contribuirá com o peso da estrutura em cerca de 20 Kg.

3.2.4 Cálculo da Corrente

3.2.4.1 Corrente 1:4 (Motor para o eixo)

Dados do motor: 1200 W, 600 rpm. Diâmetro do aro 26 = 665 mm. Circunferência do aro 26 = 2,08 m

Portanto, com o motor de 600rpm, a roda giraria 1248 m por minuto utilizando uma polia 1:1, totalizando $20,8 \frac{m}{s}$. Sendo a velocidade máxima ideal seria por volta de $5 \frac{m}{s}$, o ideal seria utilizar a relação 1:4, totalizando 312 m por minuto.

Dados das polias:

polia motora: 12 dentes.

Polia movida: 48 dentes.

Dados da corrente: tamanho ($\frac{1}{2}$ circunferência pinhão + 2 x distância + $\frac{1}{2}$ circunferência coroa) (definir local do motor para definir o tamanho necessário.)

Largura: qualquer uma: 12, 15, 20, 25 ou 30 mm, conforme a Figura 8. Melhor seria 12 mm.

		Tabela 4 - Número máximo de rotações (rpm)				
Tipo de Corrente	Nº de Dentes do Pinhão	Passo da Corrente t (mm)				
		12	15	20	25	30
Rolos	15	2300	1900	1350	1150	1000
	19	2400	2000	1450	1200	1050
	23	2500	2100	1500	1250	1100
Cilíndricos	27	2550	2150	1550	1300	1100
	30	2600	2200	1550	1300	1100
Elos Dentados		12,70	15,87	19,05	25,40	31,75
Elos Dentados 15 a 35		3300	2650	2200	1650	1300

Figura 8 – Número Máximo de Rotações (rpm). Fonte: ([PROJETISTA, 2020](#)).

3.2.4.2 Corrente 16:1 (Pedais para a roda)

Partindo do princípio que um adulto normal exerce 75 W ([AVALLONE, 2007](#)), durante um turno de 8 horas de trabalho e o motor tendo 1200w, para as potências se igualarem é necessário uma relação 16:1.

Dados das polias:

polia motora: 4 dentes.

Polia movida: 64 dentes.

Dados da corrente: tamanho ($\frac{1}{2}$ circunferência pinhão + 2 x distância + $\frac{1}{2}$ circunferência coroa) (definir distância dos pedais para roda)

Largura: igual acima.

3.2.5 Cálculo das colunas verticais da caçamba

Supondo uma carga apoiada em dois pontos sobre a caçamba, conforme a Figura 9, tem-se, tomado a somatória do momento no canto direito, que:

$$P \cdot \frac{L}{2} - F_H \cdot H = 0$$

Portanto,

$$F_H = \frac{PL}{2H}$$

A tensão sobre esta coluna devido às forças horizontais será ([JOHNSTON, 2010](#)):

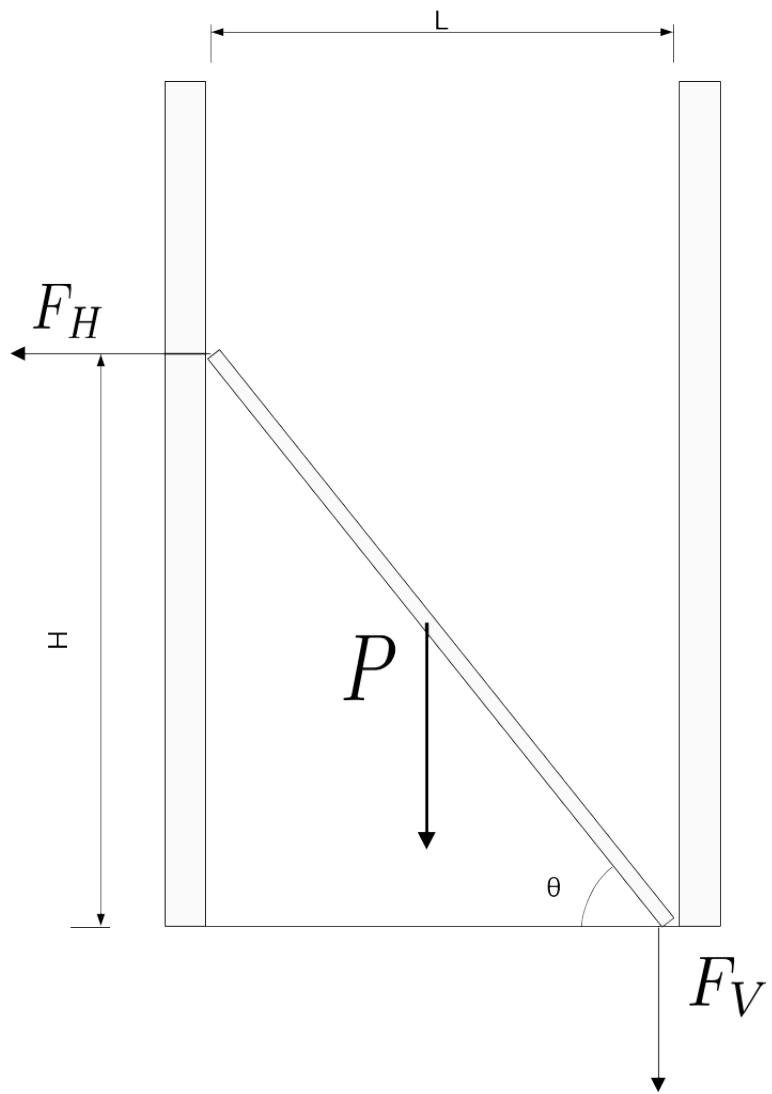


Figura 9 – Diagrama para cálculo de forças transversais sobre as colunas. Fonte: Autores.

$$\sigma_z = \pm \frac{M \cdot x}{I_{yy}}$$

Onde x é metade da altura do perfil da coluna, ou seja, $x = \frac{a}{2}$, e M é o momento devido à força transversal, $M = F_H \cdot H$. Assim:

$$\sigma_z = \pm \frac{\frac{P \cdot L}{2H} \cdot H \cdot \frac{a}{2}}{I_{yy}}$$

$$\sigma_z = \pm \frac{PLa}{4I_{yy}}$$

Ou, mantendo o material dentro do regime elástico:

$$\sigma_Y \frac{I_{yy}}{a} > \frac{P \cdot L}{4} \quad (3.2)$$

Que relaciona, à esquerda, propriedades geométricas e do material com, à direita, definições do veículo e carga.

Substituindo os valores, encontra-se que o peso P de um corpo apoiado sobre a lateral deve ser de no máximo 80kg. Aceitando este limite, é possível então encontrar materiais adequados para os apoios verticais. Para isto, o grupo analisou diversos catálogos de materiais para comparar diferentes perfis ofertados comercialmente ([ALUMÍNIO, 2021](#)) ([METALON, 2021](#)).

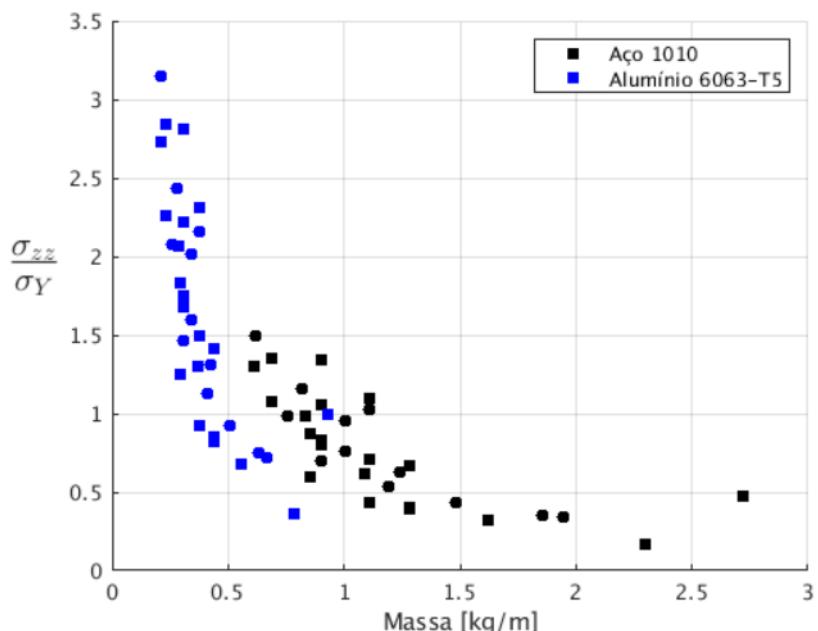


Figura 10 – Razão entre tensão presente e tensão de escoamento para diferentes perfis possíveis para a estrutura vertical e sua massa. Fonte: Autores.

Analizando a Figura 10, busca-se um perfil que esteja abaixo da linha $\frac{\sigma_{zz}}{\sigma_Y} = 1$, ou seja, que o material, dado as forças atuantes, não esteja acima do limite de escoamento. Após esta eliminação, nota-se que o alumínio apresenta vantagem no quesito massa, sendo os perfis com maiores margens de segurança também os mais leves. Os perfis de seção quadrada ou retangular mostraram-se mais vantajosos quando comparados aos perfis de seção circular.

Utilizando estes dados, o perfil que apresentou melhor resultado foi o de seção quadrada de medidas 38 x 38 x 1,4 mm de alumínio, que apresentou fator de segurança de 1.3 e possui uma densidade linear de $0,55 \frac{Kg}{m}$.

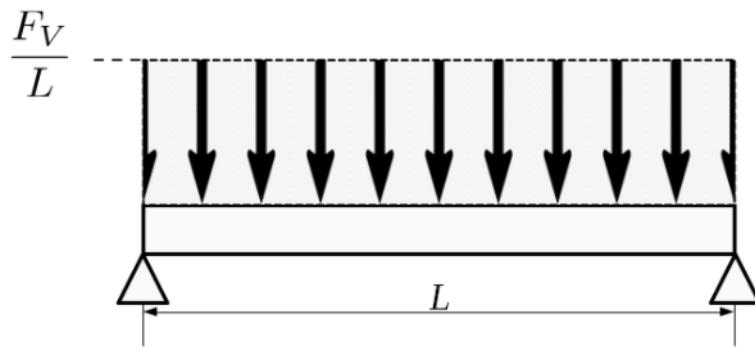


Figura 11 – Modelagem das vigas transversais. Fonte: Autores.

3.2.6 Cálculo das vigas transversais da caçamba

Modelando o carregamento das estruturas que irão entre as chapas do assoalho como vigas biapoiadas, Figura 11, com carregamento distribuído, tem-se que o maior momento fletor ocorrerá no centro de sua extensão e terá valor:

$$M_x = \frac{F_V \cdot L}{4}$$

Deste modo, a tensão máxima sofrida por este elemento devido à flexão será:

$$\sigma_{yy} = -\frac{M_x \cdot z}{I_{xx}}$$

Para um perfil de altura b, $z = \frac{b}{2}$. Fazendo as devidas substituições, tem-se que:

$$\sigma_{yy} = \pm \frac{F_V \cdot b \cdot L}{8 \cdot I_{xx}}$$

Para fazer a análise de possíveis perfis, e sabendo que haverá quatro destas vigas para suportar o peso da carga, supõe-se que sobre cada uma haverá um peso máximo de $\frac{1}{3}$ do total suportado pela caçamba: $F_V = \frac{2450}{3} \approx 817N$.

Para selecionar o perfil ideal para a seção, é feito o remanejamento da equação para a forma:

$$\frac{\sigma_Y \cdot I_{xx}}{b} > \frac{F_V \cdot L}{8}$$

Onde σ_Y representa a tensão de escoamento do material. Fazendo substituições numéricas para o caso específico:

$$\frac{\sigma_Y \cdot I_{xx}}{b} > 153,12N \cdot m \quad (3.3)$$

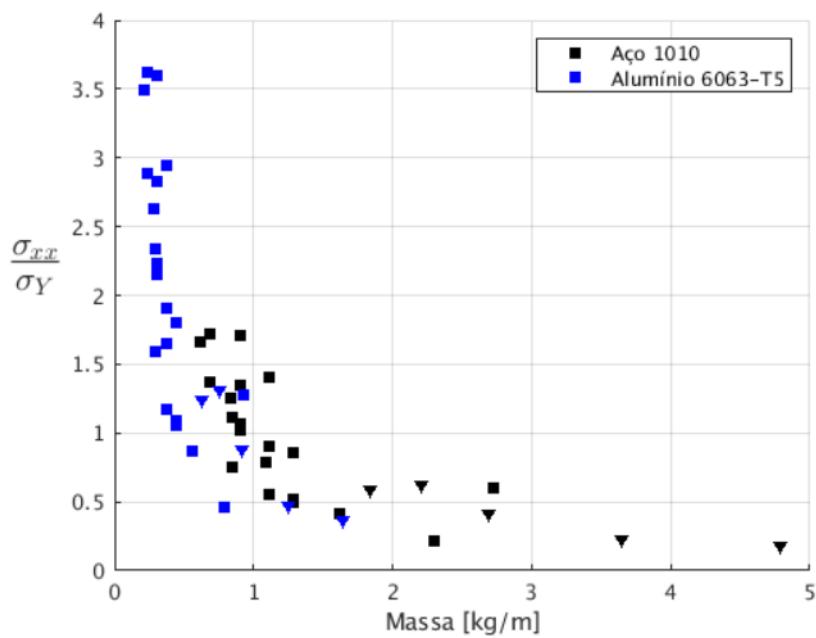


Figura 12 – Razão entre tensão presente e tensão de escoamento para diferentes perfis possíveis para as vigas transversais e sua massa. Fonte: Autores.

De posse desta fórmula, é possível então analisar a aplicabilidade de diferentes perfis, conforme a Figura 12.

Foram analisados perfis de seção quadrada e seção em ‘T’ (na Figura 12 representada por triângulos) para três materiais. Pontos acima da linha $\sigma_{xx}/\sigma_Y = 1$ possuem dimensões muito pequenas para as forças atuantes. Novamente, o alumínio possui clara vantagem quando sua massa é levada em consideração. Os perfis em T não mostraram benefícios em relação aos perfis quadrados. Perfis em I não foram analisados devido a ausência no mercado para as dimensões requeridas.

Analizando o gráfico, optou-se por um perfil quadrado de alumínio de 50 x 50 x 1,5 mm, que apresentou fator de segurança de 1,5, embora seja o perfil mais leve com fator de segurança acima de 1,25, tendo uma densidade linear de 0,78 $\frac{kg}{m}$.

3.2.7 Outras considerações

Tendo em vista as claras vantagens mecânicas obtidas nos cálculos obtidos anteriormente, e, particularmente, o peso geral da estrutura, bem como a durabilidade necessária à carroça, optamos por adotar para o alumínio como material para a sua estrutura.

3.3 Subsistemas

3.3.1 Freios

Quando o motor de um veículo está desengrenado podemos admitir que a energia do movimento do veículo de peso M é dissipada pelos freios durante uma frenagem. E:

M representa o peso do veículo (em Kgf);

V_i , a velocidade do veículo em movimento antes da frenagem (em $\frac{m}{s}$);

V_f , a velocidade do veículo no final da frenagem (em m/s).

A energia cinética a ser absorvida pelos freios em uma frenagem é dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot M \cdot (V_i^2 - V_f^2) \quad [\text{Joules}]$$

Para se obter a velocidade em $\frac{m}{s}$ temos que dividir o valor correspondente em $\frac{Km}{h}$ por 3,6.

Assim:

$$\frac{\frac{Km}{h}}{3,6} = 27,78 \frac{m}{s}$$

A energia E de uma freada de V_i para V_f , é dissipada em um tempo t dado por

$$t = \frac{V_i - V_f}{a}$$

Onde a é desaceleração do veículo em $\frac{m}{s^2}$.

Porém, a eficiência de frenagem é uma razão entre a desaceleração obtida no veículo a e a aceleração da gravidade g, ou melhor:

$$e = \frac{a}{g}$$

Ou seja,

$$a = e \cdot g$$

A potência P desenvolvida pelos freios é igual à razão do valor da energia E pelo tempo de dissipação t, ou seja,

$$P = \frac{E}{t}$$

Com base nessas equações podemos definir:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2} \cdot \frac{M \cdot (V_i^2 - V_f^2) \cdot a}{V_i - V_f}$$

considerando-se para efeitos de cálculo $g = 10 \frac{m}{s^2}$, podemos concluir:

$$P = 5 \cdot M \cdot (V_i - V_f) \cdot e$$

Considerando-se a massa total $M = 300$ Kg, a velocidade inicial como sendo a máxima possível, $V_i = 20 \frac{Km}{h} = 72 \frac{m}{s}$, a eficiência da frenagem como sendo àquela similar a de um carrinho de golfe, ([SHAIKH, 2019](#)), $e = 0,03$ e um fator de segurança de 10%.

Assim, a potência necessária à frenagem, P , é de cerca de 3,6 KW. Tendo em vista que, conforme a literatura, cada freio a disco é capaz de desenvolver uma potência de até 2,0 KW, ([MILLER et al., 2019](#)), e que a carroça contará com dois destes freios nas rodas traseiras e um na roda dianteira, o projeto é compatível com as necessidades esperadas em serviço.

3.3.2 Amortecimento

Veículos de grande porte geralmente utilizam o sistema de feixes de molas, conforme a Figura 13, constituídos basicamente por barras denominadas lâminas ou folhas unidas por um pino em sua parte central. Tais feixes trabalham sob esforço de flexo-torção onde a flexão é o esforço predominante. ([KOTHARI, 2014](#)) apud ([GUERRA, 2016](#)). A implementação mais moderna e mais utilizada é o feixe de molas parabólicas. Esse projeto é caracterizado por poucos feixes que possuem várias espessuras desde o centro até as extremidades seguindo a curva parabólica. ([GUERRA, 2016](#)).



Figura 13 – Amortecimento do tipo Feixe de Molas. Fonte: Google Imagens.

Há uma série de vantagens na utilização do feixe, como a economia de peso, porém, a principal vantagem dos feixes de mola parabólico é a excelente flexibilidade que se traduz na qualidade de passeio do veículo se aproximando dos efeitos gerados pelas molas helicoidais. As características dos feixes de molas parabólicos são melhores em relação ao conforto por não serem tão "duras" como os tradicionais feixes de mola o que torna viável a sua utilização, principalmente, em ônibus, pois esse meio de transporte funciona exclusivamente para transporte de pessoas e tais feixes podem garantir um maior conforto. (KONG et al., 2013) apud (GUERRA, 2016). Outra função dos feixes de mola é a de localizar o eixo de transmissão das rodas. Essa função auxilia o trabalho do eixo, pois não permite que o mesmo se movimente de forma translacional.

Portanto, diante da simplicidade, das vantagens elencadas e do custo, optou-se neste projeto por utilizar-se o amortecimento do tipo feixe de molas. Além disso, tendo em vista a carga total do veículo, serão adotadas molas de 03 Lâminas (GMS-14) da marca Torpa, com capacidade nominal de carga de 300 Kg por eixo.

3.3.3 Engrenagens

As engrenagens serão utilizadas para ajustar a rotação produzida pelo motor elétrico ao eixo das rodas a fim de obter um ganho de torque. Toda a transmissão se dará entre eixos paralelos, por esta razão serão adotadas engrenagens cilíndricas de dentes retos. O objetivo é com um conjunto obter uma redução de 4:1, ou seja, a cada quatro voltas eixo do motor uma volta na saída da caixa de engrenagens. O motor tem 1200 w de potencia e uma rotação de 600 rpm.

3.3.3.1 Definição das dimensões

Para o dimensionamento das engrenagens é preciso conhecer os elementos da geometria básica e as suas relações, estas estão exemplificadas na Figura 14.

Para a escolha das engrenagens, atentou-se para os seguintes elementos da Tabela:

d_0 - Diâmetro primitivo	$d_0 = m \cdot z$
z - número de dentes	$z = \frac{d_0}{m}$
t_0 - passo	$t_0 = m \cdot \pi$
m - módulo	$m = \frac{d_0}{z}$

Tabela 16 – Elementos para escolha das engrenagens.

Para os cálculos das relações do conjunto de foram consideradas engrenagens com ângulo de pressão de 20º, vale ainda ressaltar que as engrenagens que formarão um conjunto precisam ter o mesmo módulo.

A caixa de redução será composta por um trem composto de engrenagens o qual está esquematizado na Figura 15. A partir desse esquema, obtém-se a seguinte relação:

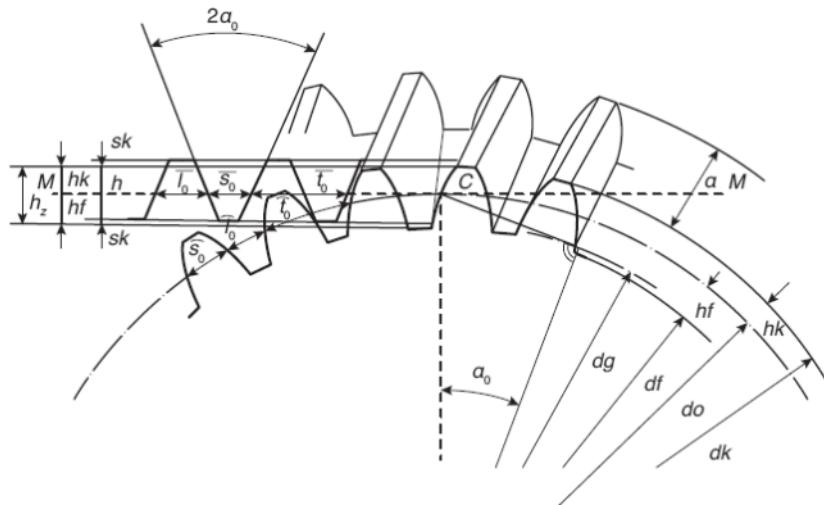


Figura 14 – Engrenagem normal de perfil evolvente. Fonte: ([FILHO, 2007](#)).

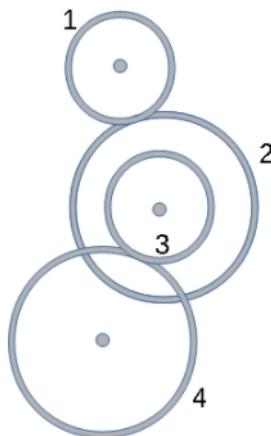


Figura 15 – Trem de engrenagens. Fonte: Autores.

$$\frac{w_1}{w_4} = \frac{d_2 \cdot d_4}{d_1 \cdot d_3}$$

Onde w_1 é a velocidade de entrada do sistema, w_4 velocidade de saída e d_1, d_2, d_3, d_4 os diâmetros das engrenagens, com $d_1 = d_3$, $d_2 = d_4$ e $d_2 = 2 \cdot d_1$. Ainda $z_1 = z_3 = 12$ dentes e $z_2 = z_4 = 24$ dentes além de módulo $m = 2$.

