

70104Representação elétrica do sistema.Fonte:Autores figure.caption.86

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 Moraes, 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



Lista de ilustrações

Figura 1 – Transportes comumente utilizados pelos catadores de recicláveis. Fonte: (SOUZA et al., 2014)	17
Figura 2 – Vistas da Carroça Elétrica.	19
Figura 3 – Bicicleta Reclinada. Fonte: Google Imagens.	31
Figura 4 – Bicicleta de carga da startup sueca Velove. Fonte: (ERLANDSSON, 2017).	33
Figura 5 – Referência ergonômica simplificada. Fonte: (CICHANSKI, 2014)	34
Figura 6 – Estudo anatômico feito diversos quadros reclinados. Fonte: (ABDUL-LAH et al., 2017)	35
Figura 7 – Deformação total do Quadro sob carregamento. Fonte: Autores.	36
Figura 8 – Detalhe da deformação total do Quadro sob carregamento Fonte: Autores.	37
Figura 9 – Tensão de cisalhamento no Quadro sob carregamento. Fonte: Autores.	37
Figura 10 – Detalhe da tensão de cisalhamento na solda do Quadro/vigas conectadoras sob carregamento. Fonte: Autores.	37
Figura 11 – Tensão normal (X) na junção com o suporte do Garfo. Fonte: Autores.	38
Figura 12 – Tensão normal (X) na solda do Quadro/vigas conectadoras sob carregamento. Fonte: Autores.	38
Figura 13 – Tensão normal (Y) na solda do Quadro/vigas conectadoras sob carregamento. Fonte: Autores.	38
Figura 14 – Tensão normal (Y) no Quadro sob carregamento. Fonte: Autores.	39
Figura 15 – Tensão normal (Z) na solda do Quadro/vigas conectadoras sob carregamento. Fonte: Autores.	39
Figura 16 – Tensão principal máxima na solda do Quadro/vigas conectadoras sob carregamento. Fonte: Autores.	39
Figura 17 – Módulo da Tensão na solda do Quadro/vigas conectadoras sob carregamento. Fonte: Autores.	40
Figura 18 – Cantoneira para reforço da junção Quadro/vigas conectadoras. Fonte: Autores.	40
Figura 19 – Identificação dos componentes da caçamba. Fonte: Autores.	42
Figura 20 – Viga longitudinal. Seção transversal proposta. Fonte: Autores	43
Figura 21 – Diagramas de esforços para o eixo. Fonte: Autores	44
Figura 22 – Curva S-N para materiais que apresentam resistência à fadiga. Fonte: (LEE Y.L.; PAN, 2005)	46
Figura 23 – Chassi, estrutura abaixo da chapa do piso, vista superior detalhes suporte em azul. Fonte: Autores	47

Figura 24 – Fixação da chapa no piso do tipo “Supported On All Corners With UDL”. Fonte: (STRUCTX, 2021)	47
Figura 25 – Tabela de constantes α e η . Fonte: (STRUCTX, 2021).	48
Figura 26 – Deformação Total da Chapa sob carregamento. Fonte: Autores.	48
Figura 27 – Dados da deformação Total da Chapa sob carregamento. Fonte: Autores.	49
Figura 28 – Tensão de Cisalhamento sob carregamento. Fonte: Autores.	49
Figura 29 – Dados da tensão de Cisalhamento sob carregamento. Fonte: Autores.	49
Figura 30 – Diagrama para cálculo de forças transversais sobre as colunas. Fonte: Autores.	50
Figura 31 – Razão entre tensão presente e tensão de escoamento para diferentes perfis possíveis para a estrutura vertical e sua massa. Fonte: Autores.	51
Figura 32 – Modelagem das vigas transversais. Fonte: Autores.	52
Figura 33 – Razão entre tensão presente e tensão de escoamento para diferentes perfis possíveis para as vigas transversais e sua massa. Fonte: Autores.	53
Figura 34 – Engrenagem normal de perfil evolvente. Fonte: (FILHO, 2007).	55
Figura 35 – Trem de engrenagens. Fonte: Autores.	55
Figura 36 – Número Máximo de Rotações (rpm). Fonte: (PROJETISTA, 2020).	56
Figura 37 – Amortecimento do tipo Feixe de Molas. Fonte: Google Imagens.	59
Figura 38 – Redes de Proteção em Nylon. Fonte: Google Imagens.	60
Figura 39 – Fluxograma do processo de desenvolvimento da solução eletrônica empregada no projeto, partindo de sua idealização discorrendo sua solução para a realização. Fonte: Autores	66
Figura 40 – Árvore dos sistemas embarcados com seus respectivos subsistemas idealizados. Fonte: Autores	68
Figura 41 – Diagrama da troca de dados ocorrida entre o sistema central (micro-controlador) e seus periféricos (sistemas adjacentes).	70
Figura 42 – Árvore dos sistemas embarcados com seus respectivos módulos eletrônicos escolhidos para a solução de eletrônica embarcada.	73
Figura 43 – Diagrama de blocos da arquitetura central e sua alimentação elétrica.	74
Figura 44 – Visão 2D gerada da PCI Central do veículo	75
Figura 45 – Diagrama de comunicação.	77
Figura 46 – Fluxograma de programação do hardware ESP32	78
Figura 47 – Sensor Hall - KY024	78
Figura 48 – Ímã de Roda	78
Figura 49 – Componentes do sistema de controle de velocidade.	78
Figura 50 – Célula de carga de feixe de curvatura típica Fonte: Daraceleste [CC BY-SA (LOAD-CELL-CENTRAL,)]	80
Figura 51 – Funcionamento da Célula de carga de feixe de curvatura típica Fonte: (LOADCELL, b)	80