3.4 Módulo da Caçamba

O Módulo da Caçamba, Figura 16, é aquele responsável pela carregamento da carga propriamente dito, conectado ao Módulo do Quadro através das vigas conectoras, Figura 21, e formado pelas vigas e colunas contidas nas figuras 17, 18, 19, 20 e o piso. Cabe ressaltar que o piso deverá ser encaixado sobre calços soldados conforme a Figura

6. Cabe ainda incluir o eixo a ser encaixado no feixe de molas e as rodas, além de demais partes responsáveis pela integração com os módulos de Energia e Eletrônica. Quanto ao revestimento da caçamba, este será feito por tela metálica (alumínio).

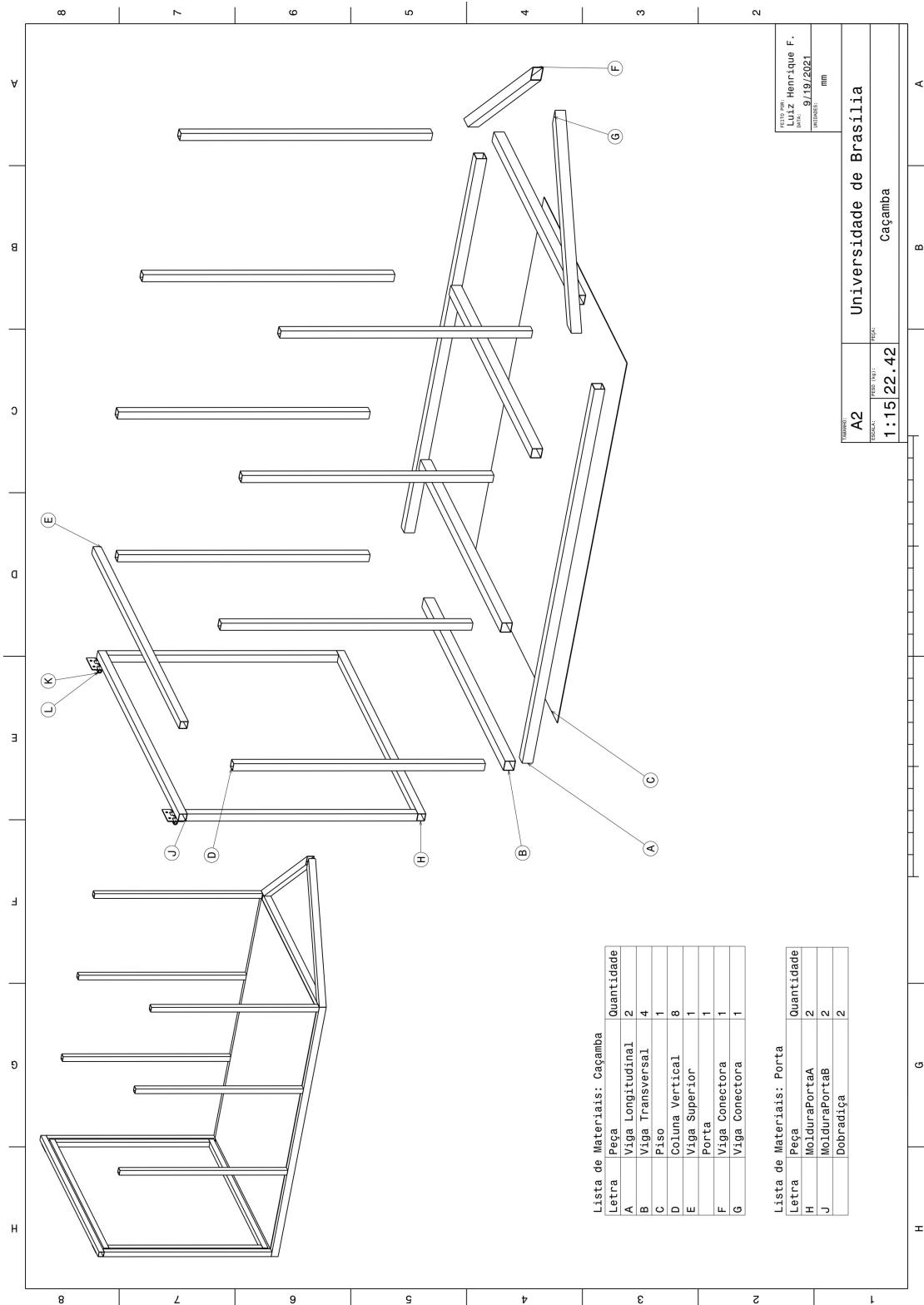


Figura 16 – Módulo da Caçamba. Fonte: Autores.

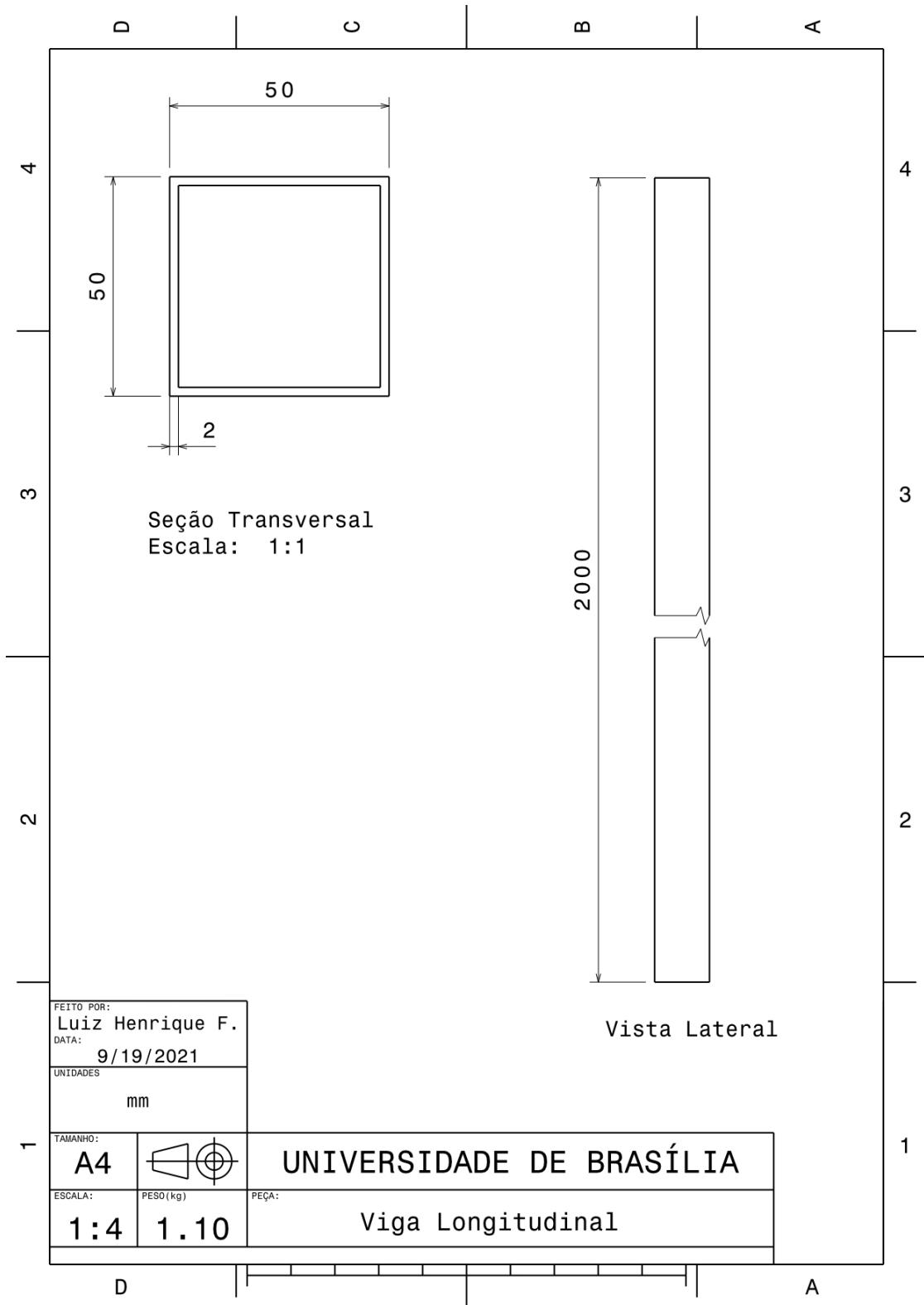


Figura 17 – Viga Longitudinal. Fonte: Autores.

3.4.1 Subsistema do Amortecimento

As molas a serem utilizadas, do tipo feixe de molas, são formadas por 3 partes, as molas propriamente ditas, Figura 22, o conector da mola, Figura 23, e o corredor da

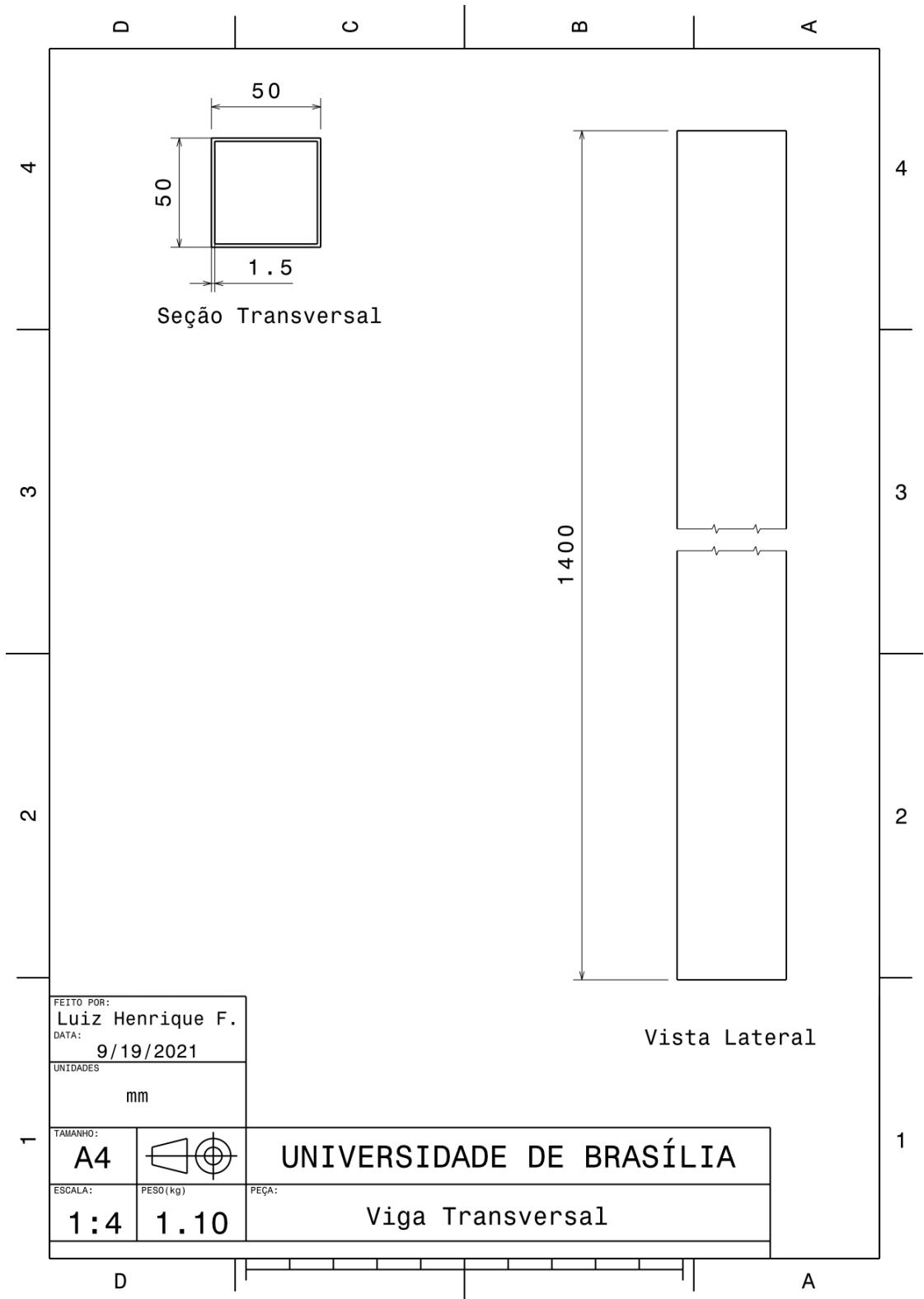


Figura 18 – Viga Transversal. Fonte: Autores.

mola, Figura 24, estas últimas parafusadas ao Módulo da Caçamba através das vigas longitudinais.

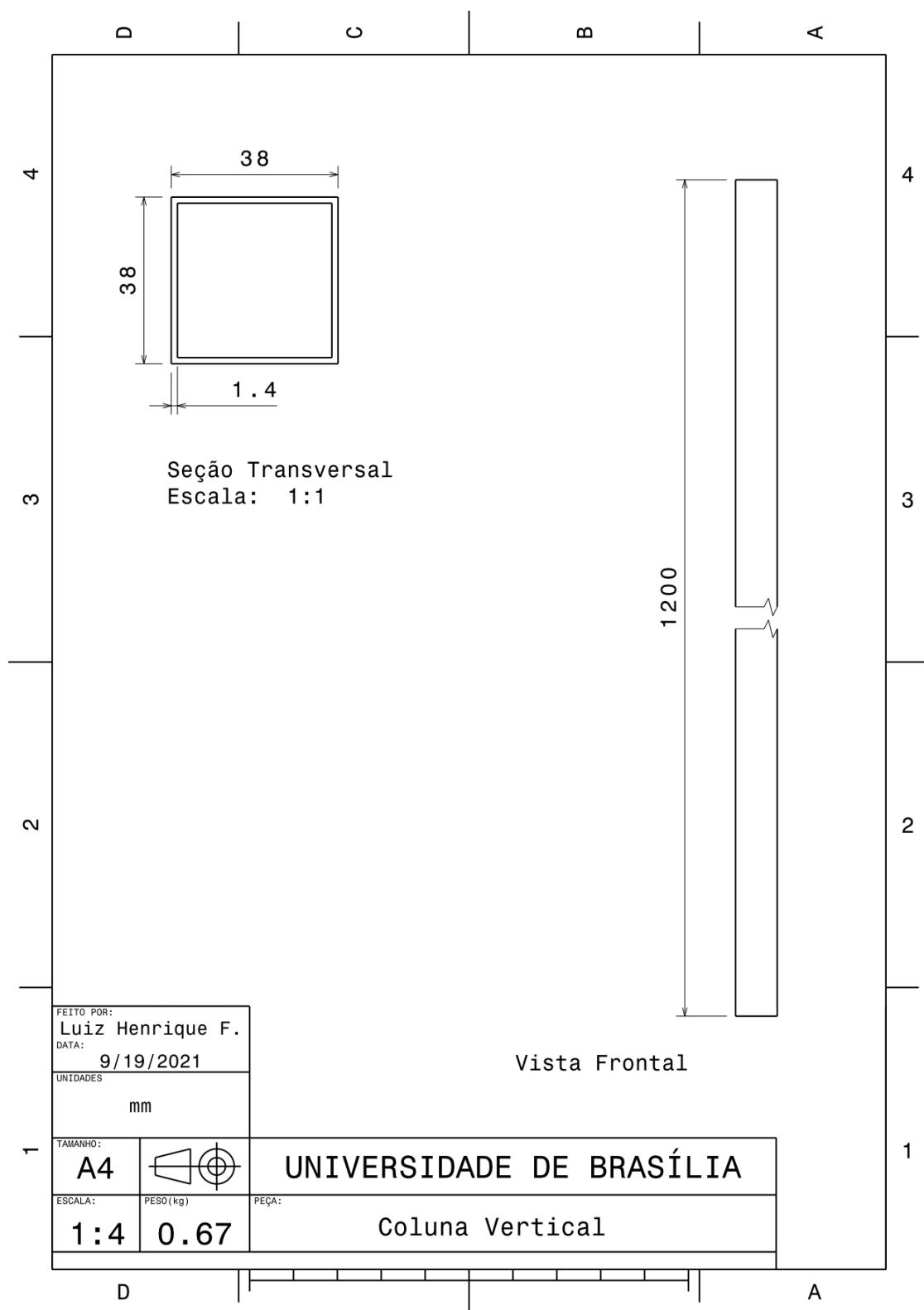


Figura 19 – Coluna Vertical. Fonte: Autores.

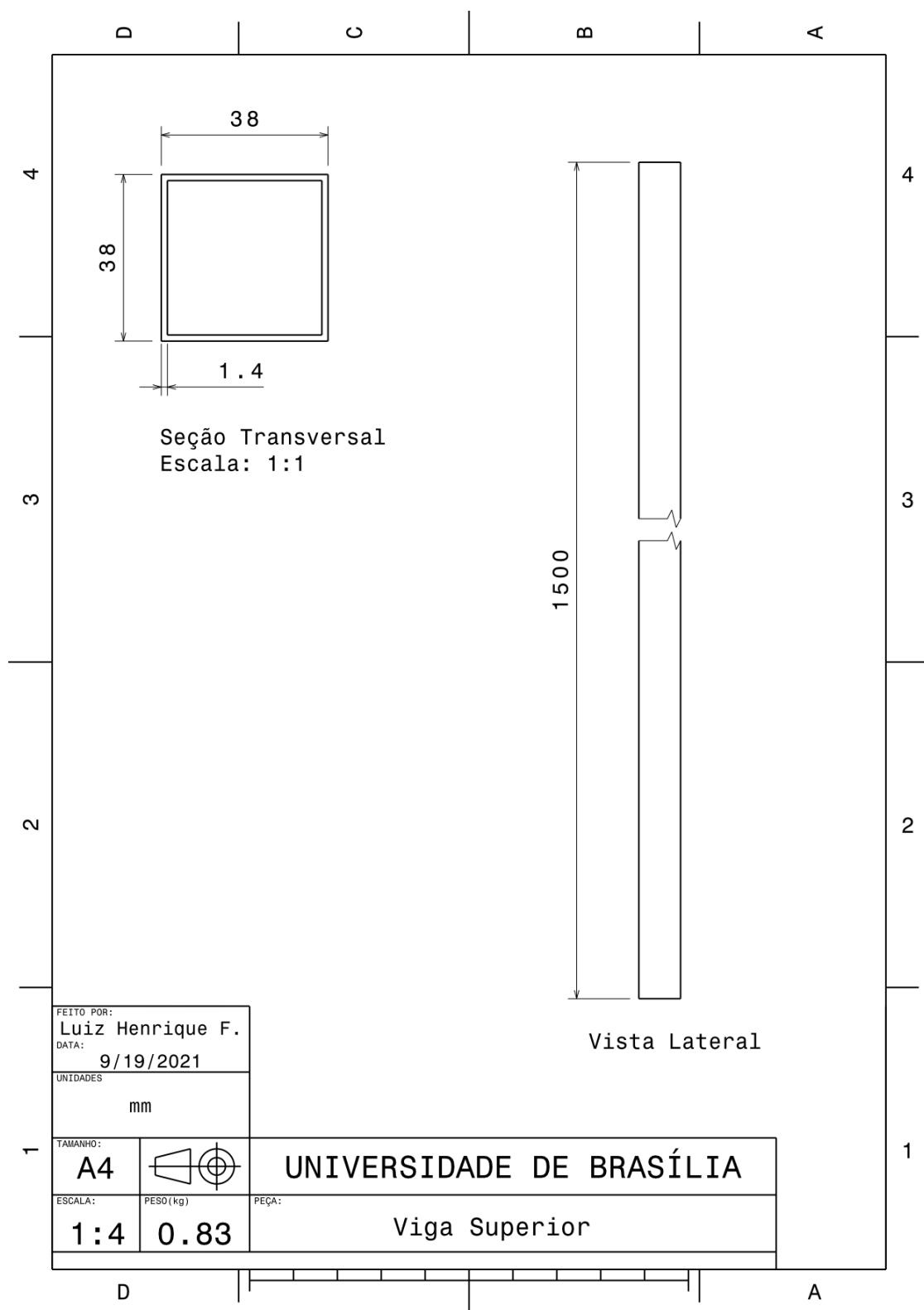


Figura 20 – Viga Superior. Fonte: Autores.

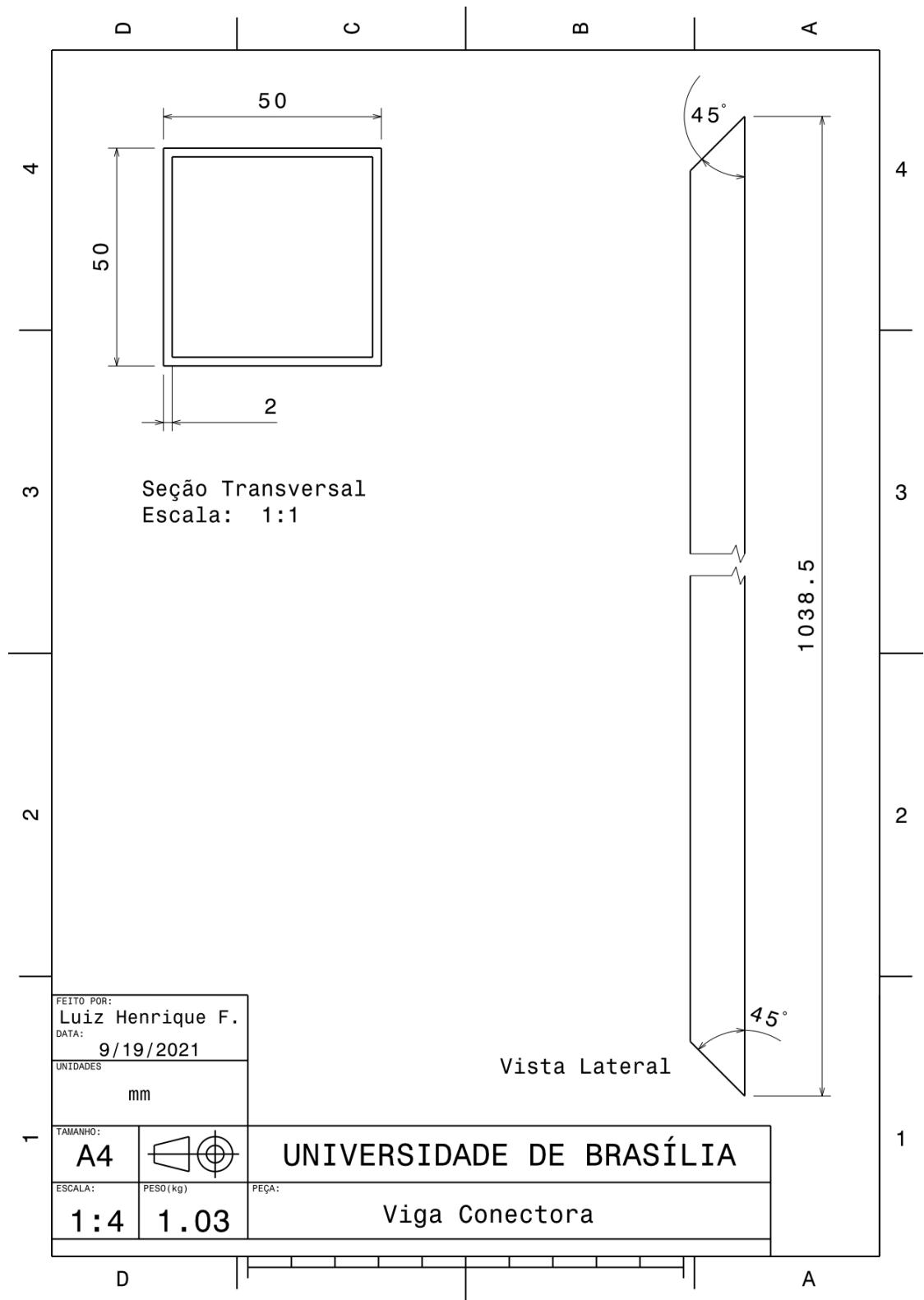


Figura 21 – Viga Conectora. Fonte: Autores.

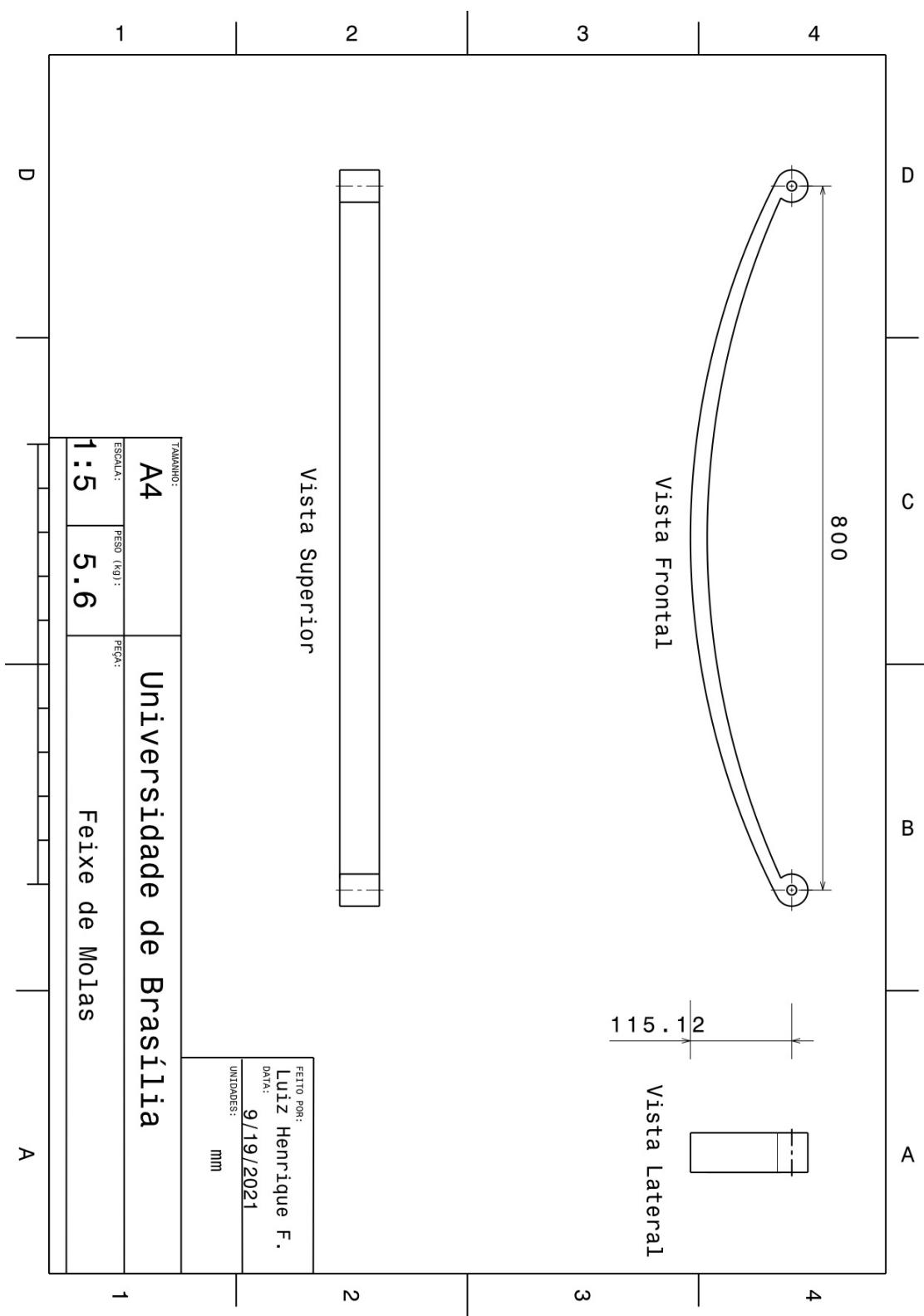


Figura 22 – Feixe de Molas. Fonte: Autores.

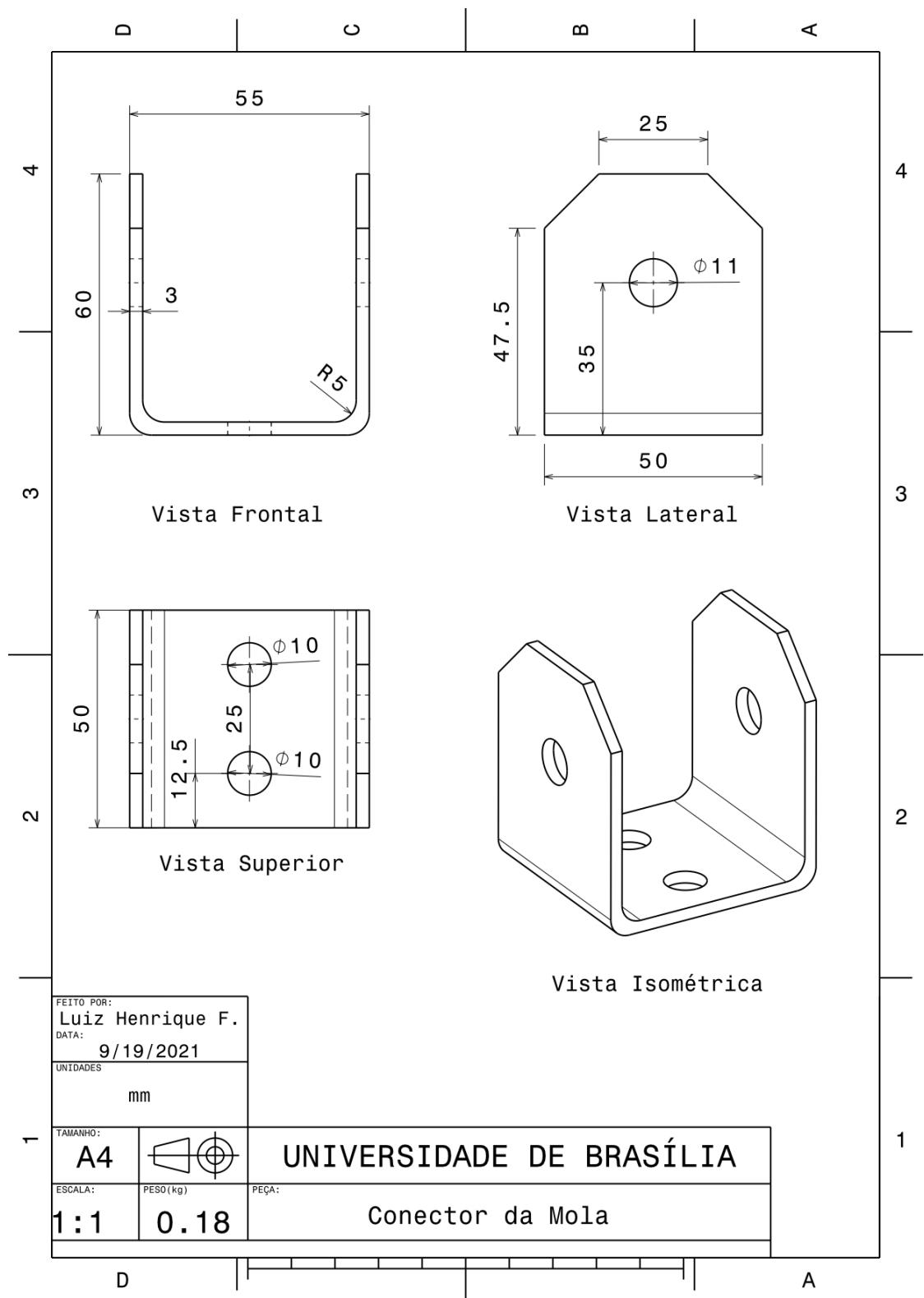


Figura 23 – Conector da Mola. Fonte: Autores.

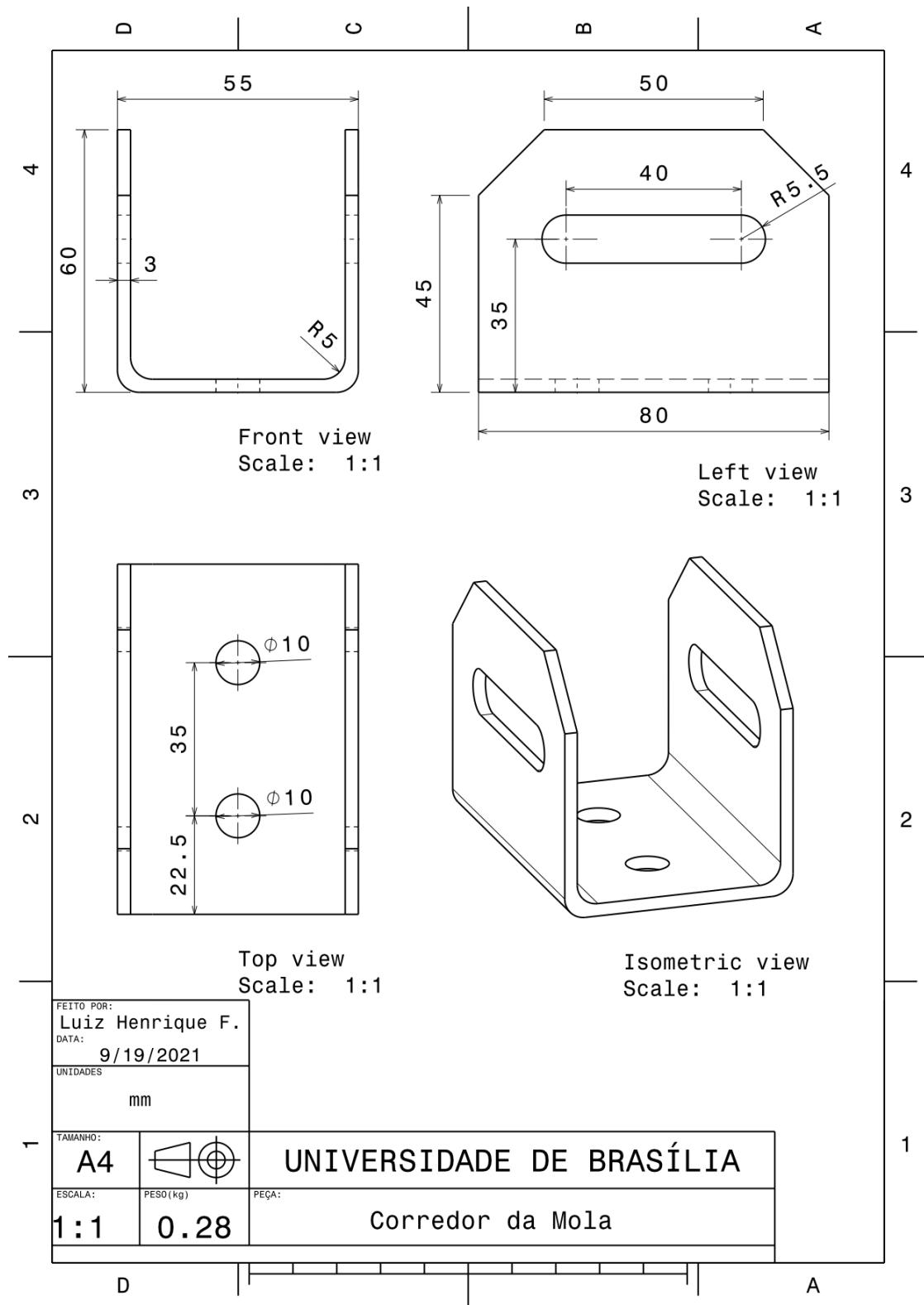


Figura 24 – Corredor da Mola. Fonte: Autores.

3.4.2 Subsistema da Porta

A porta da caçamba, Figura 25, é formada por um quadro com 4 vigas, Figura 26, unidas por solda e este quadro articulado na configuração basculante. O revestimento da porta será feito por tela metálica (alumínio).

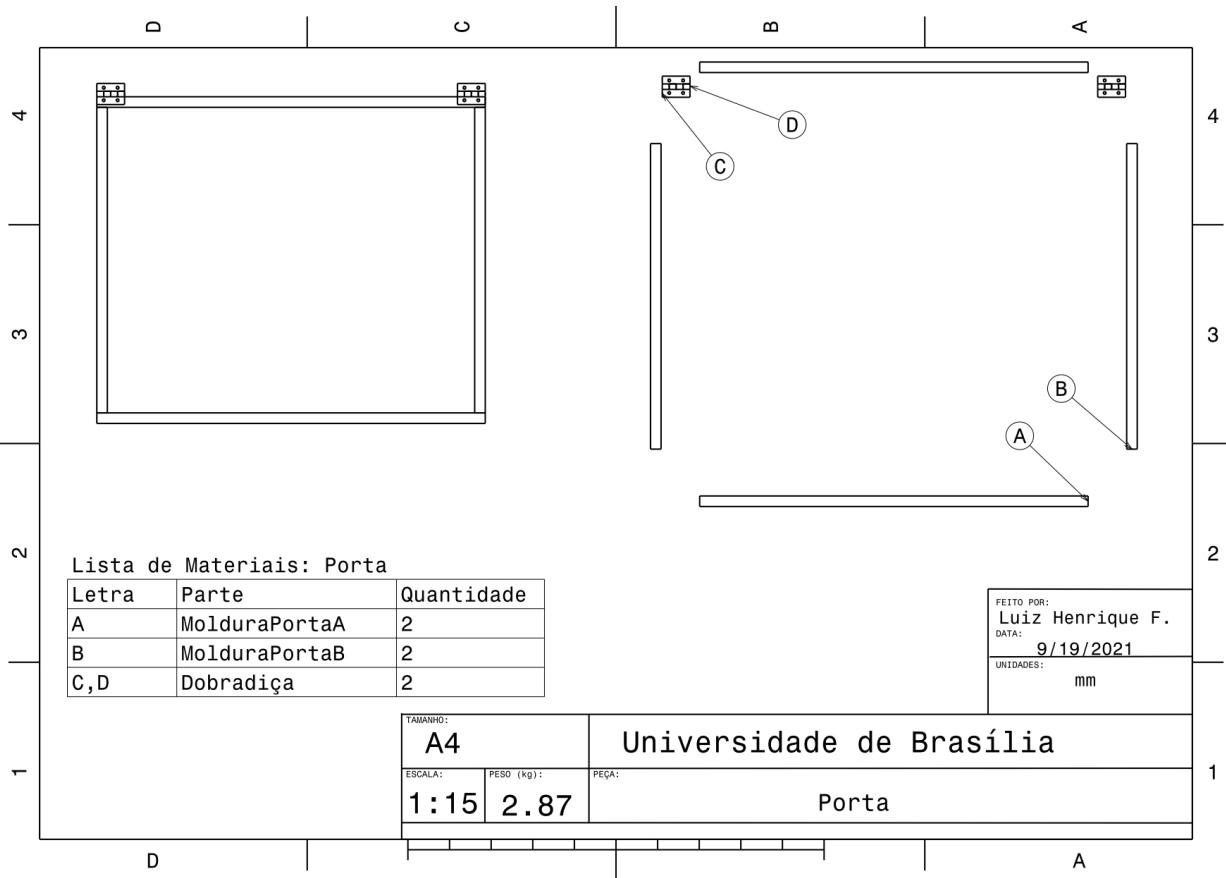


Figura 25 – Porta. Fonte: Autores.

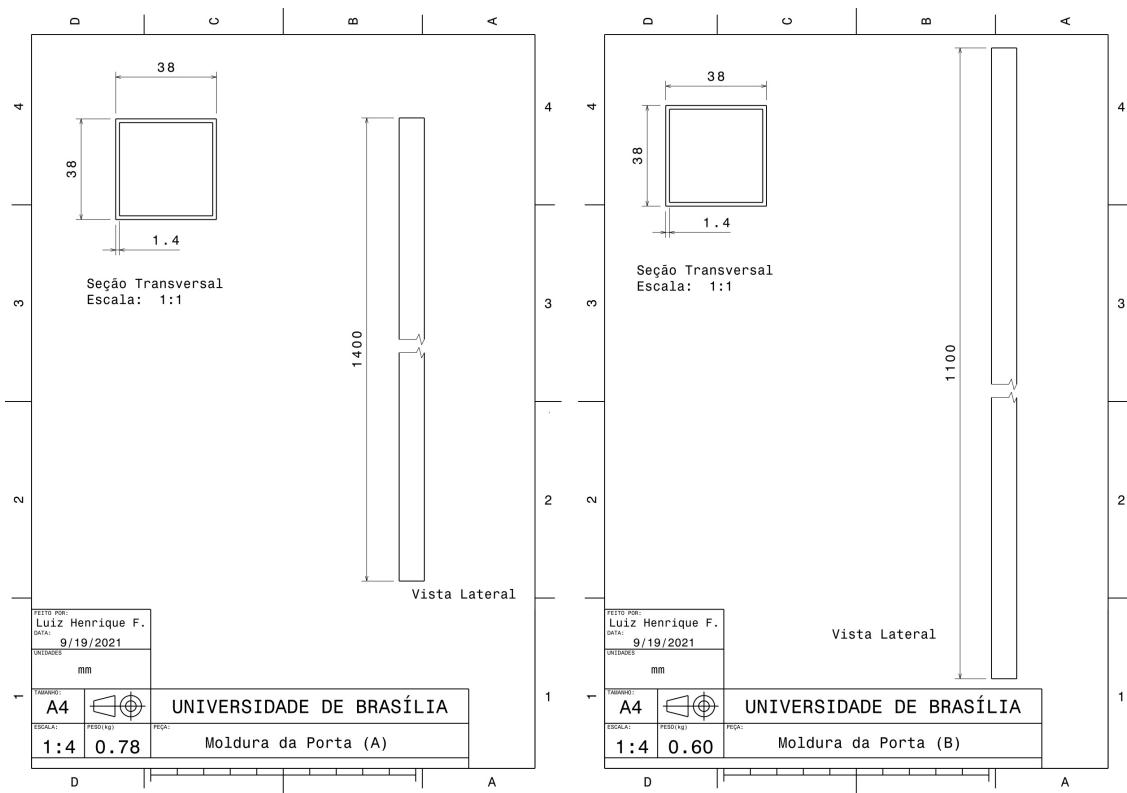


Figura 26 – Moldura da Porta. Fonte: Autores.

3.5 Módulo do Quadro

O Quadro, cuja configuração seguirá o padrão reclinado, Figura 27, com os pedais frontais, terá a configuração da Figura 28.



Figura 27 – Bicicleta Reclinada. Fonte: Autores.

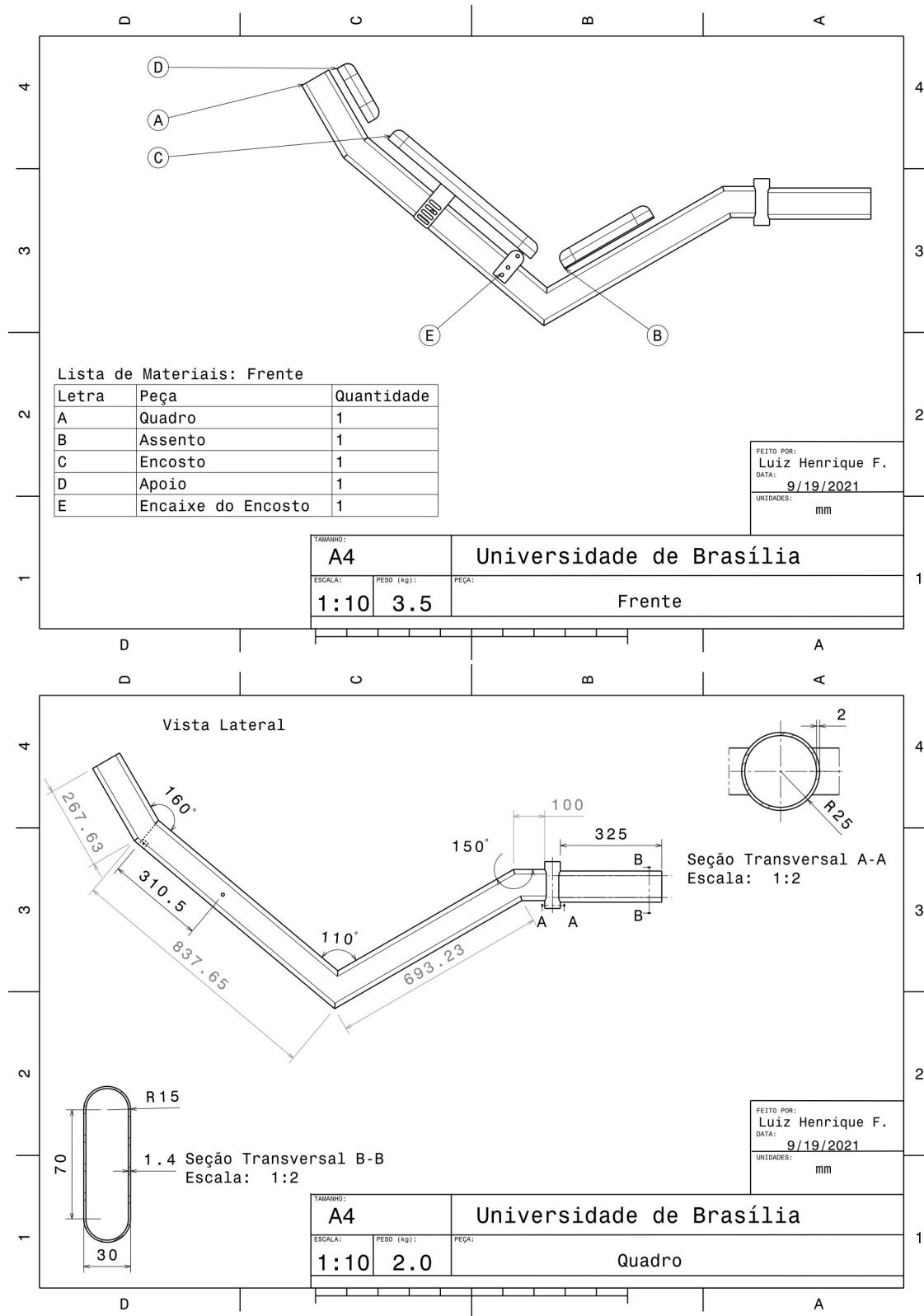


Figura 28 – Quadro. Fonte: Autores.