Figura 52 – conversor A/D HX711 Fonte: (LOADCELL, a)	81
Figura 53 – Ponte de Wheatstone Fonte: (LOADCELL, 2019)	82
Figura 54 – Topologia que será empregada na ligação das células de carga Fonte: (LOADCELL, 2019)	82
Figura 55 – Ligações dos fios apresentados no datasheet do fabricante. Fonte: (LÍDER BALANÇAS, 2018)	82
Figura 56 – Lanterna Traseira	84
Figura 57 – Chave Seletora de Seta e modo reversão motor	84
Figura 58 – Sensor de Frenagem	84
Figura 59 – Componentes do sistema de sinalização do veículo.	84
Figura 60 – Acelerador de Punho	85
Figura 61 – Fluxograma de testes eletrônicos	87
Figura 62 – Matriz de decisão motor. Fonte: Autores	90
Figura 63 – Motores. Fonte: (NEODIMIO, 2021).	91
Figura 64 – Matriz de decisão motor. Fonte: (NEODIMIO, 2021).	91
Figura 65 – Bateria íon lítio. Fonte: (BATERIAS, 2012).	94
Figura 66 – Bateria íon lítio. Fonte: (BATERIAS, 2012).	95
Figura 67 – Gráfico bateria. Fonte: (??)	98
Figura 68 – Controlador Keeso	99
Figura 69 – Controlador Keeso com suas conexões	101
Figura 70 – Representação elétrica do sistema.Fonte:Autores	104
Figura 71 – Representação elétrica do sistema.Fonte:Autores	105
Figura 72 – Representação elétrica do sistema.Fonte:Autores	105
Figura 73 – Diagrama de Força do Motor e Diagrama de Acionamento	106
Figura 74 – exemplos de fusível	107
Figura 75 – Cores fusíveis	108
Figura 76 – Identificação/Localização Fusíveis	109
Figura 77 – caixa de fusíveis	109
Figura 78 – NBR 5410(2004) para capacidade de corrente de fios e cabos.Fonte:ABNT	110
Figura 79 – conversor de dc	111
Figura 80 – modulação PWM	113
Figura 81 – Duty cycle	113
Figura 82 – Conversor Step-Down	114
Figura 83 – Conversor abaixador de tensão chave fechada	114
Figura 84 – Conversor abaixador de tensão chave aberta	114
Figura 85 – Conversor de energia	115
Figura 86 – descrição do conversor	117
Figura 87 – Esquema de conexão BLE entre celular e microcontrolador	122

Figura 88 – Visão Geral da Arquitetura	123
Figura 89 – Diagrama de Relacionamentos do aplicativo	124
Figura 90 – Diagrama de Arquitetura do react native no aplicativo	124
Figura 91 – Diagrama de Casos de Uso	126
Figura 92 – Tela inicial do aplicativo	127
Figura 93 – Alerta de redirecionamento ao Maps	128
Figura 94 – Tela do mapa	128
Figura 95 – Tela de nova coleta	128
Figura 96 – Tela de nova coleta 2	129
Figura 97 – Tela de Relatório	129
Figura 98 – Tela de Confirmação de E-mail enviado	129
Figura 99 – Tela inicial do aplicativo	130
Figura 100 – Tela de cadastro	130
Figura 101 – Tela principal	130
Figura 102 – Tela do mapa	131
Figura 103 – Tela do relatório gerado	131
Figura 104 – Tela de nova coleta	131
Figura 105 – Tela do perfil da carroça	132
Figura 106 – Vista Geral do veículo	134
Figura 107 – Vista lateral do veículo	134
Figura 108 – Vistas do Veículo	134
Figura 109 – Diagrama de integração	135
Figura 110 – Vista traseira do veículo	136
Figura 111 – Vista frontal do veículo	136
Figura 112 – Vistas da sinalização do veículo	136
Figura 113 – Posicionamento da Placa	136
Figura 114 – Vista do <i>Case</i> onde a placa está inserida.	136
Figura 115 – Vistas do posicionamento onde a placa será instalada atrás do banco sem especificações de medida	136
Figura 116 – Local do Smartphone Embarcado e manetes	137
Figura 117 – Posicionamento das Células de Carga	137
Figura 118 – Vistas do posicionamento de alguns periféricos da placa	137
Figura 119 – Posicionamento do banco de bateiras e o case atrás do banco.	137
Figura 120 – Posicionamento das 3 Baterias vista em corte superior	137
Figura 121 – Vistas do Banco de Baterias	137
Figura 122 – Coordenação geral . Fonte: Autores.	151
Figura 123 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 1. Fonte: Autores. .	161
Figura 124 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 2. Fonte: Autores. .	162
Figura 125 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 3. Fonte: Autores. .	162

Figura 126 – Estrutura Analítica de Projeto. Fonte: Autores.	163
Figura 127 – Esquemático Geral dos Componentes Eletroeletrônicos - Página 1 . . .	185
Figura 128 – Esquemático Geral dos Componentes Eletroeletrônicos - Página 2 . . .	186
Figura 129 – Esquemático Geral dos Componentes Eletroeletrônicos	188
Figura 130 – Vista da placa do circuito central em 3 dimensões.	191
Figura 131 – Vista da placa do circuito central em 2 dimensões.	192
Figura 132 – Detalhamento da máscara de topo aplicada.	192
Figura 133 – Detalhamento da máscara inferior aplicada.	192
Figura 134 – Máscaras de aplicação para a produção das PCI's..	192
Figura 135 – Diagrama unifiliar energia.Fonte :Autores	197

Lista de tabelas

Tabela 1 – Análise de Parâmetros Essenciais da Carroça Elétrica .Fonte: Autores.	21
Tabela 2 – Requisitos de Estruturas. Fonte: Autores.	22
Tabela 3 – Requisitos de Eletrônica. Fonte: Autores.	23
Tabela 4 – Requisitos de Energia Fonte: Autores.	24
Tabela 5 – Valores estimados para as principais medidas ergonômicas apresentadas na Figura 5. Fonte:(CICHANSKI, 2014).	35
Tabela 6 – Valores estimados para os ângulos referidos na Figura 6. Fonte:(ABDULLAH et al., 2017).	35
Tabela 7 – Plano de Fabricação - Discriminação de peças, componentes, materiais e obtenção	62
Tabela 8 – Plano de Fabricação - Discriminação de peças e processos a serem empregados	63
Tabela 9 – Tabela comparativa dos modelos de lâmpadas para freio presentes no mercado para sinalização de seta e freio.	84
Tabela 10 – Especificações técnicas do acelerador de punho	86
Tabela 11 – tabela de especificações do motor	91
Tabela 12 – Dados da Aegis Battery.	97
Tabela 13 – Especificações	101
Tabela 14 – Sugestões de Cabos	103
Tabela 15 – Seção nominal dos fios para alimentação dos equipamentos do sistema	103
Tabela 16 – Circuito protegido e dados relacionados.	107
Tabela 17 – Características do Conversor StepDown	116
Tabela 18 – Vantagens e Desvantagens Fonte: Autores.	149
Tabela 19 – Alunos Fonte: Autores.	151
Tabela 20 – Alunos Fonte: Autores.	152
Tabela 21 – Professores Fonte: Autores.	152
Tabela 22 – Riscos Gerais do Projeto. Fonte: Autores.	153
Tabela 23 – Riscos de Estrutura do Projeto.Fonte: Autores.	154
Tabela 24 – Análise de Risco e ações de Estrutura. Fonte: Autores.	155
Tabela 25 – Risco de Eletrônica. Fonte: Autores.	156
Tabela 26 – Análise de Risco e ações de Eletrônica .Fonte: Autores.	157
Tabela 27 – Risco de Energia. Fonte: Autores.	158
Tabela 28 – Análise de Risco e ações de Energia .Fonte: Autores.	159
Tabela 29 – Reuniões Gerais Fonte: Autores.	164
Tabela 30 – Reuniões Gerais Fonte: Autores.	164
Tabela 31 – Avaliação dos estudantes	213