4 Solução de Eletrônica

Este subsistema tem o objetivo de realizar o controle e a sinalização veicular com o intuito de se ter uma maior segurança e facilidade do condutor na usabilidade do veículo. Com isso temos que a solução proposta do subsistema é dividida em 2 módulos, o primeiro módulo de controle tem como função principal realizar a etapa de sensoriamento de velocidade, controle do peso carregado e por fim a quantidade de energia restante das baterias. O segundo módulo consiste no sistema de iluminação e sinalização veicular. Vai ser calculado os valores de pesagem em Kg, valores de velocidade em Km/h e ser mostrado em binário o sistema de iluminação On/Off.

Os dados de controle e sinalização serão adquiridos e processados por uma unidade central de processamento. Foi escolhido então a utilização de um Microcontrolador ESP32 para realizar esta função. Segue abaixo a visão ideal do projeto apresentado na figura 39.

4.1 Visão geral funcionamento – RTL

Segue na figura abaixo a especificação do diagrama RTL (*Register transfer level*) para a solução de eletrônica.

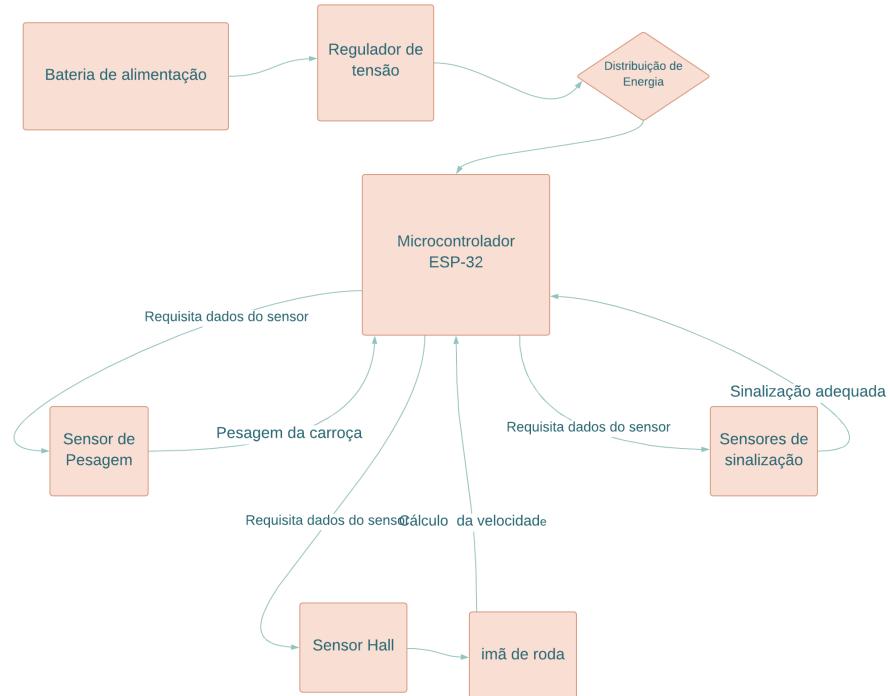


Figura 29 – Diagrama RTL do sistema. Fonte: Autores

O projeto consiste nos 2 módulos as seguintes especificações. No primeiro será

usado o microcontrolador ESP32 da fabricante Esspressif, vai ser utilizado para pesagem o sensor de carga CDI da líder balança e para o cálculo da velocidade vai ser usado o sensor hall magnético integrado com imã magnético. Além disso, terá uma bateria de alimentação controlada da com um regulador de tensão e um controlador de carga.

O primeiro sistema é o do microcontrolador o qual ele organiza os dados recebidos pelos sensores (transdutores) e ele requisita os dados dos últimos. Os sensores utilizados nesse primeiro sistema é o sensor de pesagem o qual ele vai atualizando os valores do peso referenciando a "tara" quando a carroça estiver vazia e colocar valor quando vem algum lixo na caçamba. O outro transdutor será o sensor hall com o imã magnético, donde vai ser implantado na roda traseira e vai lançar a velocidade da carroça para a ESP32.

O segundo sistema será o de iluminação que terá luzes de freio e setas, e serão solicitadas pelo microcontrolador e executara comando requisitado.

O projeto foi adaptado na maneira que tenha sensores que calculem valores essenciais para o projeto foi escolhido a ESP32 para o microcontrolador porque exige uma carga pequena e ele tem a questão da comunicação via 'bluetooth' que sendo um recurso RF capaz de realizar o envio dos dados para o celular o qual vai ser abordado como um sistema de comunicação. Os sensores de pesagem foi selecionado, pois, este calcula altas pesagem como o projeto é solicitado no caso de 300 kg e os outros que tem no mercado medem pesagens menores. O sensor Hall foi selecionado pela capacidade de sua interação com o campo magnético do imã magnético gerar uma elevação de tensão na sua saída possibilitando calcular com facilidade a velocidade da carroça.

Abaixo irá ser falado de cada sistema em detalhe

4.1.1 Sistema de sinalização

O sistema de sinalização persiste em luzes com um interruptor universal que terá no guidom para acionar as luzes de freio traseiras que resiste a chuvas e ventos e tem uma durabilidade alta, se queimar alguma luz, não precisa trocar o sistema inteiro e sim somente o os Leds. O preço dele médio é de 35 reais e é bastante sensível a pertubações.

Controle de velocidade

O sensor Hall junto com o imã magnético faz essa medição de velocidade que é contada pelas rotações da roda traseira. Ele é resistente a chuvas e ventos. Tem a faixa de preço de 40 reais o conjunto todo. E vai dar o valor da velocidade diretamente em Km/h.

4.1.2 Sistema de pesagem

Sistema de Carga CDI 1 tonelada é o nosso sistema de pesagem donde vai ser colocada no chassi especificado pela estrutura. Ele é bastante sensível a chuvas e ventos.

Qualquer distúrbio ele descalibra facilmente e vai indicar a pesagem diretamente em Kg.

4.1.3 Sistema de acionamento do motor

O acionamento do motor é feito pelo conjunto do interruptor universal, tem um botão que vai ligar e desligar o motor elétrico bastante sensível a quebras e esse botão é essencial.

4.1.4 Diagrama de comunicação

O diagrama de comunicação consiste no microcontrolador com o celular. Este celular vai receber as informações da ESP32 via bluetooth, e mandar os dados para o servidor e mostrar na front que será produzida pelos desenvolvedores de software. Sistema bem estável, somente suscetível a falha do celular.

4.2 Visão geral dos fluxos de dados – Diagrama de Dados

Segue abaixo o diagrama de Dados de eletrônica

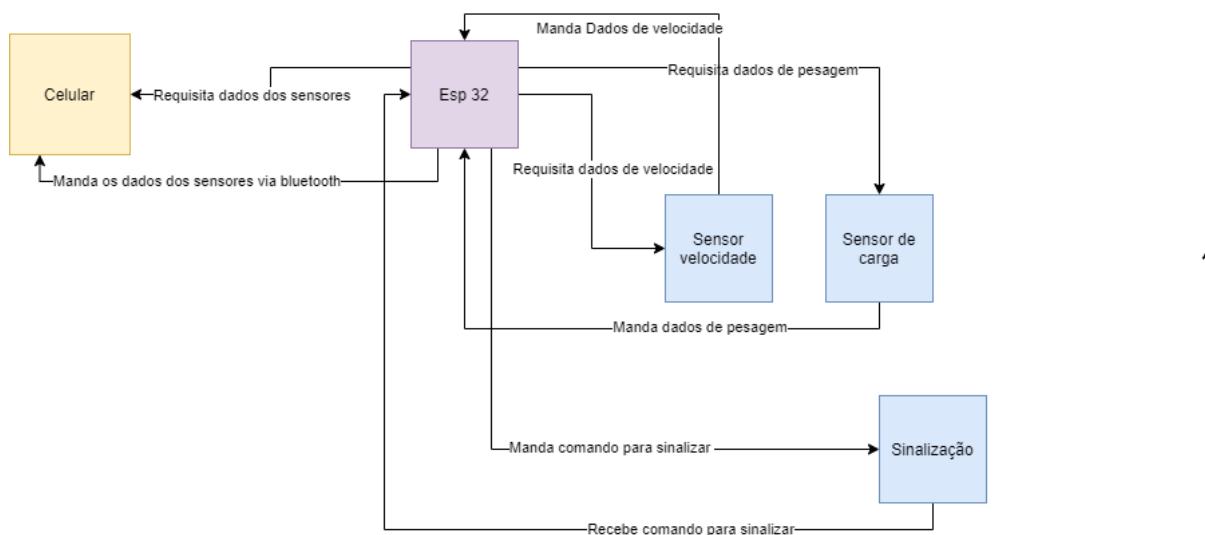


Figura 30 – Diagrama RTL de fluxo .Fonte:Autores

De acordo com o diagrama de fluxo, espera-se que o celular pegue os dados da ESP32 e coloca no sistema. A ESP32 ele requisita os dados do sensor de velocidade, do sensor de carga e da sinalização e dica armazenado nela e quando o sistema de software pede esses dados, o qual software deve entrar em mais detalhes.

4.3 Solução Específica dos Subsistemas Eletrônicos

4.4 Microcontrolador ESP32

A ESP32 é a solução mais integrada para aplicativos de Wi-Fi + Bluetooth da indústria com menos de 10 componentes. A ESP32 integra o interruptor da antena, RF balun, amplificador de potência, amplificador de recepção de baixo ruído, filtros, e módulos de gerenciamento de energia. Como tal, toda a solução ocupa uma área mínima de placa de circuito impresso (PCB). ESP32 é projetado para aplicativos móveis e Internet das Coisas (IoT)([ESP32_WROOM](#), 2004). Tem muitos recursos dos chips de baixo consumo de última geração, incluindo controle de clock de alta resolução, modos de energia e escalonamento de energia dinâmico. Apresenta um coprocessador de ultra-baixo consumo (ULP Coprocessor), que permite delegar algumas tarefas (simples) para execução enquanto os processadores principais estão desligados. Ele possui suporte a SPI, UART e I2C (protocolos relativamente comuns), como também suporte a Infravermelho (IR) e SDIO (para interface com cartão de memória), e começa a se diferenciar, tendo CAN, Ethernet, DAC, Sensor de Toque, e I2S, que é uma interface de comunicação útil para comunicar com dispositivos de áudio. Segue na figura 31 pinagem da ESP32. Segue o comparativo de microcontroladores que são utilizados normalmente em projetos e justifica porque será utilizado a Esp 32:

ESP32	Características
Alimentação	2,2V 3,3V DC
Corrente de Consumo	Média de 80mA
Conversores ADC (Analógico para Digital)	18 ADC com 12-bit de resolução (4096 bits)
Conversores DAC (Digital para Analógico)	2 DAC com 8-bit de resolução (256 bits)
Bluetooth	Bluetooth Low Energy v4.2 (BLE)
Frequência de Operação	80MHz 240MHz
Interfaces de Módulos	SPI, SDIO, LED PWM, Motor PWM, I2S e IR
Memória FLASH	4MB
Memória RAM/SRAM	520KB
Memória ROM/EEPROM	448KB
Pinos de I/O	34 pinos com 16 PWM
Processador	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6
Sensores Embutidos	temperatura, efeito Hall e Toque Capacitivo
Temperatura de Operação	Entre -40°C e +85°C
Temporizadores	4 Timers de 64-bit
Dimensões	52 x 25 x 6 mm
Preço Médio (Modelo Original)	14,95 Dólares (Exterior) ou 38,90 Reais (Brasil)

Tabela 17 – Especificações Técnicas ESP32. Fonte: Autores.

ESP32 ESP32S 30P

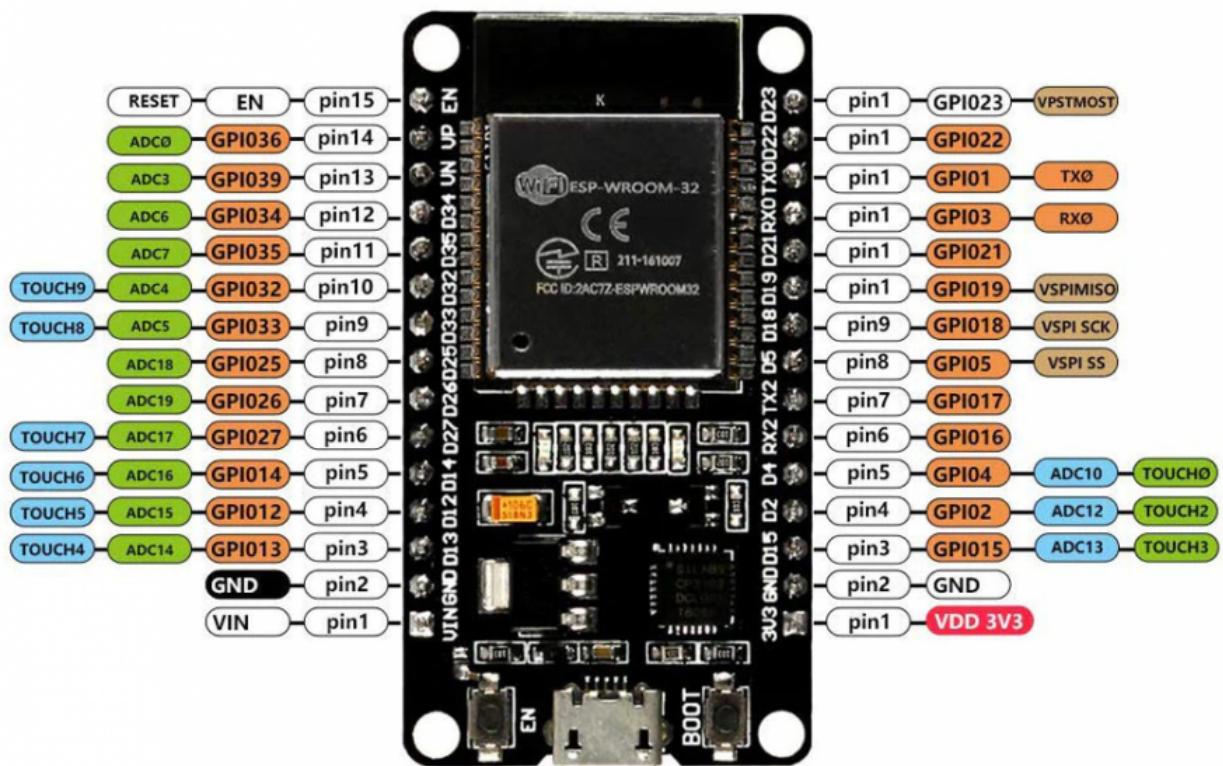


Figura 31 – Esp 32. Fonte: .([ESP32_WROOM](#), 2004)

4.5 Sistema de Sinalização Veicular

A sinalização do veículo será composta por meio da integração do microcontrolador com o sistema para acionamento da sinalização. Este sistema de acionamento tem como o objetivo principal de fornecer a carga necessária para a sua ativação e o controle da mesma.

Foram idealizados então os estados possíveis do sistema seguindo semelhantemente como nos veículos automóveis em que consistem 4 possíveis estados para a sua sinalização. Sequenciando-os de maneira numérica podemos dizer que o 1º estado é o de intenção do direcionamento do veículo (seta direita ou seta esquerda), 2º estado de indicação de frenagem do veículo, o 3º estado em que ambos podem ser ativados seta esquerda ou

direita e frenagem, por fim o último estado sendo o 4º em que as duas setas estão ligadas em intermitência, sinalizando o “pisca-alerta” do veículo.

Para isso o microcontrolador ESP32 da Espressif exercera a função de recebimento do sinal dos interruptores de seta e freio. Tendo analisado seus estados, processara o envio da informação para os transistores de chaveamento que assim permitira ligar as lâmpadas de sinalização. Para o caso do 1º, 3º e 4º estado será necessária uma intermitência das lâmpadas de seta, produzido pelo firmware do controlador.

4.5.1 Dimensionamento

Para fornecimento da tensão e corrente necessária para o acendimento das lâmpadas de sinalização foi utilizada a equação (4.1) para a mensuração da resistência necessária para a correta aplicação de tensão e corrente sobre estes elementos. Nos estados de indicação de direção (seta esquerda ou direita), e para estado de indicação de frenagem foi obtido valores diferentes de resistência, pois os valores de potência para as lâmpadas âmbar (seta) e vermelha (freio) tem diferentes níveis de potência.

$$R = \frac{V_{alimentação} - V_{lâmpada}}{I_{lâmpada}} \quad (4.1)$$

$$R_{base} = \frac{V_{GPIO}}{I_{base}} \quad (4.2)$$

Para o dimensionamento do transistor e sua respectiva resistência de base foi escolhida a equação (4.2), em que a tensão do GPIO da ESP 32 é de 3,3 V portanto será aplicado uma resistência de $1k\Omega$ para que o transistor esteja na região de saturação quando nível lógico alto for mandado pela ESP32.

4.5.2 Produtos disponíveis no mercado e sua análise

As lâmpadas que temos disponíveis no mercado são de diversos categorias de construção, têm-se as maiores, disponibilidade no mercado as lâmpadas de LED e Halogênias de 2 polos de ligação. Na tabela 18 podemos notar a diferenças dentre elas. Vale ressaltar que esta análise esta sendo para lâmpada de freio, para a lâmpada de seta foi utilizado os mesmo procedimentos, porém com alguns valores diferentes devido à coloração da lâmpada.

Para a função de controle ativação e intermitência das setas e o acionamento da sinalização dos freios será composta por 3 elementos, o microcontrolador ESP32, um transistor MMBT918 e um resistor de $1k\Omega$ para base do transistor.

	Lâmpada LED	Lâmpada Halogênea
Potência	3,5 W	5 W
Tensão	12 V	12 V
Corrente	300 mA	416 mA
Média de preço	R\$ 25,00	R\$19,90

Tabela 18 – Tabela comparativa dos modelos de lâmpadas para freio presentes no mercado para sinalização de seta e freio.

Como a tensão de ambas são as mesmas as correntes sobre elas que deve ser dimensionada atendendo os critérios para que não possa queimar durante o uso do componente. Portanto, calculando a resistência temos a possibilidade de variação entre $80 - 60 \Omega$.

4.5.3 Escolha dos produtos

Admitindo uma média desse valor é possível notar que a corrente permitida pela lâmpada de LED se excede um pouco do valor nominal, porém é aceitável ao valor máximo permitindo. A resistência então foi dimensionada visando atender a ambas possibilidades, para um caso de manutenção destas.

Para critério de fabricação do produto buscando atender os custos de produção foi selecionada a lâmpada halogênea devido ao seu melhor custo benefício.

Para atender os requisitos e a própria legislação para a sinalização veicular será empregado a solução para a instalação de um ‘kit’ de lanterna traseira para reboque aliado com um sistema de freio empregado em motos. O motivo elétrico principal do sistema de freio é para a utilização do manete com sensor de freio, por fim a utilização de um interruptor universal para ativar as setas no veículo. Como podemos ver na Figura 32.

4.5.4 Funcionamento

As estruturas para as lanternas traseiras do veículo eram semelhantemente aplicadas como as lanternas de engate devido a sua boa disponibilidade no mercado junto com o interruptor universal para seta, que vai permitir a indicação da direção com o usuário.

O freio será utilizado o sensor/interruptor de freio para moto, em que ele consiste em uma chave já integrada que quando pressionada já ativa o circuito.

Concluindo então o sistema de sinalização será composto por interruptores para a interação com condutor (interruptor de seta, freio e alerta), circuito de ativação da sinalização (drives de comando) e o núcleo de processamento da interação para com a ativação (ESP32).



Figura 32 – Itens para a composição do sistema de iluminação. (a) Interruptor Universal. (b) Sensor de Freio do manete. (c) Kit de Lanterna traseira de Reboque.

4.6 Sensor de Velocidade

O controle de velocidade será efetuado através da aquisição da variação da tensão que será gerada por meio do sensoriamento da variação de fluxo magnético presenciada por um sensor hall de campo magnético. Isto só vai permitir através da análise do microcontrolador exercendo o papel de condicionamento e processamento do sinal. A informação obtida deste sinal permite que se mensure o tempo de rotação da roda do veículo como será explicado no tópico de dimensionamento.

Importante ressaltar que o sensor é constituído já de um circuito de amplificação e filtragem tudo incorporado em sua placa. Onde sua saída é fornecido um sinal já condicionado ao microcontrolador.

4.6.1 Dimensionamento

Para a mensuração da velocidade discorrida pelo veículo será definido por meio da equação (4.3) em que inicialmente se obtêm o RPM da roda. A cada volta será gerado um pulso de tensão, em seguida será mensurado pela cálculo da equação (4.3).

$$RPM = \text{rotações por segundo (RPS)} \times 60 \quad (4.3)$$

4.6.2 Aplicação

O sensor de velocidade adotado sera o Sensor Hall de Campo Magnético KY-024, instalado no garfo próximo a raiação do aro. Em um ponto do aro será colocado um ímã de roda para fazer a ativação do efeito de campo permitindo assim a cada ciclo contabilizar o cálculo para a velocidade. Isso só é possível pelo valor de voltagem gerado pela excitação do sensor hall quando é passado próximo o ímã. Importante buscar deixar o mais próximo possível do sensor.