List of abbreviations and symbols

Fig.	Area of the i^{th} component
art	article
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
UNB	Universidade de Brasília
Prof.	Professor
FGA	Faculdade do Gama
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
P	[Structure] Weight of the load
V	[Structure] Tensile force
Q	[Structure] Static moment
I	[Structure] Moment of inertia
e	[Structure] Thickness
λ	[Structure] Slenderness ratio; slenderness parameter
λ_p	[Structure] Limit slenderness ratio for compact sections
τ_{max}	[Structure] Maximum shear stress
L	[Structure] Length or Width
t	[Structure] Thickness
E	[Structure] Modulus of elasticity
f _y	[Structure] Yield strength
δ	[Structure] Distance between the wheel and the caçamba supports
F_v	[Structure] Total weight of the structure
M	[Structure] Moment
σ_{xx}	[Structure] Normal stress along the x-axis

I_{zz}	[Estrutura] Momento de inércia da barra
σ_Y	[Estrutura] Tensão de escoamento do material
ϕ	[Estrutura] Diâmetro do eixo
y_{max}	[Estrutura] Flecha máxima na deformação da chapa do piso
a	[Estrutura] Menor comprimento do vão
b	[Estrutura] Comprimento mais longo do vão
μ	[Estrutura] Coeficiente de Poisson do material
η_i	[Estrutura] Coeficiente de proporção de comprimento para largura
F_H	[Estrutura] Força transversal submetida pela carga às colunas verticais
h	[Estrutura] Altura do perfil da coluna
σ_{yy}	[Estrutura] Tensão máxima sofrida devido à flexão
z	[Estrutura] Altura de perfil de viga
d_0	[Estrutura] Diâmetro primitivo da engrenagem
z_e	[Estrutura] Número de dentes da engrenagem
t_0	[Estrutura] Passo da engrenagem
m_e	[Estrutura] Módulo da engrenagem
L_{C1}	[Estrutura] Tamanho da corrente do motor
L_{C2}	[Estrutura] Tamanho da corrente dos pedais
V_i	[Estrutura] Velocidade do veículo em movimento antes da frenagem (em $\frac{m}{s}$)
V_f	[Estrutura] Velocidade do veículo no final da frenagem (em $\frac{m}{s}$)
E_c	[Estrutura] Energia cinética a ser absorvida pelos freios em uma frenagem
e_f	[Estrutura] Eficiência de frenagem
BLDC	- 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
Δt	Variação do tempo de descarga em horas
EWh	energia /watt - hora
Eesp	Energia específica
Kg	quilograma
m	massa
denergia	densidade de energia
vol	volume
RPS	Rotações por Segundo
RPM	Rotações por Minuto

Sumário

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa do Projeto	17
1.2	Carroça para Coleta	18
1.2.1	Diferenças pretendidas com a carroça elétrica	18
1.3	Descrição do Produto	19
1.4	Objetivos do Projeto	20
1.4.1	Objetivo Geral	20
1.4.2	Objetivos Específicos	20
2	REQUISITOS	21
2.1	Requisitos Legais	21
2.2	Requisitos Gerais	21
2.3	Requisitos de Estruturas	22
2.4	Requisitos de Eletrônica	23
2.5	Requisitos de Energia	24
2.6	Requisitos de Software	26
2.6.1	Requisitos Funcionais	26
2.6.2	Requisitos Não Funcionais	29
3	SOLUÇÃO DE ESTRUTURAS	30
3.1	Premissas de Projeto	30
3.2	Módulo do Quadro	31
3.2.1	Vantagens do Quadro Reclinado	31
3.2.2	Desvantagens do Quadro Reclinado	32
3.2.3	Decisão	33
3.2.4	Ergonomia	34
3.2.5	Simulação do Quadro	36
3.3	Módulo da Caçamba	41
3.4	Cálculos Estruturais	41
3.4.1	Cálculo da viga longitudinal	41
3.4.2	Cálculo do eixo das rodas traseiras	43
3.4.3	Cálculo da Chapa do Piso	46
3.4.3.1	Simulação da Chapa do Piso	48
3.4.4	Cálculo das colunas verticais da caçamba	50
3.4.5	Cálculo das vigas transversais da caçamba	52
3.4.6	Outras considerações	54

3.5	Subsistemas	54
3.5.1	Engrenagens	54
3.5.1.1	Definição das dimensões	54
3.5.2	Correntes	55
3.5.2.1	Corrente 1:4 (Motor para o eixo)	55
3.5.2.2	Corrente 16:1 (Pedais para a roda)	56
3.5.3	Freios	57
3.5.4	Amortecimento	59
3.5.5	Porta	60
3.5.6	Entelagem	60
3.6	Plano de Fabricação	61
3.6.1	Fabricação do Quadro	61
3.6.2	Fabricação da Estrutura do Garfo	63
3.6.3	Fabricação da Caçamba	64
3.6.4	Fabricação da Moldura da Porta	64
3.6.5	Fabricação das Engrenagens da transmissão	65
3.6.6	Fabricação do Sistema de Amortecimento	65
4	SOLUÇÃO DE ELETRÔNICA	66
4.1	Visão Geral — Idealização	67
4.1.1	Microcontrolador	69
4.1.2	Periféricos	69
4.1.2.1	Sistema de sinalização	69
4.1.2.2	Sistema de pesagem	69
4.1.2.3	Sistema de acionamento do motor	69
4.1.2.4	Sistema do controle de velocidade	69
4.1.2.5	Sistema de alimentação elétrica dos componentes	70
4.1.3	Fluxo de dados entre os componentes do sistema	70
4.2	Solução da Arquitetura Eletrônica	73
4.2.1	Sistema embarcado — PCI Central	74
4.2.1.1	Microcontrolador — ESP 32	74
4.2.1.1.1	Protocolo de comunicação	76
4.2.1.2	Módulos Eletrônicos	77
4.2.1.2.1	Sensor de Velocidade	77
4.2.1.2.2	Sensor de Pesagem	79
4.2.1.2.3	Illuminação da Sinalização	83
4.2.1.2.4	Acionamento do motor	85
4.2.1.2.5	Alimentação & Recarga	86
4.2.2	Plano de teste dos sistemas embarcados	86
4.2.2.1	Alimentação entre os componentes eletroeletrônicos	86

4.2.2.2	Aquisição e o processamento correto dos dados periféricos	87
4.2.2.3	Componentes de interação com o usuário	87
4.2.2.4	Análise das características do sensor de peso da caçamba	87
5	SOLUÇÃO DE ENERGIA	88
5.1	Motor	88
5.1.1	Categorias dos motores elétricos	88
5.1.1.1	Motor de corrente contínua	89
5.1.2	Escolha do motor de corrente contínua	89
5.1.2.1	“Brushless DC”	90
5.1.2.2	Especificações do motor “Brushless DC” escolhido	90
5.2	Requisitos de armazenamento para veículos elétricos	92
5.2.0.1	Parâmetros das baterias	92
5.2.0.2	Características desejadas das baterias	93
5.2.1	Dimensionamento de baterias	94
5.2.2	Bateria escolhida	95
5.2.2.1	Recarregamento das baterias	97
5.3	Módulo Controlador	99
5.3.0.1	Características do controlador	99
5.3.0.2	Especificação	101
5.3.0.3	Conexões Elétricas:	101
5.3.0.4	Sistema de alimentação do controlador:	102
5.3.0.5	CABOS	102
5.4	Diagrama Unifilar	104
5.5	Simulação	104
5.5.1	Caixa de Fusíveis	106
5.6	Dimensionamento de Cabos	109
5.7	Conversor DC-DC ou Chopper	111
5.7.1	Funcionamento do Conversor DC-DC	111
5.8	Conversor Step-Down ou Buck	114
5.8.1	Conversor DC/DC - Step Down	115
6	SOLUÇÃO DE SOFTWARE	118
6.1	Visão do Software	118
6.1.1	Escopo	118
6.2	Proposta de Inovação	118
6.3	Arquitetura do Software	123
6.3.1	Diagrama de Relacionamentos	123
6.3.2	Diagrama de Arquitetura do React Native	125
6.3.3	Visão de Casos de Uso	125

6.3.4	Tecnologias	125
6.3.4.1	React Native	125
6.3.4.2	Node.js	125
6.3.4.3	PostgreSQL	125
6.3.5	Restrições Arquiteturais	126
6.4	Arquitetura da Informação	127
6.4.1	Protótipo de Baixa Fidelidade	127
6.4.2	Protótipo de Alta Fidelidade	130
6.4.3	Referências	133
7	VISÃO GERAL DO PRODUTO	134
7.1	Perspectiva do Produto	134
7.2	Resumo das capacidades	135
7.3	Arquitetura de integração	135
7.3.1	Localização da Sinalização do Veículo	136
7.3.2	Integração PCI Central com Periféricos	136
7.3.3	Localização dos Periféricos da Placa no Veículo	137
7.3.4	Localização das Baterias	137
7.4	Suposições e dependências	137
7.5	Custos e precificação	138
7.6	Licenciamento e regulamento	138
7.7	Recursos do Produto	138
7.8	Restrições do produto	138
8	ANÁLISE DE CUSTO	139
8.1	Custos de Estruturas	139
8.2	Custos de Eletrônica	140
8.3	Custos de Energia	140
8.4	Custos de Software	141
8.4.1	Aquisição	141
8.4.2	Ferramentas	141
8.4.3	Hospedagem	142
8.5	Análise de Viabilidade do Projeto	142
	REFERÊNCIAS	143
	APÊNDICES	147
	APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DO PROJETO (TAP) .	148

A.1	Lista é/Não é	148
A.1.1	É	148
A.1.2	Não é	148
A.2	Premissas e Restrições do Produto	149
A.2.1	Vantagens e Desvantagens do Projeto	149
A.2.2	Restrições do Projeto	150
A.2.2.1	Produtos Concorrentes	150
A.3	Papéis e Responsabilidades	150
A.3.1	Equipe	152
A.3.2	Professores	152
A.3.3	Público Alvo	152
	APÊNDICE B – RISCOS	153
B.1	Riscos Gerais	153
B.2	Riscos de Estruturas	154
B.2.0.1	Análise dos Riscos e Ações	155
B.3	Riscos de Eletrônica	156
B.3.0.1	Análise dos Riscos e Ações	157
B.4	Riscos de Energia	158
B.4.0.1	Análise dos Riscos e Ações	159
	APÊNDICE C – GERENCIAMENTO	160
C.1	Metodologia	160
C.2	Ferramentas de Gerenciamento	160
C.3	Gerenciamento da Qualidade	160
C.3.1	Ferramentas de Gerenciamento da Qualidade	161
C.4	Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	161
C.4.1	EAP do Ponto de Controle 1	161
C.4.2	EAP do Ponto de Controle 2	162
C.4.3	EAP do Ponto de Controle 3	162
C.4.4	EAP do Projeto Todo	162
C.5	Cronograma do Projeto	164
C.6	Reuniões	164
C.6.0.1	Reuniões Gerais	164
C.6.0.2	Reuniões da Gerência	165
C.6.0.3	Reuniões de Estruturas	165
C.6.0.4	Reuniões de Eletrônica	165
C.6.0.5	Reuniões de Energia	165
C.6.0.6	Reuniões de Software	165