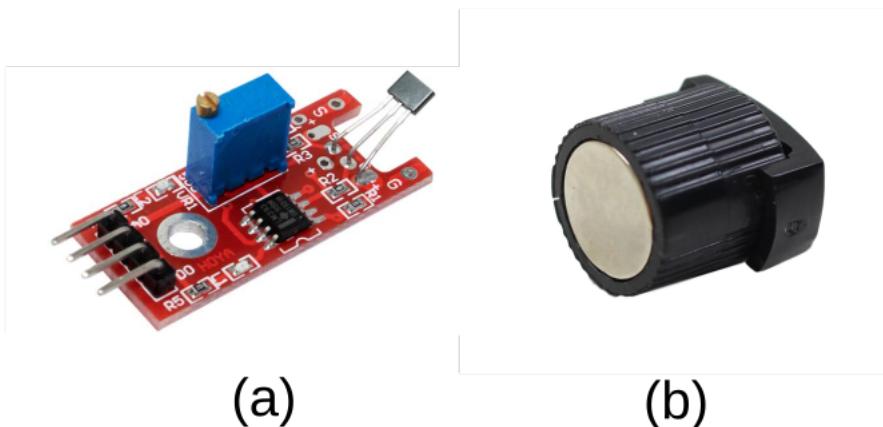


Figura 33 – Sensor de Velocidade. (a) Sensor Hall de Campo Magnético KY-024. (b) Ímã de roda

4.6.3 Especificações Técnicas

- **Tensão de Alimentação:** 2,7 - 6,5 Vdc;
- **Corrente de Alimentação:** 6 - 10 mA;
- **Tensão de Saída:** 1 - 1,75 mV;
- **Corrente de Saída:** 1 - 1,5 mA;
- **Faixa Magnética:** $\pm 650 \pm 1000$ Gauss
- **Sensibilidade (25°C):** 1 - 1,75 mV/Gauss
- **Temperatura de operação:** -40°C - 100°C;

4.6.4 Funcionamento

A informação numérica da velocidade será gerada através do processamento da variação da tensão obtida sobre o pino 6 da ESP32 em que será convertido analógico para digital (ADC).

As rotações por segundo (RPS) será mensurada por um temporizador que será ativado na ESP32 sempre que ocorre 1 segundo (1000 milissegundos) enquanto os pulsos da excitação chegam no pino, onde será incrementado um contador até que o temporizador chegue a 1000 milissegundos e zere novamente.

Após a obtenção do RPS é possível obter o RPM. Para a obtenção então da velocidade é necessário o valor do diâmetro da roda (metros) que será multiplicado por π . Isso nos resultara na circunferência da roda que será multiplicada pelo RPM obtendo assim o m/s. Em seguida é multiplicado por 3,6 para se obter o valor em Km/h, como mostrado na equação (4.4).

$$\text{Velocidade Instantânea} = (\text{diâmetro roda}) \times \pi \times \text{RPM} \times 3,6 \text{ [km/h]} \quad (4.4)$$

4.7 Sensor de Carga

Célula de carga CDI capacidade 500 kg são dispositivos elaborados para converter força mecânicas em sinais elétricos sensíveis capazes de detectar micro deformações e converter estas micro deformações em grandezas físicas, sob a plataforma de uma balança o sinal pode ser convertido em medidas de massa, por exemplo, que respondem quando pressionados, informando o peso do material posicionado sob a plataforma. Este modelo em particular pode ser utilizado em banco de suspensão, plataformas agrícolas, máquinas especiais e outras aplicações com projetos especiais([LÍDER_BALANÇAS, 2016](#)). Segue abaixo os dados do sensor na tabela 19

Dados do Sensor	Valores
Capacidade Nominal	500 kg a 5.000 kg
Sensibilidade da Célula de Carga em mV/V	2mV / V +/- 0,2 por cento
Classe C3	3000 divisões
Creep à carga total aplicada	20 minutos: <0,03 6hs:<0,05
Zero inicial saída nominal	+/- 1 por cento
Temperatura de Trabalho	-10 °C à +60 °C
Temperatura de teste	-5 °C a +50 °C
Temperatura compensada	0 °C a + 50 °C
Sobrecarga de ruptura	300 por cento da capacidade
Deflexão máxima mm a capacidade nominal	<0.7mm
Excitação VCC ou VCA	Máxima: 15 – Recomendada: 10
Impedância de saída de ohms	350 +/-1
Impedância de entrada em ohms	350 +/-1
Impedância de entrada em ohms	400 +/-15
Resistência de isolamento	>5000 megaohms
Material da célula de carga	Aço Cr/Ni/Mo
Grau de proteção	IP67

Tabela 19 – Especificações Sensor de carga CDI. Fonte: Autores.

4.8 Fluxograma de programação do hardware ESP32

A placa de desenvolvimento ESP32 é programada através de linguagem Arduino e bibliotecas próprias

4.9 Diagrama de comunicação

Segue na figura ?? o básico da comunicação

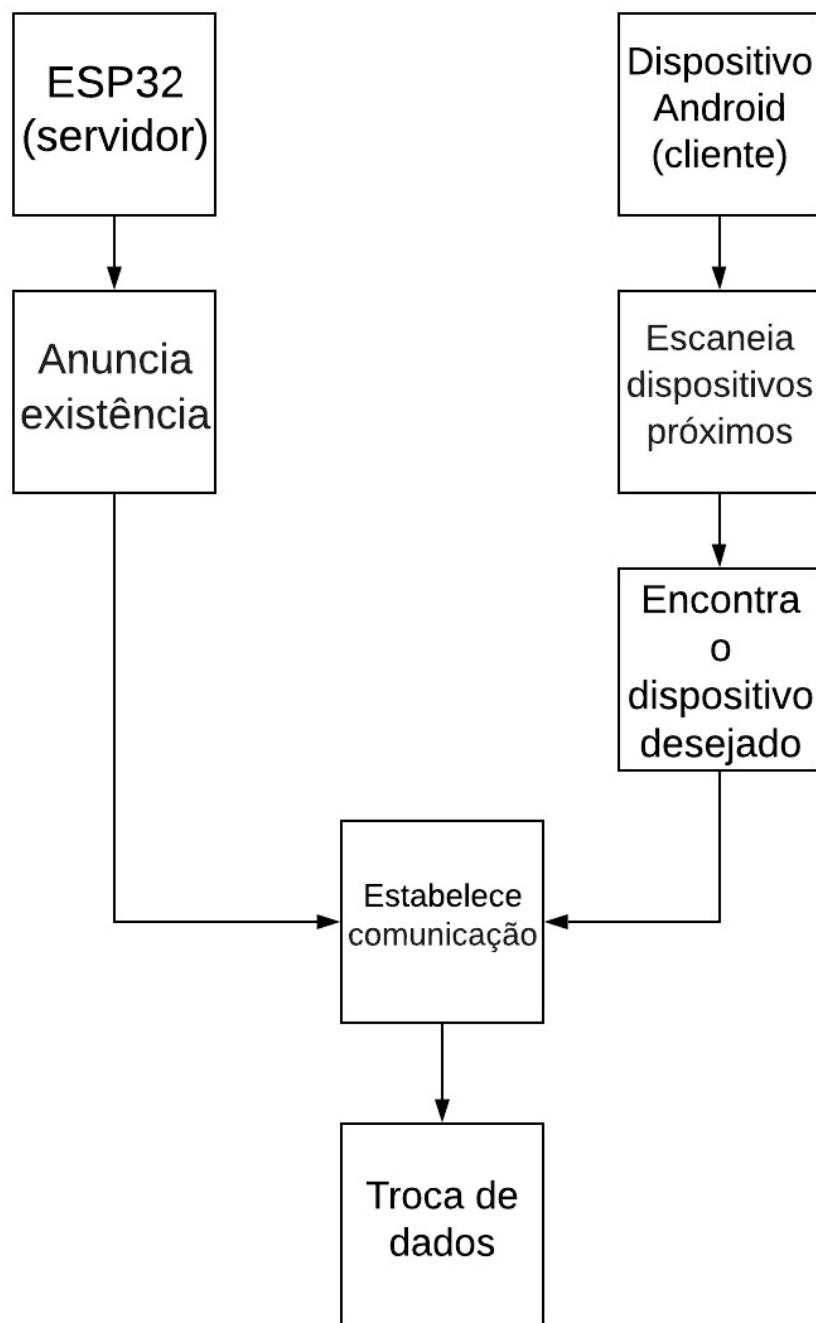


Figura 34 – Diagrama de comunicação. Fonte:Autores

4.10 Sistema de comunicação

– O Bluetooth Low Energy, ou BLE, é um subconjunto do clássico Bluetooth e foi introduzido juntamente com as especificações do Bluetooth 4.0. Em contraste com o Bluetooth clássico, o BLE tem um baixo consumo de energia mesmo mantendo um alcance similar. Os dispositivos que trabalham com BLE podem ter duas funções diferentes em uma conexão, Dispositivo Central ou Dispositivo Periférico (Central Device or Peripheral Device). Geralmente os dispositivos centrais são telefones celulares, tablets, computador etc. São dispositivos centrais que recebem dados. Já os dispositivos periféricos são sensores e dispositivos low power que se conectam ao dispositivo central. Podemos pensar também como uma estrutura cliente/servidor, onde um celular é o cliente e o sensor é o servidor que “serve” seus dados para o cliente. GATT (Generic Attribute Profile), é a forma com que os dados são organizados para comunicação entre os dispositivos. GATT é composto por um ou mais serviços que por sua vez são compostos de características [35](#). Existem especificações padrão de GATT para os categorias de aplicação mais comuns encontradas no mercado. Várias dessas especificações podem ser encontradas no site oficial do Bluetooth. As características por sua vez são basicamente os valores em si. Os serviços e características são identificados por um UUID. Por exemplo “0x180F” ou “6E400001-B5A3-F393-E0A9-E50E24DCCA9E”. Segue na figura [35](#) e na figura ?? a programação adequada do nosso sistema de comunicação.

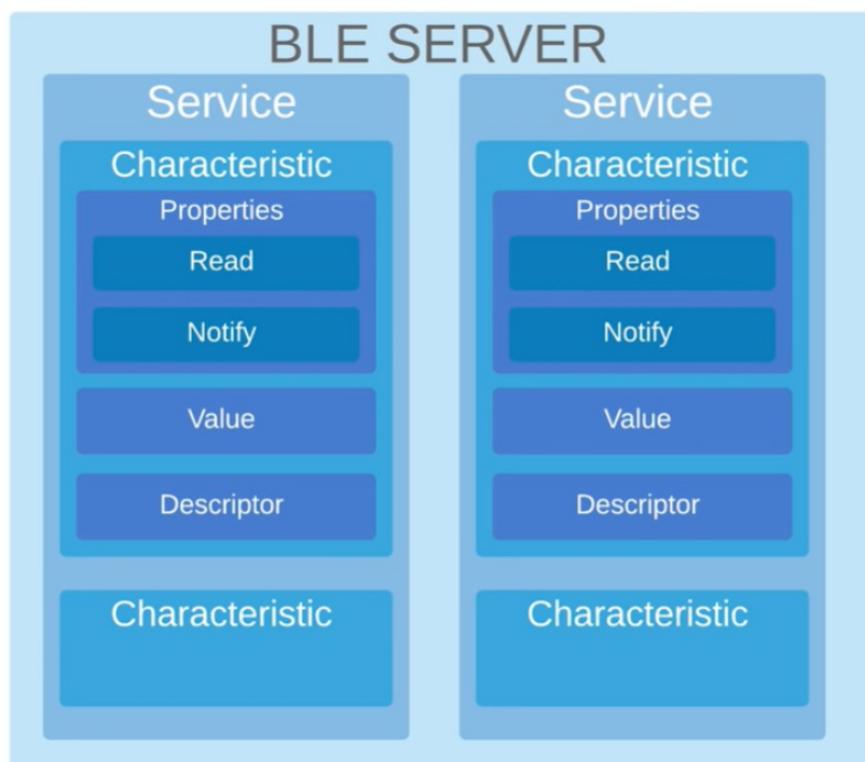


Figura 35 – Diagrama de comunicação. Fonte:Autores

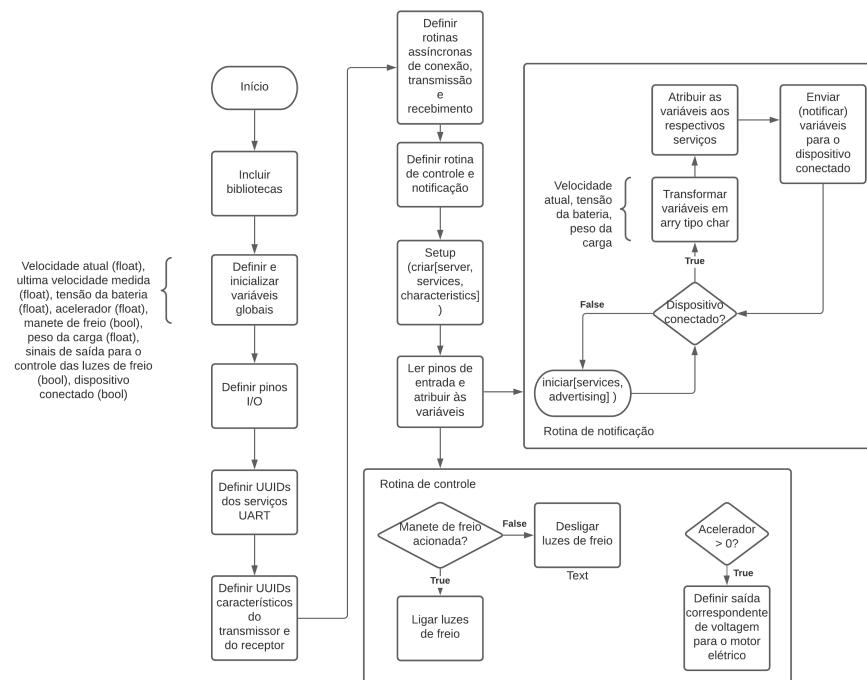


Figura 36 – fluxograma de programação do hardware ESP32. Fonte:Autores

5 Solução de Energia

O módulo de energia no projeto Coleta Fácil tem como objetivos a criação do sistema elétrico que suportará nosso triciclo, com elementos que vão desde a motorização até o dimensionamento de baterias.

Em nosso projeto todo o sistema de alimentação de motor será realizado através de baterias recarregáveis. O dimensionamento delas será feito através das necessidades de ligação e alimentação do sistema.

Para dimensionar o consumo do sistema, foi observado o gasto energético do motor e dos componentes eletrônicos levando em conta que o projeto precisa de uma autonomia de 8 horas e sendo carregado usando como fonte de energia a rede elétrica.

A corrente elétrica de cada componente, é estudada para estimar o consumo de todo o sistema, e com a quantidade de Amperes (A) necessária para um funcionamento satisfatório já avaliado, será feito a estimativa da capacidade da bateria, e consequentemente determinar o tempo de duração de acordo com a demanda total, além de decretar o cabeamento favorável para a ligação do conjunto de componentes.

5.1 Motor

5.1.1 Categorias dos motores elétricos

Ao longo do nosso projeto podemos analisar que os motores elétricos se dividem em dois tipos quando se refere a alimentação: motores de corrente contínua (CC) e motores de corrente alternada (CA). Correntes contínuas podem ser obtidas diretamente de um pack de baterias, ou com a utilização de um retificador ligado a uma fonte de corrente alternada. Corrente alternada é obtida 35 diretamente de uma fonte CA ou com o uso de um inversor de frequência ligado a uma fonte de corrente contínua.

Motores CC são controlados, principalmente, pela alteração dos valores de tensão nos seus pólos e se diferem conforme o tipo da ligação que é realizada em seus enrolamentos. Os motores CA se dividem em dois grandes grupos: motores síncronos, em que o rotor gira à mesma velocidade do campo girante do estator, e assíncronos, também chamados de motores de indução. Esses devem funcionar sempre com o rotor defasado em relação ao campo girante.

5.1.1.1 Motor de corrente contínua

São motores que funcionam com alimentação por corrente contínua e se diferem pelo tipo de excitação de seus enrolamentos. Estes podem ser do tipo excitação em série, no qual os enrolamentos do rotor e do estator são ligados em série, de forma que a corrente nos dois enrolamentos seja a mesma. Este tipo de enrolamento possui como principal característica fornecer um grande torque para o motor. Excitação independente é a situação na qual os enrolamentos do rotor e do estator são excitados de forma independente. Os enrolamentos do estator e do rotor são excitados por dois transformadores CC/CC que fornecem tensão e corrente distintas para cada enrolamento. Este tipo de ligação oferece uma ótima flexibilidade e precisão de controle de velocidade. A excitação paralela ocorre quando os enrolamentos do rotor e do estator estão em paralelo e excitados pela mesma fonte. Motores com excitação paralela possuem um ganho em simplicidade e uma grande perda no que se refere às opções de controle. A excitação compound é um híbrido entre os tipos excitação série e excitação paralelo, apresentando uma mistura das características dos dois tipos de motor. (HUSAIN, 1964) Os enrolamentos em motores CC estão dispostos em pares: um no rotor, que recebe maior corrente, e outro no estator, que recebe uma pequena corrente apenas para gerar o campo magnético. Quando estes dois enrolamentos são excitados geram um torque entre si. Dois componentes são responsáveis por manter a ortogonalidade das duas forças magneto motrizes necessárias para gerar torque: o comutador e as escovas. Estes dois componentes são responsáveis pelo chaveamento dos enrolamentos do rotor. As escovas de um motor CC são eletrodos de carbono e se desgastam com o tempo e devem ser substituídas com certa frequência. Desta forma, um motor CC necessita mais de manutenção que um motor AC, que não possui este tipo de sistema, por exemplo. O desgaste das escovas gera um pó fino que contamina o interior do motor, se acumulando nos rolamentos e reduzindo a vida útil dos mesmos. (XU, ZHU, et al., 2009)

A maior vantagem em um motor CC é a simplicidade na forma com que é controlado, não sendo necessário circuitos elaborados para esta função. Com isso em mente, após discussões do grupo, foi decidido o uso do motor de corrente contínua para o nosso projeto.

5.1.2 Escolha do motor de corrente contínua

A gama de motores de corrente contínua no mercado é alta, e por isso fizemos pesquisas de modelos que se adequassem ao nosso projeto. Para isso, ele precisa ter características específicas: torque relativamente alto (pois teremos que transportar uma carga relativamente elevada), resistente, peso e tamanho reduzidos.

Com isso em mente, era necessário a realização dos cálculos para a escolha da potência necessária:

Matriz de decisão	Motor DC (CC)	Motor BLDC
Vida útil	2	4
Barulho	2	5
Potência	3	3
Peso	2	3
Preço	3	3
Eficiência	2	4
Total	14	22

Figura 37 – Matriz de decisão motor .Fonte:Autores

5.1.2.1 “Brushless DC”

O motor sem escovas “Brushless DC” é um motor de corrente contínua, que é do tipo síncrono. Recebendo energia no estator e fornecendo energia mecânica no eixo, isso é, o campo magnético gerado no estator e o campo magnético gerado pelo rotor possuem a mesma frequência, girando em sincronia.

O motor BLDC (Brushless DC Motor) tem como princípio o mesmo conceito de motor síncrono, mas é de corrente contínua. Diferenciando do motor síncrono que é ligado em uma rede trifásica, o BLDC é ligado em uma fonte de alimentação de corrente contínua. Um módulo eletrônico interno é responsável por comutar as fases no estator e fazer o motor girar.

5.1.2.2 Especificações do motor “Brushless DC” escolhido

Motor Elétrico Brushless - DC - Corrente Contínua	
Fabricante	BestEquip
Acionamento	Via acelerador ou pedal assistido de forma independente ou simultânea.
Torque Nominal	17,3 N.m
Potência	1200 Watts ou 1,6 CV
Tensão	60 Volts
Corrente Nominal	26,2 A
Velocidade Nominal	650 rpm
Dimensão	16,1 x 11 x 9,1 polegadas ou 40,9 x 27,9 x 23,1 cm
Peso	30 Libras ou 13,6 kgs
Tipo do Motor	Rear Hub
Velocidade Máxima Com Carga Total	x
Números de Polos	12
Sentido de Rotação	Ambos
Frequência	60Hz

Motor Elétrico Sem Escova Com Engrenagem



Figura 38 – Motores .Fonte:(IMANEODIDIMIO, 2019)



Figura 39 – Matriz de decisão motor .Fonte:(IMANEODIDIMIO, 2019)

Esse motor é um motor elétrico de engrenagem sem escova, ideal para kart, triciclos, e-bikes, e-scooter. É mais silencioso, menor e mais leve se comparado aos motores escovados. Possui velocidade de rotação intermediária e operação dinâmica, alto torque, alto desempenho se levado em consideração as dimensões do motor. É possível alternar o sentido de rotação (horário ou anti-horário) invertendo os fios do motor. Possui transmissão estável de alta eficiência e resistência com engrenagens metálicas.

5.2 Requisitos de armazenamento para veículos elétricos

As unidades de armazenamento de energia elétrica devem ser dimensionadas de forma a armazenar energia suficiente (kWh) e fornecer potência de pico adequada (kW) para que o veículo atenda à especificação de desempenho de aceleração e tenha capacidade apropriada de atingir os ciclos de condução. Para aqueles projetos de veículo destinados a ter autonomia puramente elétrica, a unidade de armazenamento de energia deve armazenar energia suficiente para satisfazer a exigência de autonomia da aplicação do veículo. Além disso, a unidade de armazenamento de energia deve atender aos requisitos apropriados de número de ciclos e de tempo de vida. O peso e o volume da bateria podem ser facilmente calculados a partir do consumo de energia (Wh/km) do veículo e da densidade de energia (Wh/kg, Wh/L) da bateria descarregada sobre o ciclo de teste adequado (potência versus tempo). Na maioria dos casos, para o veículo alimentado a bateria, a bateria dimensionada por autonomia pode facilmente atender o requisito de potência (kW) para um desempenho de aceleração especificado, capacidade de inclinação, e velocidade de cruzeiro do veículo. As baterias nesta aplicação são regularmente descarregadas e recarregadas profundamente usando a eletricidade da rede ou de uma fonte alternativa de suprimento de energia. Portanto, um ciclo de vida para descargas profundas é uma questão fundamental e é essencial que a bateria atenda a uma exigência mínima especificada. A nanotecnologia tem feito grandes progressos e introduzido novos materiais com potencial de aumentar significativamente as densidades de potência e de energia das baterias e ultracapacitores (PESARAN et al., 2007)

5.2.0.1 Parâmetros das baterias

A capacidade de uma bateria, em Ah, é a quantidade de carga gerada pelo material ativo no eletrodo negativo e consumida pelo eletrodo positivo. A taxa de descarga (T_c) da bateria é a corrente pela qual a bateria é descarregada, sendo igual 10 a razão entre a capacidade da bateria (Cap) e o tempo de descarga em horas (Δt), conforme a Equação abaixo.

$$T_c = \frac{Cap}{\Delta t}$$

O objetivo das baterias é armazenar energia, cuja unidade no SI é o Joule. Também utiliza-se como medida a energia equivalente durante o uso da bateria com uma potência de 1 Watt por 1 hora, conhecida como Watt-hora (Wh) e equivale a 3600 Joules. Desta forma, a energia (EWh) em Wh é a multiplicação da tensão (V) pela capacidade da bateria (Cap), como mostra a Equação abaixo.

$$EWh = V \cdot Cap$$

A energia específica (Eesp) de uma bateria, equivale à quantidade de energia (E Wh h) armazenada por cada quilograma (Kg) de massa (m) da bateria, expressa pela

Equação abaixo. Diversos fatores como taxa de descarga e temperatura influenciam o armazenamento de energia na bateria.

$$E_{esp} = \frac{EWh}{m}$$

A densidade de energia (Denergia) é a quantidade de energia (EWh) elétrica armazenada por cada metro cúbico de bateria (vol), cuja unidade é Wh/m³, mostrada na Equação abaixo. O volume da bateria causa um impacto considerável no design do veículo, já que almeja-se um veículo compacto mas com bom espaço interno. Baterias 11 com grande volume tendem a diminuir o espaço interno disponível. (LARMINIE e LOWRY, 2003)

$$Denergia = \frac{EWh}{vol}$$

5.2.0.2 Características desejadas das baterias

A escolha de uma bateria depende de diversos fatores como ciclos de carga, temperatura de operação, necessidade de refrigeração das baterias, dimensões, tempo de descarga, eficiência energética, capacidade de carga e densidade de energia. O tempo de vida das baterias é definido em quantidade de ciclos de carga. As baterias recarregáveis possuem um número limitado de ciclos de carga, que dependem do tipo de material que compõe a bateria. É desejável que as baterias possuam os maiores números de ciclos de carga possíveis, tendo assim maior durabilidade. As baterias possuem uma temperatura ideal de funcionamento e o superaquecimento delas pode causar a diminuição da eficiência e, em casos extremos, pode provocar danos permanentes às baterias. É necessário avaliar se a bateria escolhida necessita de refrigeração para manter seu funcionamento ideal. A performance da bateria também pode ser afetada por baixas temperaturas, em caso de locais com temperaturas baixíssimas, mas este problema pode ser solucionado com um sistema de aquecimento auxiliar para a bateria. As dimensões da bateria afetam diretamente o projeto estrutural, dinâmico e de design no veículo. Uma maior densidade de energia da bateria implica em uma maior quantidade de energia armazenada por metro cúbico. Desta forma, o desejo é aumentar a densidade de energia sem que haja aumento de peso. Baterias pesadas influenciam o centro de massa do veículo.

O uso do íon de lítio nas baterias é atrativo pois tem um peso baixo, voltagem alta, alta equivalência eletroquímica, e boa condutividade. Por causa dessas características o uso de lítio dominou o desenvolvimento de baterias de alta performance ao longo dessa última década. [BEARD, 2011] REF.Linden's Handbook of Batteries, Fifth Edition 2011 - Kirby W. Beard

A bateria de íon de lítio

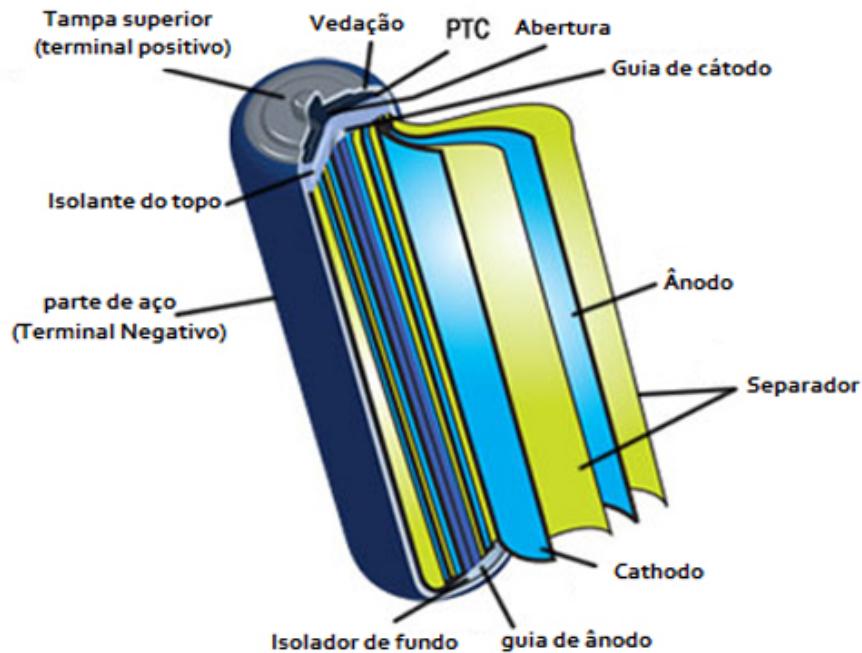


Figura 40 – Bateria íon lítio. Fonte;([STREMA_BATERIAS, 2012](#))

5.2.1 Dimensionamento de baterias

Energia Consumida por dia:

$$EC = \frac{ECD}{Autonomia}$$

$$EC = 1200 \cdot 8 \text{ horas}$$

$$EC = 9600 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$$

Energia Armazenada no banco de baterias:

$$EA = 9600 \text{ Wh}$$

Capacidade do banco de baterias:

$$CBB = \frac{Ea}{V_{banco}},$$

$$CBB = \frac{9600}{48},$$

$$CBB = 200 \text{ Ah}$$

Números de baterias em paralelo:

$$NBP = \frac{CBB}{C.bateria},$$

$$NBP = \frac{200}{160},$$

$$NBP = 1,25$$

$NBP = 2$ Baterias em paralelo

$$T_c = \frac{Cap}{\Delta t(1)},$$

$$T_c = \frac{20}{8},$$

$$T_c = 2,5 \frac{Ah}{horas}$$

$$EWh = V \cdot Cap(2)$$

$$EWh = 24 \cdot 20$$

$$EWh = 480W \cdot h$$

$$Eesp = \frac{EWh}{m(3)}$$

$$Eesp = \frac{480}{2,9}$$

$$Eesp = 165,51 \frac{Wh}{Kg}$$

$$Denergia = \frac{EWh}{Vol(4)}$$

$$Denergia = \frac{480}{0,0016275}$$

$$Denergia = 294,930 \frac{kwh}{m^3}$$

5.2.1.1 Bateria escolhida:



Figura 41 – Bateria íon lítio. Fonte;(NEOCHARGE, 2010)

“A bateria Aegis Battery 24V 20Ah Li-Ion é uma bateria recarregável de última geração feita com células cilíndricas 18650 Li-Ion embaladas com plástico retrátil preto. É perfeito para iluminação de bicicletas, brinquedos RC, robôs, laptops e baterias externas de DVD. A bateria vem com conectores Power Pole integrados pré-montados, permitindo fácil compatibilidade. A bateria Aegis possui um sistema de gerenciamento de bateria (BMS) integrado que mantém a bateria funcionando com desempenho máximo e protege as células por milhares de ciclos, incluindo sobrecarga, descarga excessiva, sobrecarga de corrente e proteção contra curto-circuito.”

Aegis Battery	
Tipo	Íon-lítio
Tensão	24 V
Capacidade	20 Ah
Energia Armazenada	480 W/h
Peso	6,39 libras ou 2,90 kg
Temperatura de Carga	0°C a 45°C
Temperatura de Descarga	-20°C a 60°C
Dimensão (C x L x A)	150 mm x 155 mm x 70 mm 6,1 pol. x 5,6 pol. x 3,6 pol.
Ciclo de Vida	>1000 Ciclos
Corrente de Carga Normal	2,0 Amps
Corrente de Carga Contínua Máxima	5,0 Amps
Corrente Nominal de Descarga	10,0 Amps
Corrente Máxima de Descarga	20,0 Amps
Corrente de Descarga de Pulso Máximo	(2 seg.) 40,0 Amps
Umidade Operacional	60 ± 25% R.H
Umidade de Armazenamento	60 ± 25% R.H
Conector de Descarga	PP45 Vermelho/Preto Powerpole
Conector de Carga DC	Barrel Plug Fêmea
Tipo de Célula	Cilíndrica
Método de Montagem	Soldadas
Módulo de Proteção	Automática
Proteção Contra Curto Circuito	Sim
Proteção Contra Polaridade Reversa	Sim
Balanceamento de Células	Sim
Desconexão de Baixa Tensão	Sim
Desconexão de Sobretensão	Sim

5.2.1.2 Recarregamento das baterias

O carregamento de uma bateria de íon Lítio é simples, porém requer algumas questões de segurança, o processo de carga pode se tornar complicado, e seus carregadores precisam ter alguns requisitos e circuitos de proteção e controle.

Segundo a literatura, o carregamento de uma bateria de íon lítio deve ser em corrente constante, entre 0,2 C a 0,7 C, que depende do fabricante, até que a bateria atinja 4,2 V por célula. Essa carga é mantida em 4,2 V até que a corrente caia para 3 por cento do valor inicial da taxa de carga. Um temporizador de carga geralmente é incluído nas baterias mais novas, para proteção elétrica.

Sendo assim, os carregadores das baterias dispõe de um limitador de tensão, algo que também é presente em carregadores de bateria de chumbo-ácido que são as mais tradicionais. O que difere os dois é que na bateria de íon lítio existe uma maior tensão por célula.

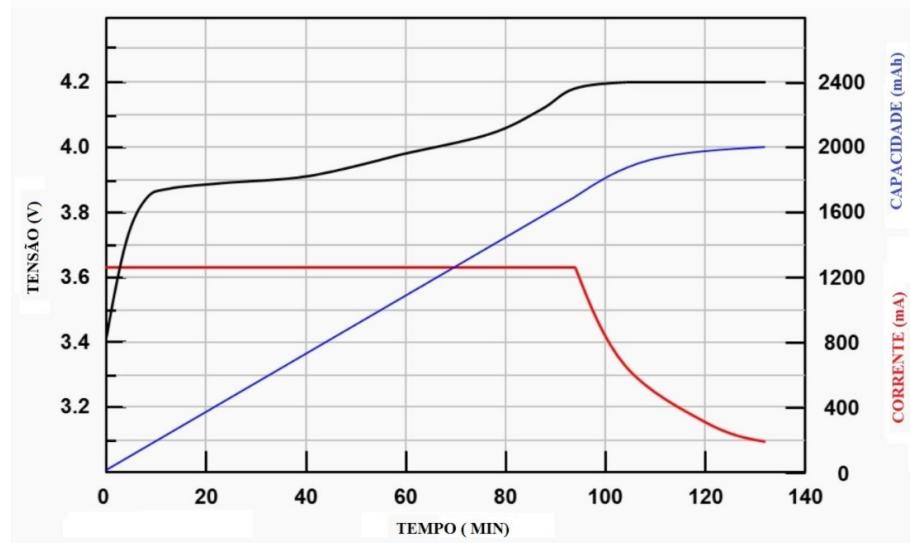


Figura 42 – Gráfico bateria. Fonte;(NEO_CHARGE, 2010)

Com os conceitos claros, podemos escolher o carregador de nossas baterias. E para isso, foi escolhido um carregador “24V 3A NMC Battery Charger” da marca Aegis Battery. Que é um carregador próprio para baterias de 24 volts, com input (entrada) de 220 v, e saída de até 29.4V, com uma corrente normal de 3 A.

5.3 Módulo Controlador

É necessário também um módulo controlador no nosso projeto para, principalmente, realizar a ligação entre baterias e nosso motor. Porém, o controlador tem outras características que precisam ser destacadas. Ele é o responsável pela ligação entre acelerador e motor, alguns sensores que garantem o funcionamento correto do sistema e também de segurança elétrica.

Com ele também é possível através de uma botoeira realizar o acionamento (liga e desliga) do motor. Enfim, o controlador tem uma função de cérebro do sistema elétrico e mecânico do nosso projeto.

Para escolher o controlador era necessário que o mesmo atendesse as especificações tanto de nossa bateria, quanto de nosso motor. Assim, a marca do nosso controlador escolhido foi a Keenso, com corrente limite de até 32 A e potência limite de até 1500W. Assim, seria possível atender nossos requisitos do projeto.



Figura 43 – Controlador Keeso

5.4 Diagrama Unifilar

Diagrama unifilar tem como objetivo representar de maneira simplificada a estrutura de circuitos de um determinado projeto. Ele possui simbologia definida por normas internacionais, ele faz parte do projeto complementar elétrico.

Através desse diagrama será possível identificar nossa estrutura elétrica, de maneira simplificada, e assim tomar decisões.

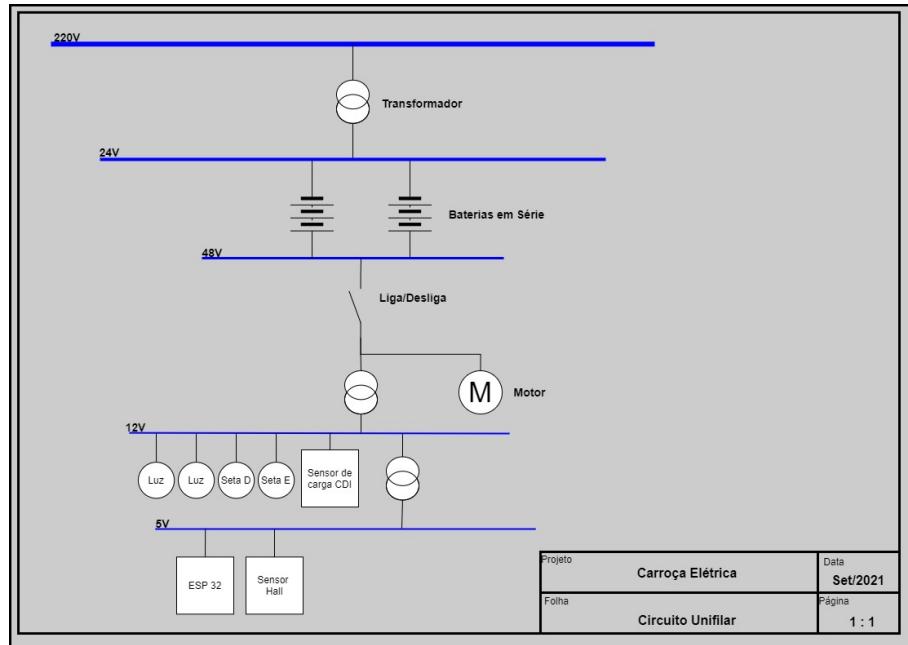


Figura 44 – Diagrama unifilar energia.Fonte :Autores

5.5 Simulação

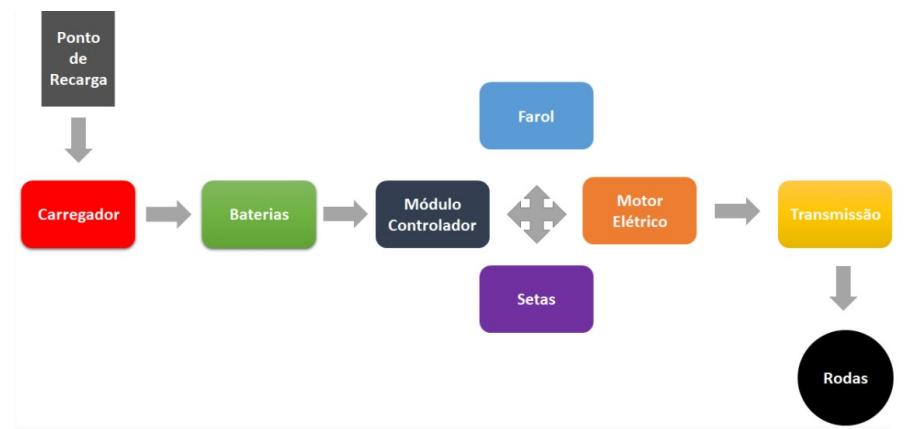


Figura 45 – Representação elétrica do sistema.Fonte:Autores

A representação elétrica do sistema, consiste em descrever de forma rápida e objetiva através de fluxograma o caminho percorrido pela alimentação do sistema. O ponto

de partida é o meu ponto de recarga conectado a energia da rede 220V, local de disponibilidade de energia elétrica necessária para alimentação do carregador, instrumento responsável em fornecer carga ao banco de baterias. O módulo controlador recebe carga do banco de baterias e é responsável por destinar carga suficiente para funcionamento ao motor elétrico, e ao acionamento do farol e setas. O sistema de transmissão alimentado pela bateria faz as rodas girarem.

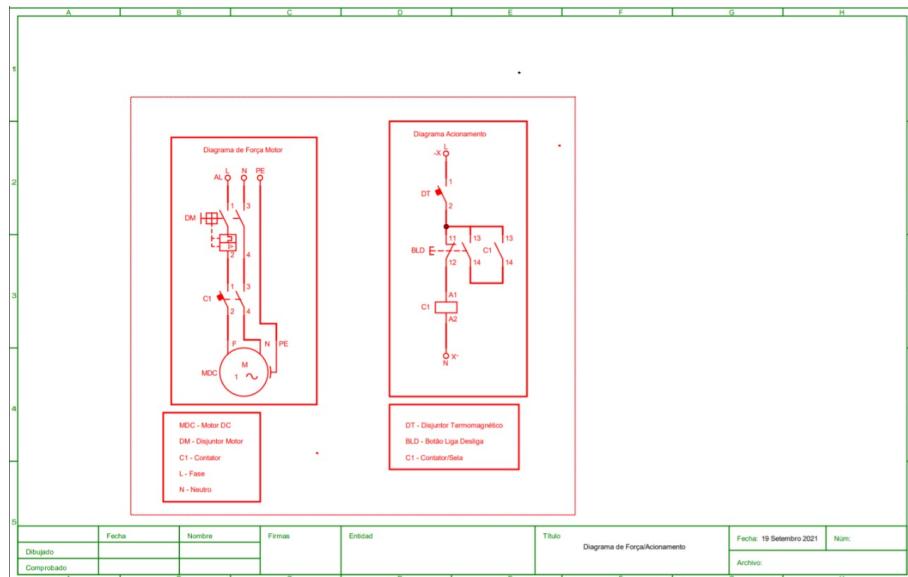


Figura 46 – Diagrama de Força do Motor e Diagrama de Acionamento

Utilizou-se o software gratuito CADE SIMU 3.0, cujo objetivo é a realização de projetos em comandos elétricos. Na elaboração do diagrama de força do motor, representamos um motor dc (MDC) monofásico alimentado por uma fase (L), um neutro (N) e o aterramento (PE). O disjuntor motor (DM) que faz a função de disjuntor termomagnético e de relé de proteção que alimenta o elemento de comando, contator (C1). 1 e 3 são entradas, 2 e 4 saídas. Na elaboração do diagrama de acionamento, o disjuntor termomagnético (DT) é alimentado pela fase (L). Botão liga desliga (BLD) em série alimentado pelo DT. Contato de Selo (C1) em paralelo com o (BLD). E o contator(C1) é alimentado pelo neutro (N). Se o disjuntor desarma, desliga o circuito de comando, se houver sobrecarga ou curto circuito. Para o funcionamento do motor, eu ligo disjuntor motor (DM) e disjuntor termomagnético (DT) e aciono o botão liga(BLD) para alimentar o contato(C1), fechando o selo(C1).

5.6 Dimensionamento de Cabos

O dimensionamento é necessário para se evitar problemas elétricos como um curto circuito ou sobrecarga no sistema elétrico, para se evitar esses riscos deve contar um dimensionamento dos cabos de ligação elétrica de acordo com a norma brasileira NBR 5410.

Sendo o nosso projeto em corrente contínua a corrente (I_p) é definida como a soma das correntes em todos os componentes analisados do sistema. Utilizando a tabela 36 da ABNT NBR 5410 (2004), temos

Nosso sistema conta com uma corrente de 26 A para fazer o cálculo fazemos:

$$\Delta V_{cabo} = 10 \cdot \frac{V_{CC} \cdot \Delta V\%}{l \cdot I_p}$$

Na qual ΔV_{cabo} é o coeficiente de queda de tensão, V_{CC} corresponde à tensão CC, $\Delta V\%$ por cento à queda de tensão em porcentagem, I ao comprimento do circuito e I_p à corrente de projeto.

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1.000	767	679	698	618	1.012	906	827	738	1.125	996	792	652
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1.000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Figura 47 – NBR 5410(2004) para capacidade de corrente de fios e cabos. Fonte:ABNT

Com a tabela podemos definir que de acordo com a tensão de 26v e o número de cabos carregados vai ser de 4mm, assim fica de acordo com a norma técnica e evita o risco de acidentes elétricos no circuito.

6 Solução de Software

6.1 Visão do Software

6.1.1 Escopo

- Este software foi desenhado com o objetivo de ser o aplicativo acompanhante do produto definido neste documento, a Carroça Elétrica, o qual mantém como objetivo facilitar o trabalho dos catadores de lixo em relação à coleta seletiva, realizadas por toda a cidade. A partir da integração dos sistemas desenhados e modelados nas partes de estrutura, energia e eletrônica, o software atuará como a ponte de comunicação entre o veículo e o usuário, catador vinculado às cooperativas que realizam o processo da coleta seletiva.
- A aplicação existente na carroça será capaz de captar todas as informações do microcontrolador colhidas pelos sensores implementados, sendo velocidade, peso, carga e autonomia da bateria, mostrando-as em tempo real para o usuário e auxiliando-o a ter um maior controle da carroça como um todo, através da geração de alertas quando os valores de segurança determinados forem alcançados. O software também irá disponibilizar a própria localização da carroça, facilitando o processo de identificação dos pontos de coleta no mapa. Dessa forma, a experiência do usuário poderá ser mais controlada, retornando um relatório que detalha todos os dados das coletas realizadas.
- Para utilização do software, será necessária a implementação de um celular à estrutura da carroça, sendo usado como tela e principal dispositivo que se comunica com o microcontrolador através de uma conexão bluetooth, passando frequentemente os dados coletados pelos sensores.

6.2 Proposta de Inovação

Levando em consideração as dificuldades que o catador possui hoje para realizar as coletas de maneira planejada e também de se localizar nos diversos pontos de coleta, a proposta de inovação para o aplicação é:

- Utilização da Google API: Utilizaremos a Google API para incorporação do Google Maps na aplicação, permitindo o usuário se localizar entre os pontos de coleta e principalmente a rota mais rápida até a cooperativa desejada para entrega dos

materiais coletados. A ideia é que a conexão com este software seja feita dentro da aplicação, porém se não for possível, o redirecionamento para o Google Maps também conseguirá concretizar nosso objetivo.

- Relatório das coletas realizadas: O usuário poderá realizar a coleta dos dados de cada ponto de coleta, salvando o peso que foi coletado naquele determinado ponto, assim como o número da coleta no dia, localização, data e horário de início e fim da coleta. O objetivo é coletar esses dados para serem analisados e posteriormente servir de insumo para possíveis projetos em conjunto com os pontos de coleta (condomínios, prédios etc), visando uma maior conscientização sobre as políticas de coleta seletiva internas de cada ponto.
- Conexão por Bluetooth: Nossa aplicativo irá receber as informações que precisa da Carroça Elétrica através de uma conexão Bluetooth com o microcontrolador ESP32. Essas informações serão utilizadas para mostrar ao usuário questões relevantes às quais precisa se atentar enquanto faz o uso da Carroça Elétrica, colaborando para que o uso do produto seja realmente parte do uso da Carroça como um todo.