	APÊNDICE D – ESTRUTURAS - DESENHOS TÉCNICOS	166
	APÊNDICE E – ESQUEMÁTICOS ELETROELETRÔNICOS	183
E.1	Esquemático Geral dos Componentes Eletroeletrônicos	184
E.2	Diagrama Unifilar da Alimentação dos Componentes	187
	APÊNDICE F – MEMORIAL DE CÁLCULOS DAS SOLUÇÕES DO PRODUTO	189
F.1	Memorial de cálculo das soluções dos sistemas eletrônicos	189
F.1.1	Cálculo para aquisição do dado e processamento para a velocidade do veículo no microcontrolador	189
F.1.2	Cálculo de dimensionamento dos componentes utilizados a para acionamento das lâmpadas	189
	APÊNDICE G – PLACA DO CIRCUITO IMPRESSO CENTRAL	191
G.1	Vistas da Placa	191
G.1.1	PCI - Central	192
	APÊNDICE H – SOFTWARE	193
H.1	Repositório	193
H.2	Principais decisões do projeto	193
	APÊNDICE I – ESQUEMA FUNCIONAMENTO MICROCONTROLADOR	196
	APÊNDICE J – MANUAL DO USUÁRIO	198
	APÊNDICE K – AVALIAÇÃO INDIVIDUAL DOS PARTICIPANTES	212

1 Introdução

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. ([ELEUTERIO, 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 1. Esse tipo de transporte pode trazer graves consequências para a saúde humana, principalmente quanto a dores musculares, má postura, dentre outros.

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 e prover-lhes dignidade, o projeto Carroça Elétrica vem para atender essas



Figura 1 – Transportes comumente utilizados pelos catadores de recicláveis. Fonte: ([SOUZA et al., 2014](#))

necessidades dos catadores e da sociedade como um todo.

1.1 Justificativa do Projeto

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](#)).

1.2 Carroça para Coleta

Uma carroça é um tipo de carro (veículo de duas rodas, estrutura que suporta a carga e hastas 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.

1.2.1 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.

1.3 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 2.

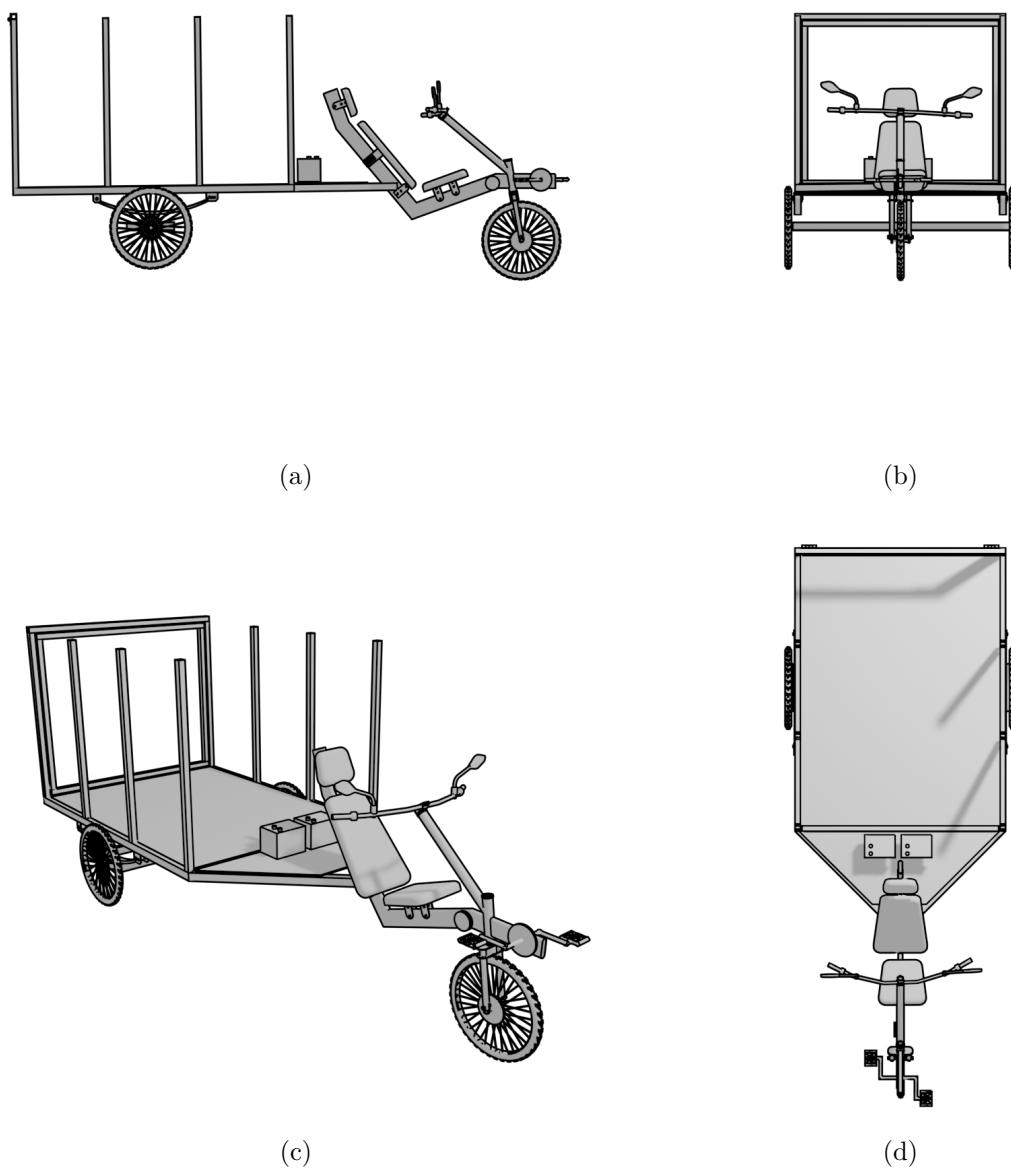


Figura 2 – Vistas da Carroça Elétrica.

1.4 Objetivos do Projeto

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma carroça movida por tração elétrica que os catadores de material reciclável a recolher mais produtos, de forma mais eficiente e eficaz gerando mais renda e dignidade a estes trabalhadores.