6.3 Arquitetura do Software

Este documento de arquitetura tem o objetivo de apresentar uma visão sobre a arquitetura utilizada pelo aplicativo Coleta Fácil e mostrar como são feitas as conexões entre os elementos utilizados para que o software funcione.

Por conta da decisão de negócio de utilizar um celular para rodar a aplicação, a linguagem escolhida foi o React Native, possibilitando a escalabilidade para dispositivos tanto android como iOS. Por conta disso, a arquitetura adotada para o projeto é uma arquitetura orientada a componentes, por ser a estrutura padrão da linguagem.

Por conta da escolha da linguagem, conseguimos garantir que todo o código desenvolvido é convertido para a linguagem nativa do sistema operacional, havendo uma melhor integração entre funções do celular como localização, giroscópio, etc, além de uma segurança superior e uma melhor performance.

6.3.1 Diagrama de Relacionamentos

O diagrama de relacionamento (DR) é uma combinação de configuração gráfica com texto que descreve o fluxo e as relações da tarefa executada de forma manual e automatizada, onde a lógica do sistema é traçada passo a passo e o que é executado é detalhado juntamente com o que é efetuado pelo computador ou por qualquer outra atividade externa de apoio.

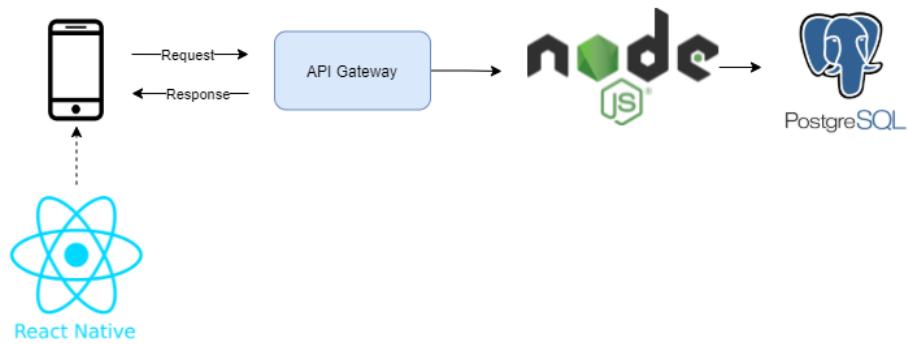


Figura 48 – Visão Geral da Arquitetura

No caso do aplicativo, os únicos relacionamentos com API's externas são com o banco de dados de usuários cadastrados, a comunicação com a Google Maps API e principalmente as informações coletadas pelo microcontrolador implantado na carroça (como podemos ver na figura 46).

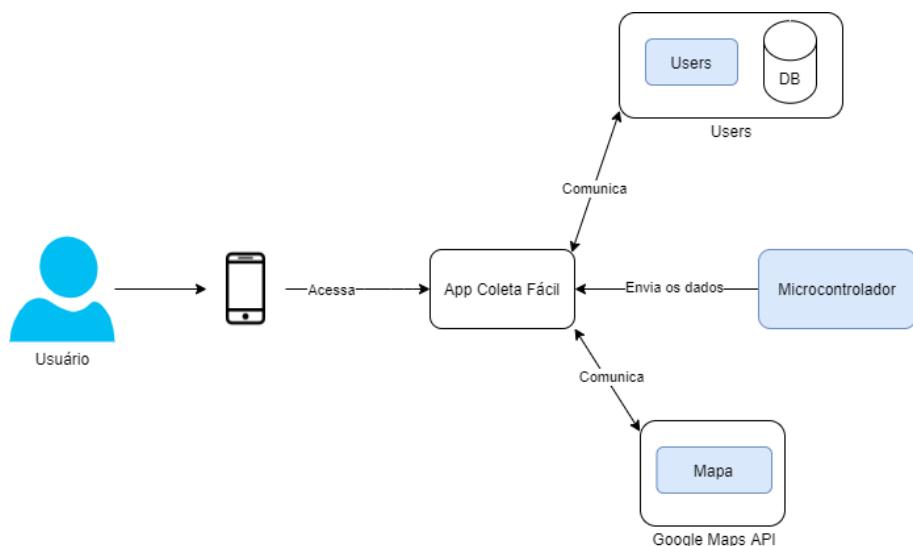


Figura 49 – Diagrama de Relacionamentos do aplicativo

6.3.2 Diagrama de Arquitetura do React Native

6.3.3 Visão de Casos de Uso

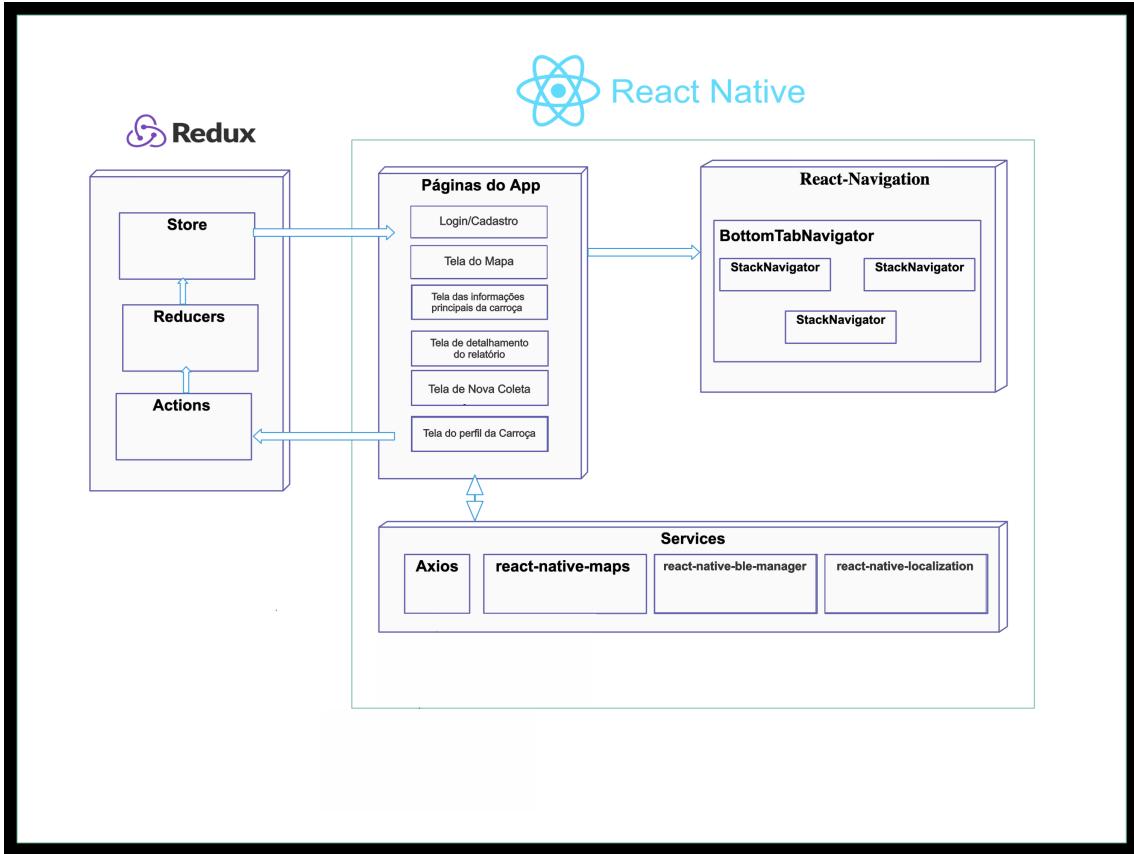


Figura 50 – Diagrama de Arquitetura do react native no aplicativo

Caso de Uso	Descrição
UC01 - Cadastro	A cooperativa cobra a carroça na aplicação
UC02 - Login	A cooperativa faz login da carroça na aplicação
UC03 - Gerar relatórios	A cooperativa gera relatórios dentro da aplicação
UC04 - Iniciar coleta	O catador inicia a coleta na aplicação
UC05 - Finalizar coleta	O catador finaliza a coleta na aplicação
UC06 - Visualizar painel	O catador visualiza o painel com informações de velocidade, peso e carga
UC07 - Acessar rota	O catador inicia a rota para os pontos de coleta

6.3.4 Tecnologias

6.3.4.1 React Native

O React Native é um framework para o desenvolvimento de aplicativos mobile tanto em iOS quanto em Android, utilizando componentes nativos. Esse framework é baseado em React, uma biblioteca consolidada para desenvolvimento de interfaces de usuário web.

Foi escolhido por permitir um compartilhamento de código para a execução das diferentes plataformas mobile presentes no mercado. Dentre os pacotes que serão utilizados

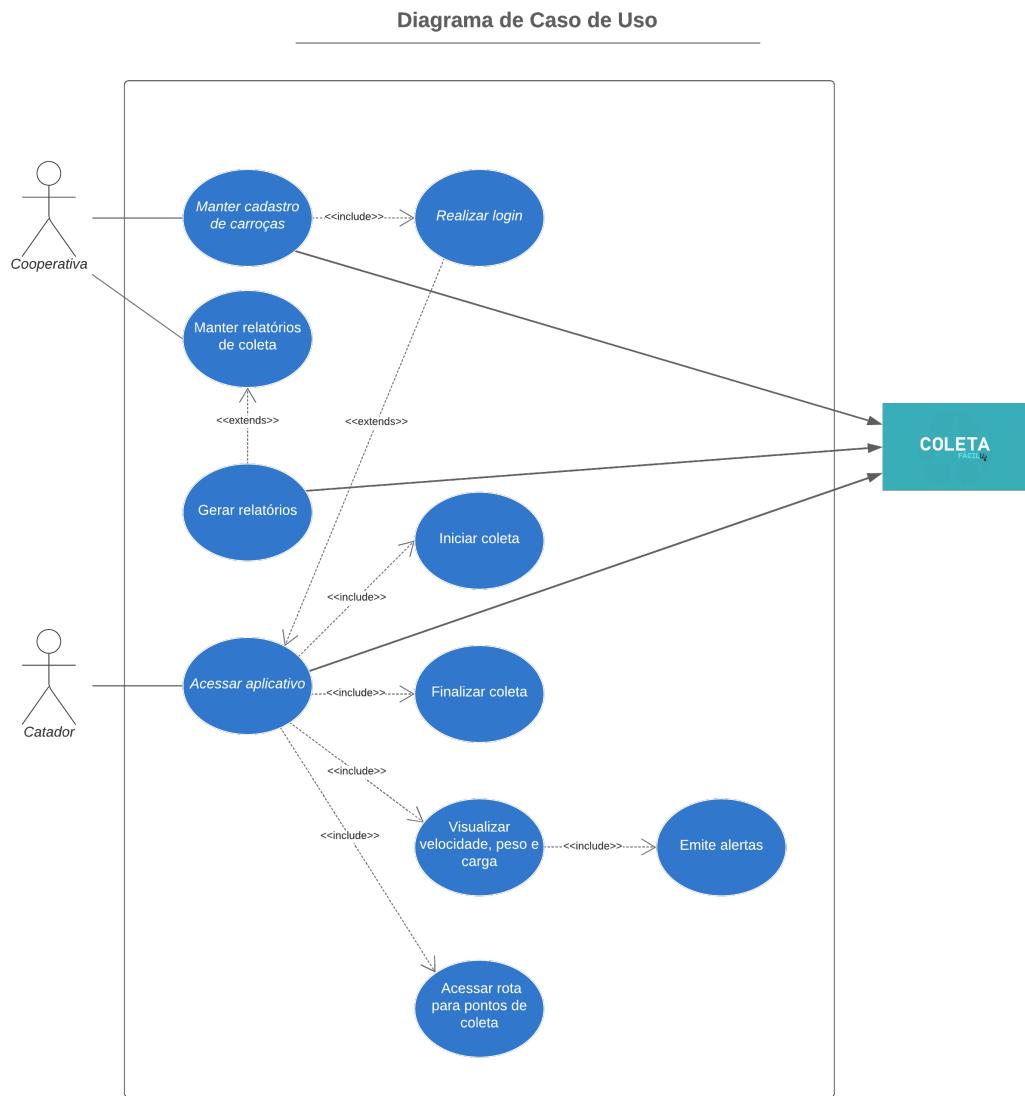


Figura 51 – Diagrama de Casos de Uso

para o desenvolvimento do aplicativo, será utilizada uma biblioteca para gerenciamento de estado global, o Redux, fazendo o papel de armazenar o estado da aplicação, contendo dados do usuário, áreas demarcadas e demais informações inseridas.

6.3.4.2 Node.js

O Node.js é um ambiente de execução JavaScript server-side, permitindo criar aplicações JavaScript para rodar como uma aplicação standalone em uma máquina, não dependendo de um browser para a execução.

6.3.4.3 PostgreSQL

PostgreSQL é um gerenciador de banco de dados relacionados que otimiza muito o trabalho de quem precisa administrar informações nesses níveis. A ferramenta é de fácil

instalação e de uso prático, proporcionando uma série de vantagens, especialmente com o uso de extensões.

6.3.5 Restrições Arquiteturais

As restrições de arquitetura são: Ter acesso à internet; Ter a função bluetooth do celular ligada; Possuir a plataforma atualizada para a última versão que o software requer; Ter conta na Play Store.

6.4 Arquitetura da Informação

Para a arquitetura da informação deste projeto foi elaborado um protótipo de baixa fidelidade e outro de alta fidelidade. Houveram 2 versões do protótipo que foram desenvolvidas a fim de validar os requisitos e elucidar a visão da equipe sobre o software a ser desenvolvido e validar se as necessidades do nosso usuário seriam correspondidas e sanadas. A primeira versão foi pensada com o intuito de ser um protótipo de baixa fidelidade, nos orientando somente às funcionalidades e requisitos. Ela foi desenvolvida por meio da ferramenta Figma. A segunda versão foi pensada em incorporar os avanços da primeira, mas também melhorar o design e deixar ele mais próximo ao esperado para o aplicativo. Ele será a referência para a construção do software. As telas foram construídas no CorelDraw, para organizar visualmente a disposição da interface do usuário.

6.4.1 Protótipo de Baixa Fidelidade



Figura 52 – Tela inicial do aplicativo



Figura 53 – Alerta de redirecionamento ao Maps

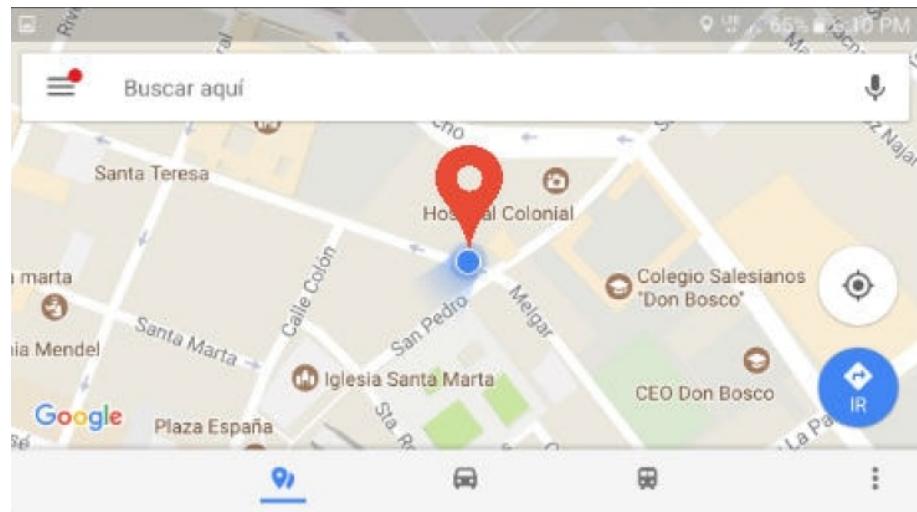


Figura 54 – Tela do mapa



Figura 55 – Tela de nova coleta



Figura 56 – Tela de nova coleta 2



Figura 57 – Tela de Relatório

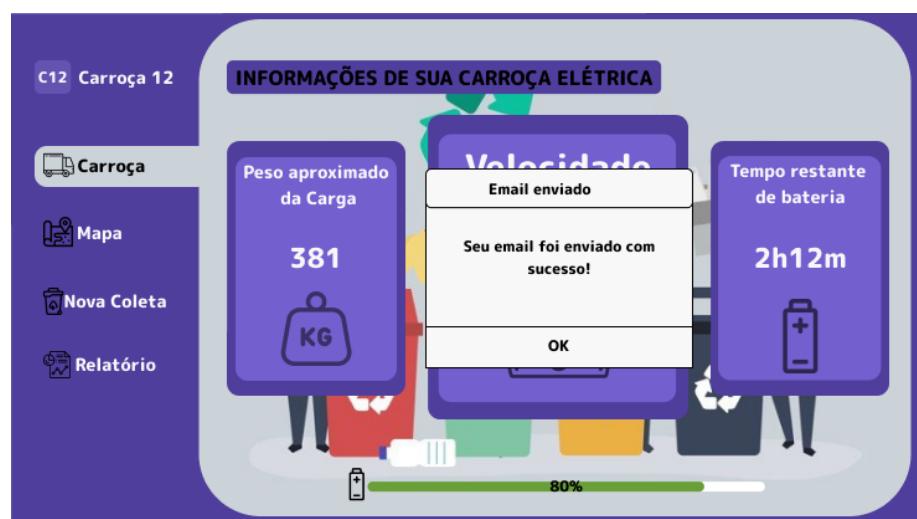


Figura 58 – Tela de Confirmação de E-mail enviado

6.4.2 Protótipo de Alta Fidelidade



Figura 59 – Tela inicial do aplicativo



Figura 60 – Tela de cadastro

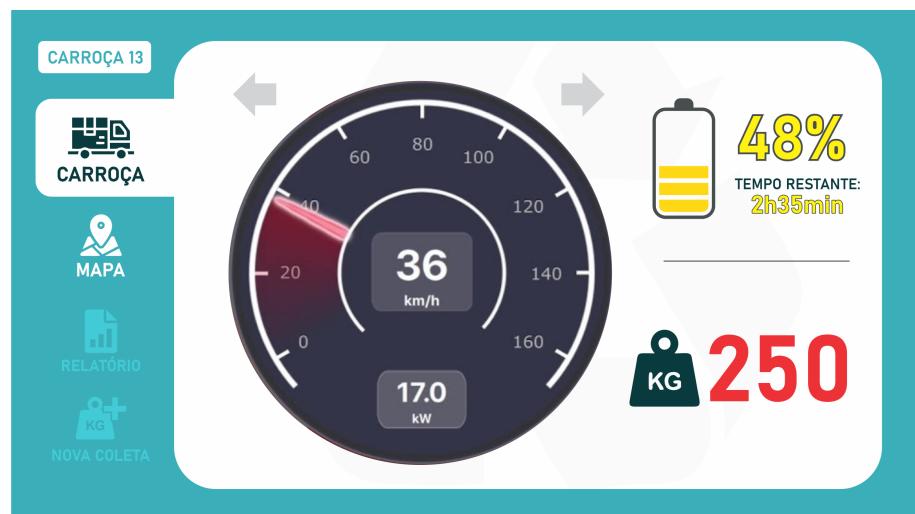


Figura 61 – Tela principal

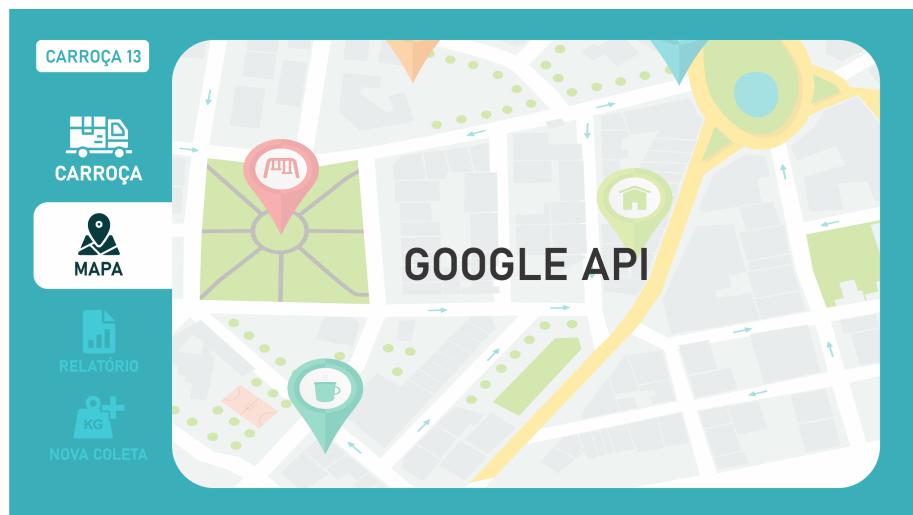


Figura 62 – Tela do mapa

Coleta	Peso Coletado	Local	Data/Hora
1	10kg	-15.989405168320284, -48.04504610304008	20/08 - 15:34:08
2	4kg	-15.989410325203021, -48.04471350913484	20/08 - 15:45:01
3	2kg	-15.989410325203021, -48.04471350913484	20/08 - 15:50:07
4	8kg	-15.989410325203021, -48.04471350913484	20/08 - 16:10:02

EXPORTAR PARA EMAIL

Figura 63 – Tela do relatório gerado



Figura 64 – Tela de nova coleta

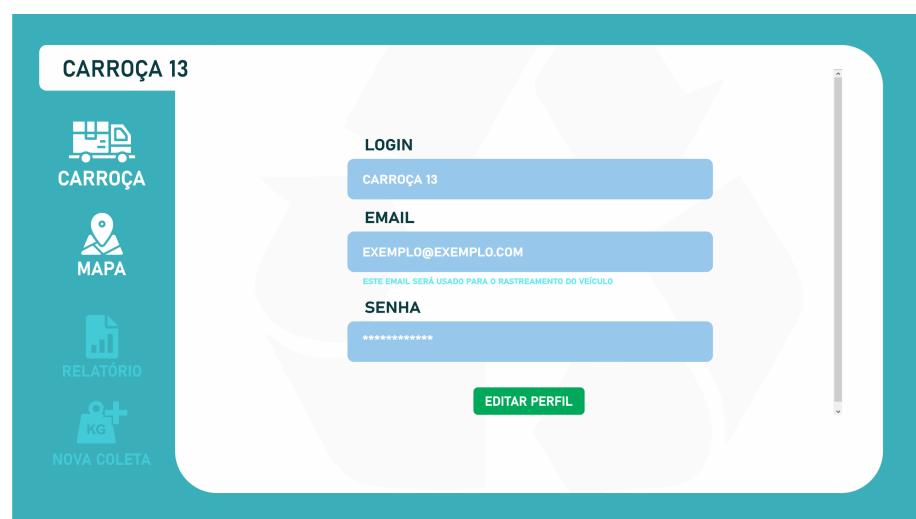


Figura 65 – Tela do perfil da carroça

7 Análise de Custo

7.1 Custos de Estruturas

A escolha dos materiais que farão parte da estrutura da carroça elétrica foi realizada através de uma matriz de decisão, a qual contém os possíveis materiais a serem utilizados. A escolha acontece a partir da avaliação de vários requisitos

Item	Quantidade	Valor Unitário (Reais)	Valor Total (Reais)	Fornecedor
*Chassi (barra aço carbono 1020 - 20mm x 30mm x espessura de 1,2mm x comprimento de 70cm)	32,85	42	1400	C-METAL
*Chassi (barra aço carbono 1020 - 40mm x 40mm x espessura de 1,2mm x comprimento de 70cm)	32,85	53	1750	C-METAL
*Chassi (tubo alumínio 6063 - 3,17cm x 31mm x diâmetro de 2,54cm x 1m de comprimento)	23	74	1700	C-METAL
*Chassi (tubo alumínio 6063 - 3,81cm x 16mm x diâmetro de 3,49cm x 1m de comprimento)	23	52	1200	C-METAL
*Chassi (barra alumínio 6063 - 2,54cm x 2,54cm x espessura de 2mm x comprimento de 1,5m)	15,3	96	1500	C-METAL
*Chassi (aço carbono 1020 bruto)	60kg	5	300	FERRO VELHO
*Chassi (alumínio de chaparia bruto)	60kg	9	540	LITORAL LIMPO COMÉRCIO DE SUCATAS EM GERAL
Kit completo da frente (pedal, mesa, guidão, garfo e roda completa com pneu, raio e cubo)	1	600	600	AQAWEB COMMERCE
Suspensão (par de feixes de mola completo com suportes)	1	450	450	THOROS MEGASTORE
Roda traseira de bicicleta em alumínio reforçado completa (pneu, raios e cubo)	2	220	440	CENTRAL BIKE MARINGA

Freios a disco de mountain bike	3	60	180	ROUPAS PARA CLISMO
Banco estilo arquibancada acolchoado	1	150	150	CIPLA BRA-SIL
<u>*Está incluído o suporte da bateria, o suporte do eixo e motor.</u>				

7.2 Custos de Eletrônica

A escolha dos componentes eletrônicos que farão parte da carroça elétrica foi realizada através de uma matriz de decisão, a qual contém os possíveis microcontroladores e sensores a serem utilizados. A escolha acontece a partir da avaliação de vários requisitos

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total	Fornecedor
Esp 32	1	38,90	38,90	Espressif
Sensor de carga CDI 500kg	1	670,00	670,00	Líder Balanças
Kit Lanterna Traseira Reboque	1	104,10	104,10	Prado
Interruptor Universal Farol Seta E Buzina Moto	1	37,90	37,90	VODOOL
Sensor Hall de Campo Magnético	1	19,90	19,90	KY-024
Ímã De Roda	1	23,15	23,15	Magneto
Celular	1	500,00	500,00	LG

7.3 Custos de Energia

A escolha dos componentes elétricos que farão parte da carroça elétrica foi realizada através de uma matriz de decisão, a qual contém os possíveis baterias,motores

e alternadores a serem utilizados. A escolha acontece a partir da avaliação de vários requisitos

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total	Fornecedor
Motor Brushless	1	70,99dol	70,99dol	BestEquip
Controlador Elétrico	1	50.49 dol	50.49 dol	Keenso
Bateria Íon-Lítio	2	327,99dol	655,98dol	Aegis Battery
Carregador	1	26.99dol	26.99dol	Aegis Battery

7.4 Custos de Software

7.4.1 Aquisição

Para o desenvolvimento do aplicativo, podemos levar em consideração uma equipe de 4 desenvolvedores e um notebook com um processador intel core i7 de última geração, 8GB de memória RAM e 256GB de memória interna no SSD (para um melhor desempenho no desenvolvimento e testes simultâneos), sendo vendido a 4.199,00 na data de 12/09/2021.

Item	Finalidade	Valor	Quantidade	Total	Fornecedor
Notebook	Desenvolvimento e planejamento	4.199,00	4	16.796,00	Samsung

7.4.2 Ferramentas

Todas as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do software são gratuitas, contribuindo para um menor custo do projeto.

7.4.3 Hospedagem

Considerando o escopo inicial de desenvolvimento do software para celulares android, devemos levar em consideração o valor de hospedagem do aplicativo. Na cotação atual (19/09/2021) a hospedagem do aplicativo ficará em R\$ 132,21 (25 dolares).

7.5 Análise de Viabilidade do Projeto

Ferramenta	Finalidade	Valor
Linux/Windows	Sistema Operacional para desenvolvimento	0,00
Git e Github	Gerenciamento de versão do código	0,00
Zenhub	Centralizar e organizar as tarefas a serem feitas	0,00
Google Drive	Gerenciamento e evolução das documentações	0,00
Whatsapp e Microsoft Teams	Comunicação do grupo de forma remota	0,00
Google Drive	Sistema Operacional para desenvolvimento	0,00

Item	Finalidade	Valor
Hospedagem Play Store	Hospedar o aplicativo para que tenha total funcionalidade	25,00 dol

Área	Valor Total
Estrutura	3.020,00
Eletrônica	1.394,00
Energia	4.237,00
Software	16.928,00
Mão de obra	3.000,00

Áreas	Valor Total
Projeto	28.579,00

8 Gerenciamento

8.1 Metodologia

As metodologias e ferramentas escolhidas para o gerenciamento do projeto foram baseadas principalmente no PMBOK (Project Management Body of Knowledge) e no KanBan.

8.2 Ferramentas de Gerenciamento

As ferramentas escolhidas para auxiliar no desenvolvimento do projeto e a comunicação da equipe podem ser vistas na tabela X.

Ferramenta	Função
Whatsapp	Utilizado para comunicação geral da equipe e marcação de reuniões. Segmentado por grupos (geral e áreas).
Microsoft Teams	Utilizado para reuniões remotas entre as áreas, cada qual em seu respectivo canal, e reuniões gerais.
Google Drive	Utilizado para armazenamento de documentos em geral para todas as áreas, cada um com suas pastas.
Trello	Utilizado para controle de atividades, prazos e entregas no formato Kanban.
GitHub	Utilizado para o controle de versões, código e documentação referente ao desenvolvimento da área de software.
Overleaf	Utilizado para formatação dos relatórios do projeto.
Cacco	Utilizado para construção de diagramas do projeto.
Figma	Utilizado para prototipar colaborativamente as aplicações de software.

8.3 Gerenciamento da Qualidade

O Controle da qualidade se dará pelo monitoramento e registro dos resultados da execução das atividades de qualidade para avaliar o desempenho e recomendar as mudanças necessárias.

8.3.1 Ferramentas de Gerenciamento da Qualidade

Ferramenta	Descrição da aplicação	Quando aplicar	Responsável
Listas de verificação da qualidade	Aplicável em todos as entregas deste projeto, será feito utilizando a plataforma Trello.	Semanalmente	Gerente de Qualidade
Auditórias de Áreas	Aplicável a todos os processos de execução do projeto. Será executada através de reuniões com os líderes de áreas a fim de coletar dados a respeito de problemas e leva-los ao conhecimento do Coordenador	Semanalmente	Gerente de Qualidade

8.4 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

8.4.1 EAP do Ponto de Controle 1

Para o Ponto de Controle 1, foram definidas as atividades previstas na Figura 67.

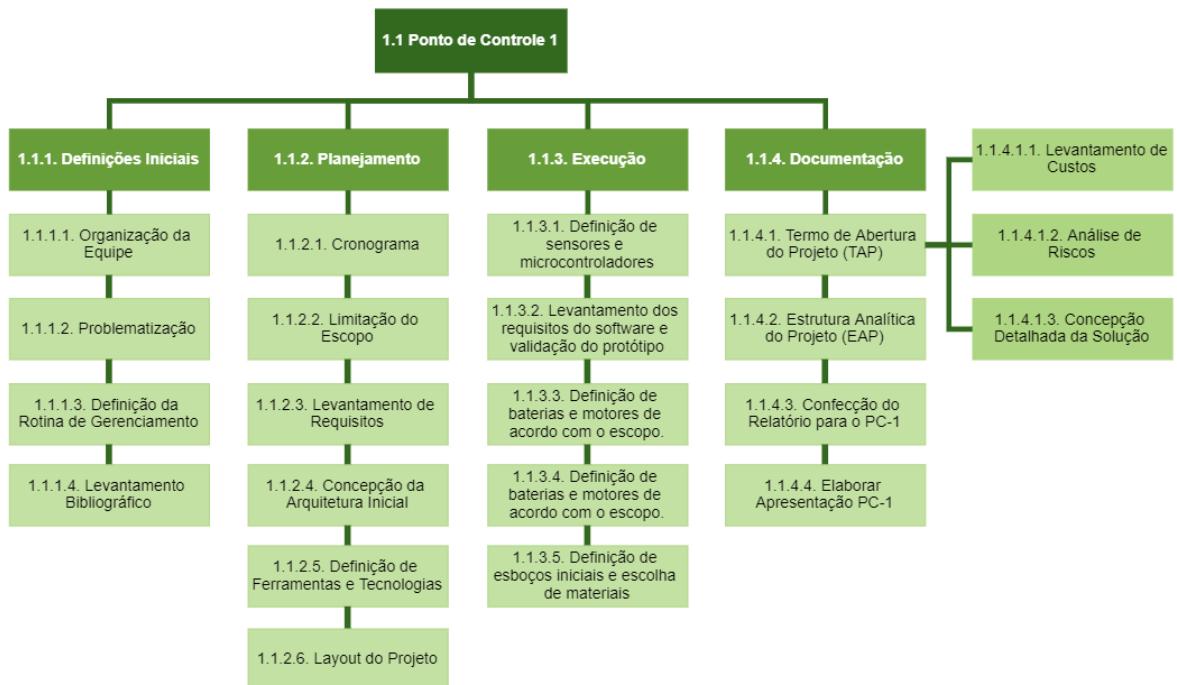


Figura 66 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 1. Fonte: Autores.

8.4.2 EAP do Ponto de Controle 2

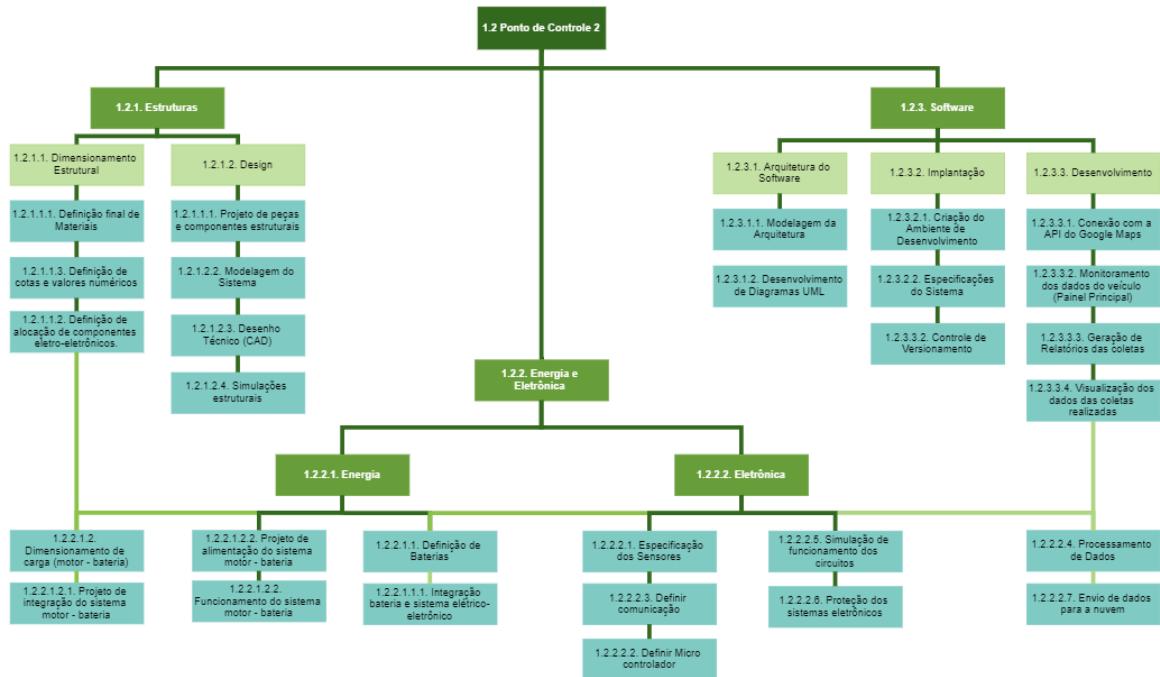


Figura 67 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 2. Fonte: Autores.

8.4.3 EAP do Ponto de Controle 3

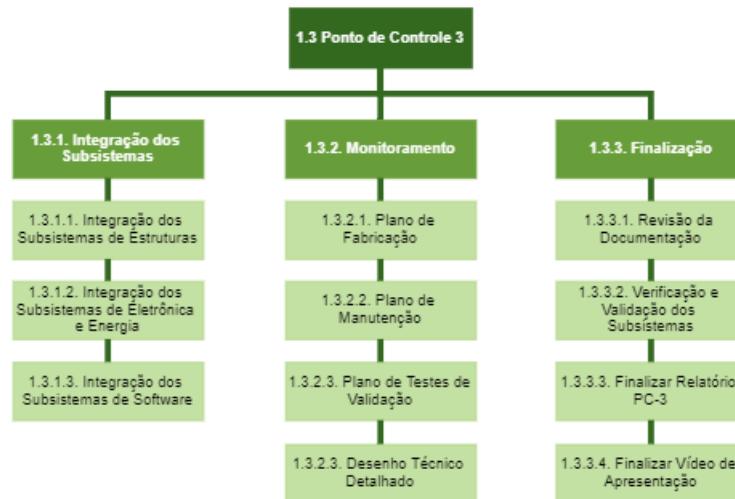


Figura 68 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 3. Fonte: Autores.

8.4.4 EAP do Projeto Todo

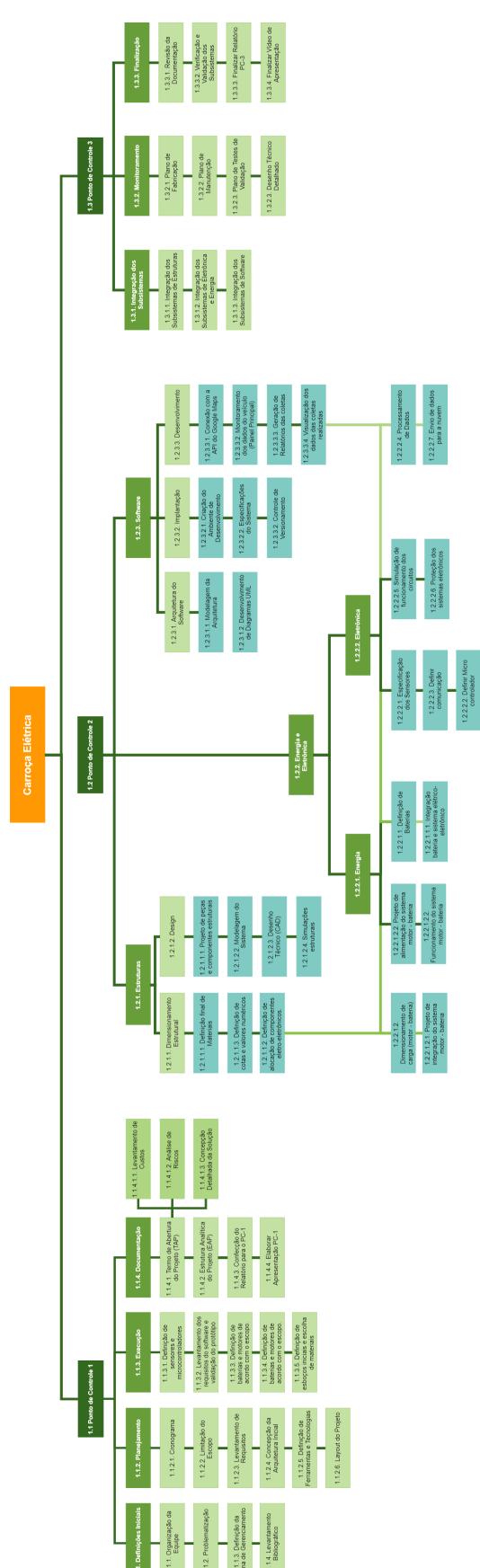


Figura 69 – Estrutura Analítica de Projeto. Fonte: Autores.

Marco	Descrição	Data
Ponto de controle 1 (PC1)	O entendimento do problema, definição do escopo e requisitos, concepção da arquitetura inicial e plano de gerenciamento do grupo	30/07/2021 a 27/08/2021
Ponto de controle 2 (PC2)	Critérios do projeto, cálculos e simulações, diagramas e desenhos técnicos da solução proposta	04/09 a 17/09
Ponto de controle 3 (PC3)	Resultados apresentados no PC2, lista de materiais utilizados, planos de teste, manual de uso e manutenção, documentação final e vídeo do projeto.	25/09/2021 a 22/10/2021
Apresentação na FIT/FGA	Apresentação do projeto online na Feira de Inovação e Tecnologia da FGA	05/11/2021

Tabela 20 – Reuniões Gerais Fonte: Autores.

No	Objetivo	Data
1	Definir Diretorias	30/07
2	Definir começo de escopo do trabalho	04/08
3	Feedback da 1ª Reunião com o Mitsu	06/08
4	Feedback da 2ª Reunião com o Mitsu	11/08
5	Feedback da Reunião com o prof Akira, Prof Mitsu e com o Pedro da cooperativa	20/08

Tabela 21 – Reuniões Gerais Fonte: Autores.

8.5 Cronograma do Projeto

O cronograma do projeto foi desenvolvido com início a partir do dia 30 de julho de 2021, momento em que houve a finalização da formação do grupo e definição do tema que seria trabalhado no decorrer do semestre. A data de finalização deste projeto será dia 05 de novembro de 2021, sendo a última atividade do grupo a Apresentação na FIT/FGA. Os demais *milestones* do projeto e suas respectivas datas se encontram na Tabela 20.

8.6 Reuniões

8.6.0.1 Reuniões Gerais

As reuniões gerais estão programadas conforme a Tabela 21.

8.6.0.2 Reuniões da Gerência

Reuniões semanais às quartas-feiras, 14h, entre o Coordenador Geral e os Diretores, para alinhamento de projeto.

8.6.0.3 Reuniões de Estruturas

Reuniões semanais às segundas-feiras, 19h, entre os membros da Equipe, para alinhamento de projeto.

8.6.0.4 Reuniões de Eletrônica

Reuniões semanais às terças-feiras, 19h, entre os membros da Equipe, para alinhamento de projeto.

8.6.0.5 Reuniões de Energia

Reuniões semanais às segundas-feiras, 20h, entre os membros da Equipe, para alinhamento de projeto.

8.6.0.6 Reuniões de Software

Reuniões semanais às segundas-feiras, 19h, entre os membros da Equipe, para alinhamento de projeto.

graphicx

Apêndices

APÊNDICE A – Primeiro Apêndice

A.1 Esquemático elétrico dos sistemas incorporados

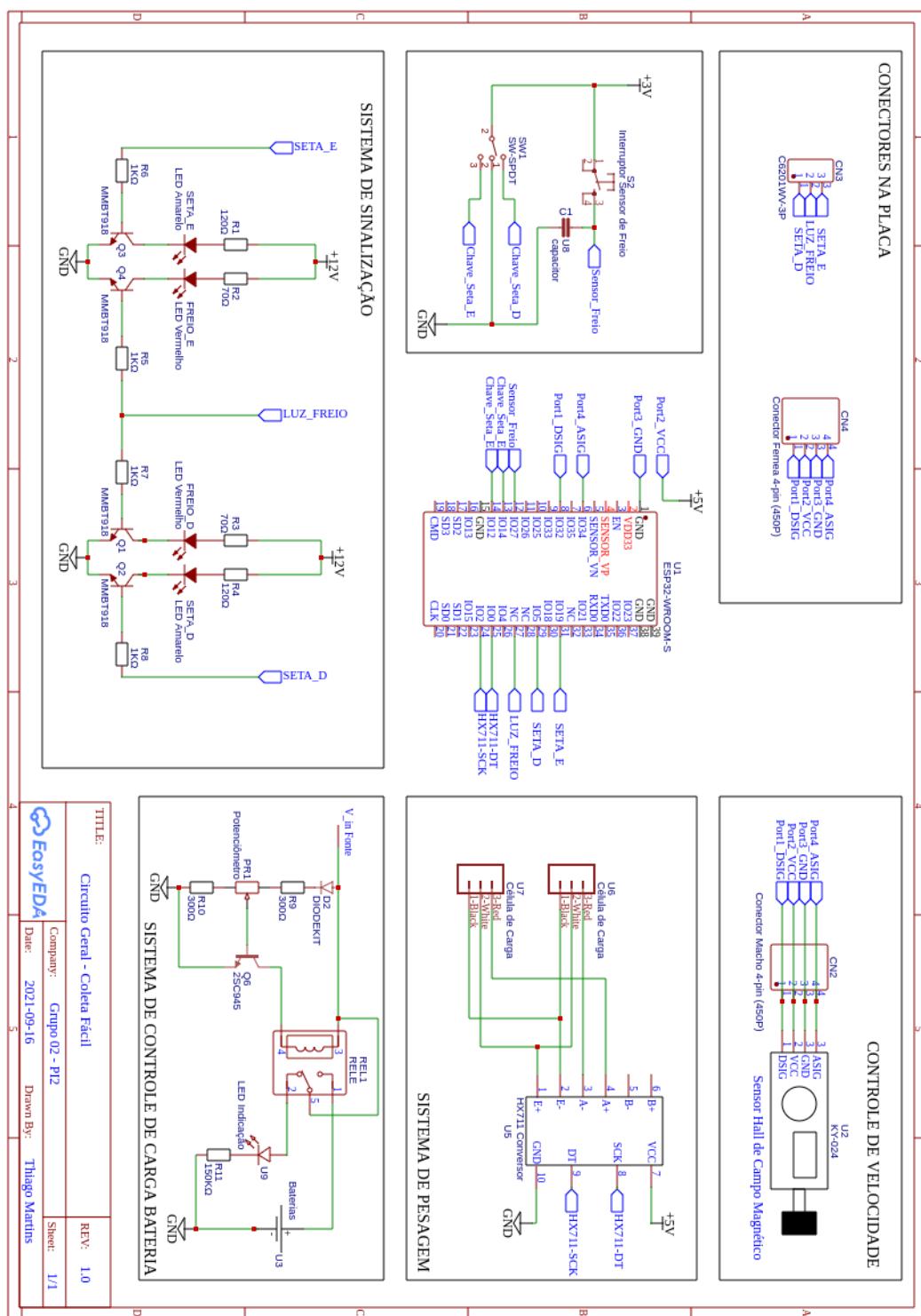


Figura 70 – Esquemático Elétrico do Coleta Fácil