1.4.2 Objetivos Específicos

O veículo a ser desenvolvido tem por objetivos específicos:

- Desenvolver veículo que se enquadre na categoria de Ciclomotores do CONTRAN;
- Desenvolver veículo que possa andar pelo bordo ou acostamento das vias, e na ausência destes, pela pista mais à direita;
- Desenvolver veículo que conte com aplicativo para monitoramento em tempo real;
- Inserir o projeto no contexto do fomento governamental por parte do GDF, e outros entes governamentais, para reciclagem do lixo, através de cooperativas de reciclagem;
- Contribuir com a diminuição da quantidade de lixo reciclável descartada nos aterros sanitários e da consequente poluição do solo;

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 1 – 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 2.

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 2 – 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 3 – 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 4 – 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 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 Módulo do Quadro

O Quadro, cuja configuração seguirá o padrão reclinado, Figura 3, com os pedais frontais, terá a configuração da Figura ??.



Figura 3 – Bicicleta Reclinada. Fonte: Google Imagens.

Bicicletas reclinadas, também conhecidas como "bicicletas dobradas" (ROSS, 2016), são diferentes de uma bicicleta de quadro convencional no sentido de que, o ciclista reclina-se em um assento com as pernas estendidas para a frente.

Essa configuração é reconhecida pelo conforto ao pedalar proporcionado e por favorecer a ergonomia, ao distribuir o peso do ciclista em uma maior área, proporcionando menor tensão com o uso, quando comparado com os quadros convencionais, os quais distribuem o peso do ciclista em apenas 3 pontos: na bacia, em contato com o selim, nas mãos, em contato com o guidão, e os pés, apoiados nos pedais. (ROSS, 2016).

Dentre os diferentes tipos de quadros utilizando essa configuração, um deles é o triciclo reclinado, sendo este o padrão escolhido para o projeto, cabendo aqui destacar as vantagens as desvantagens e as ponderações envolvidas na decisão.

3.2.1 Vantagens do Quadro Reclinado

Destacam-se as seguintes vantagens com relação ao Quadro Reclinado, (ROSS, 2016), (BICYCLE; BIKES, 2021):

1. Configuração mais ergonômica que a convencional: melhor distribuição do peso corporal do ciclista, menor perda de fluxo sanguíneo ou dormência dos nervos, portanto mais apropriado para o uso prolongado, menos dores lombares e na pelve.
2. Possibilidade de adaptação para pessoas com necessidades especiais ou redução de mobilidade nas pernas. Essa configuração é mais fácil de adaptar para a tração por manivelas que a convencional.
3. Maior visibilidade do ciclista em relação ao plano frontal e lateral devido ao posicionamento da cabeça mais natural e ereto que quando comparado à configuração convencional.
4. Maior estabilidade, controle em curvas, manuseio e paradas (é mais fácil colocar os pés no pavimento quando necessário) devido ao centro de gravidade mais baixo.
5. Melhor performance em situação de colisão: potencialmente, a posição reclinada é mais fácil de manobrar e mais rápida para desacelerar ou parar e, em caso de colisão o ciclista não é jogado sobre o guidão, recebendo o impacto primeiramente nos pés e não na cabeça.

3.2.2 Desvantagens do Quadro Reclinado

Destacam-se as seguintes desvantagens com relação ao Quadro Reclinado, ([ROSS, 2016](#)), ([BICYCLE; BIKES, 2021](#)):

1. Necessidade de adaptação: essa configuração aciona diferentes grupos musculares do ciclista, músculos centrais e isquiotibiais da perna, em detrimento dos músculos do quadríceps frontal e das nádegas.
2. Problemas de visibilidade: devido ao posicionamento do ciclista, tem-se menor visibilidade, tanto do ciclista em relação à traseira, quanto dos demais transeuntes em relação ao ciclista.
3. Maior custo na fabricação: em geral têm necessitam de um assento mais robusto, mais tubos e o triplo da quantidade de corrente.
4. Maior custo de manutenção devido ao maior número de peças e a menor disponibilidade (em geral).
5. Maior dificuldade em subidas e para acelerar, devido à perda da capacidade de se apoiar nos pedais e acioná-los.

3.2.3 Decisão

Cabe destacar que as vantagens 1, 4 e 5 foram fundamentais na tomada de decisão, tendo em vista que o operador da carroça elétrica irá operá-la por um longo período e, para isso, necessita contar com o máximo de ergonomia, estabilidade e segurança.

Quanto às desvantagens, o ponto 1 deverá ser atendido com um período de adaptação proporcionado aos operadores, utilizando a carroça inicialmente em circuito fechado e sem carga. A desvantagem 2 deve ser mitigada adicionando ao projeto retrovisores e adesivos refletivos. O ponto 3 e 4 são as desvantagens mais incontornáveis. Já o ponto 5 não representa um problema para o projeto, tendo em vista que a carroça elétrica se destina prioritariamente para o uso no Distrito Federal, portanto com uma geografia mais plana, e, devido à característica de uso para carga, capacidade de aceleração não é um atributo prioritário.

Cumpre ainda destacar, como Benchmarking, o emprego da configuração reclinada pela startup sueca Velove para uma capacidade de carga muito similar (200 Kg) à aqui pretendida, indicando portanto que a configuração é viável também para uso em tração de carga.



Figura 4 – Bicicleta de carga da startup sueca Velove. Fonte: ([ERLANDSSON, 2017](#)).

3.2.4 Ergonomia

Para o conforto do condutor durante longos períodos de uso, a ergonomia é de extrema importância. Portanto, durante a elaboração da geometria do quadro, buscou-se referências para as diferentes distâncias e ângulos aplicáveis. Uma das referências utilizadas buscou simplificar este assunto a seis medidas principais, de acordo com a Figura 5.

1. Distância do condutor ao manete,
2. Distância do joelho ao pedal,
3. Distância perpendicular do assento ao pedal,
4. Distância do câmbio (não aplicável),
5. Ângulo do manete,
6. Ângulo de inclinação entre encosto e assento.

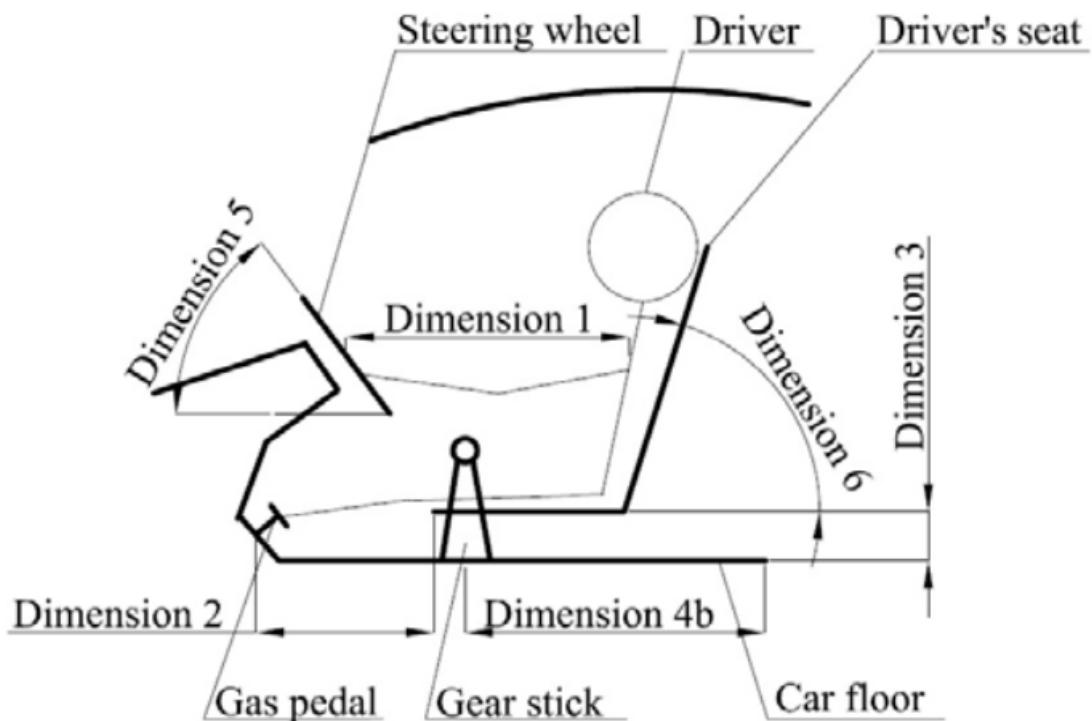


Figura 5 – Referência ergonômica simplificada. Fonte: ([CICHANSKI, 2014](#))

Que os autores estimaram os valores médios ótimos na Tabela 5.

Juntamente a estas dimensões de referência, e para melhor aplicabilidade ao caso específico, buscou-se um estudo mais especializado para o caso de bicicletas, em especial

Dimensão	Valor
1	330 mm
2	518 mm
3	150 mm
4	807 mm
5	80°
6	70°

Tabela 5 – Valores estimados para as principais medidas ergonômicas apresentadas na Figura 5. Fonte: ([CICHANSKI, 2014](#)).

as reclináveis, para que levasse em consideração a mobilidade do condutor durante a operação do equipamento.

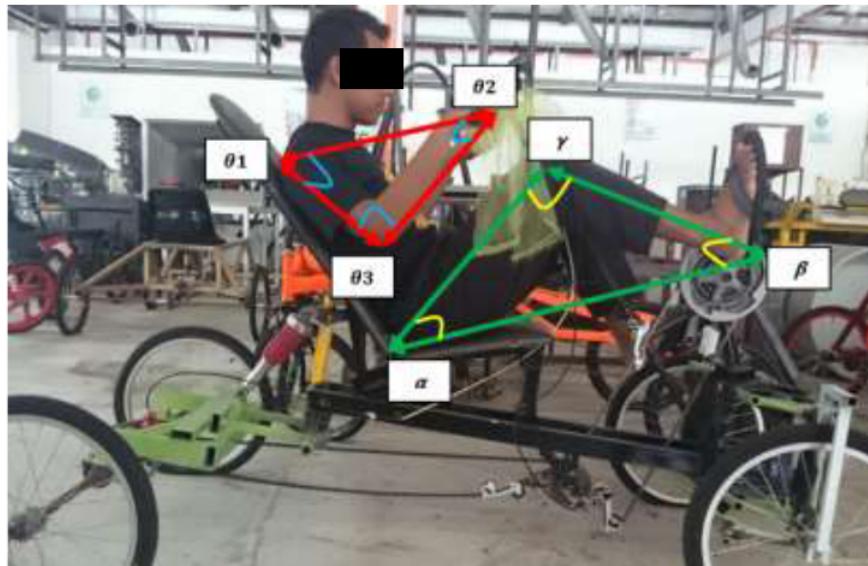


Figura 6 – Estudo anatômico feito diversos quadros reclinados. Fonte: ([ABDULLAH et al., 2017](#))

Neste caso, foi encontrado um caso de geometria similar nos quais os autores estimaram uma faixa ótima para cada um dos ângulos da Figura 6, que podem ser vistos na Tabela 6.

Ângulo	Faixa
θ_1	15° - 85°
θ_2	15° - 45°
θ_3	80° - 120°
α	20° - 95°
β	15° - 45°
γ	95° - 135°

Tabela 6 – Valores estimados para os ângulos referidos na Figura 6. Fonte: ([ABDULLAH et al., 2017](#)).

Nestes estudo, os autores reportaram que os ângulos mais importantes para os participantes ($n=20$) foram os ângulos do joelho (γ) e do cotovelo (θ_3), que devem estar próximos de 120° e 115° , respectivamente (ABDULLAH et al., 2017). É bom observar que, por se tratar de uma atividade dinâmica, uma soma ingênuas dos ângulos de cada triângulo apresentados na Tabela 6 não resultará em 180° , e que estes valores referem-se aos valores máximos e mínimos que os ângulos deverão ter durante todo o ciclo da atividade para manter o conforto do condutor.

Para o ajuste fino, que dependerá de cada condutor, foi pensado um sistema de estofados reclináveis ajustáveis, como os feitos em equipamentos de musculação.

3.2.5 Simulação do Quadro

Realizou-se simulação do Quadro, por ter-se adotado uma configuração não convencional. Para estas simulações, focou-se em obter a Deformação Total, Figuras 7 e 8, Tensão de Cisalhamento, Figuras 9 e 10, Tensões Normais em X, Y e Z, Figuras, 11, 12, ??, 14 e 15, Tensão Principal, Figura 16, e Módulo da Tensão, Figura 17.

Verificou-se que os pontos de maior tensão estão na junção do Quadro com as vigas conectoras, de acordo com as figuras 10, 12, 15 e 16. Essas partes deverão ser reforçadas com cantoneiras de 2mm de espessura, Figura 18, tanto na parte inferior quanto na superior, para melhor distribuir a tensão e evitar o desgaste do material. Devido a limitações na licença estudantil do software ANSYS não foi possível simular a nova geometria.

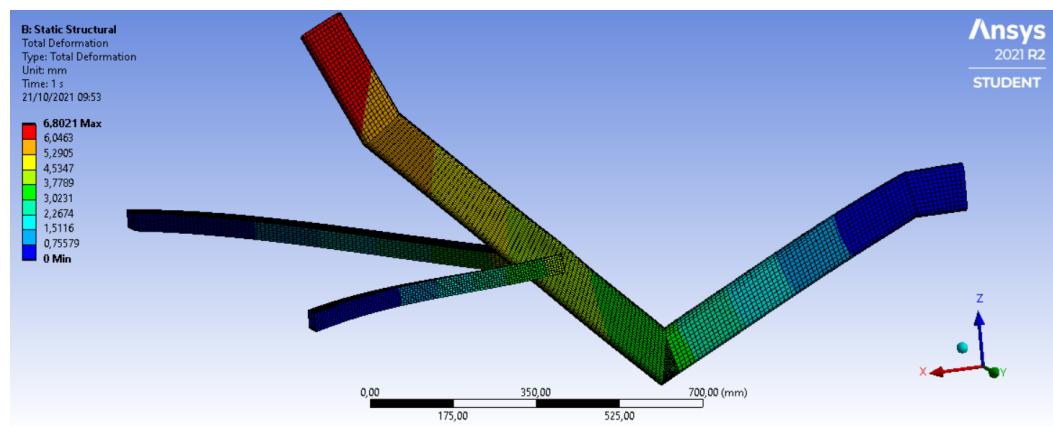


Figura 7 – Deformação total do Quadro sob carregamento. Fonte: Autores.

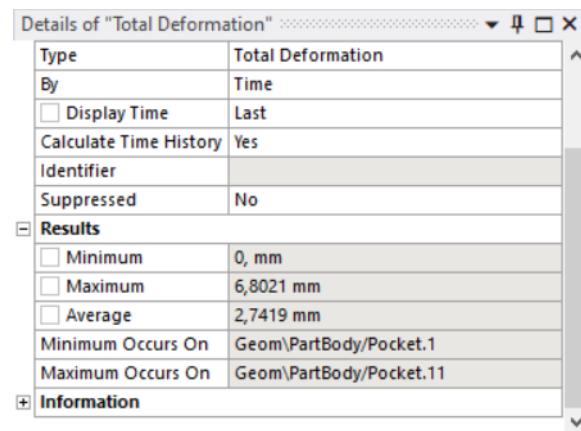


Figura 8 – Detalhe da deformação total do Quadro sob carregamento Fonte: Autores.

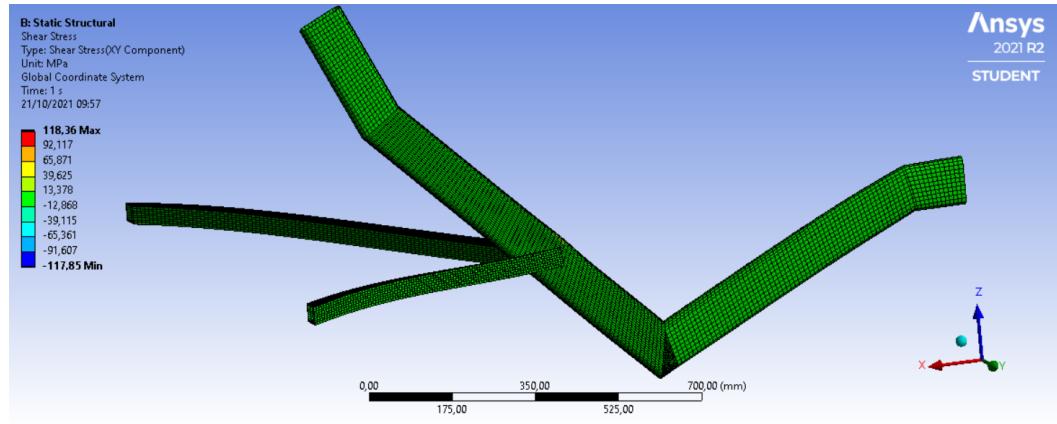


Figura 9 – Tensão de cisalhamento no Quadro sob carregamento. Fonte: Autores.

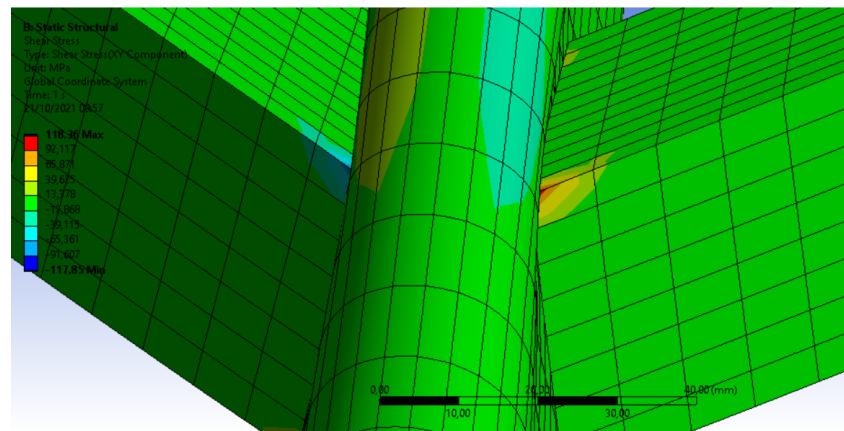


Figura 10 – Detalhe da tensão de cisalhamento na solda do Quadro/vigas conectoras sob carregamento. Fonte: Autores.

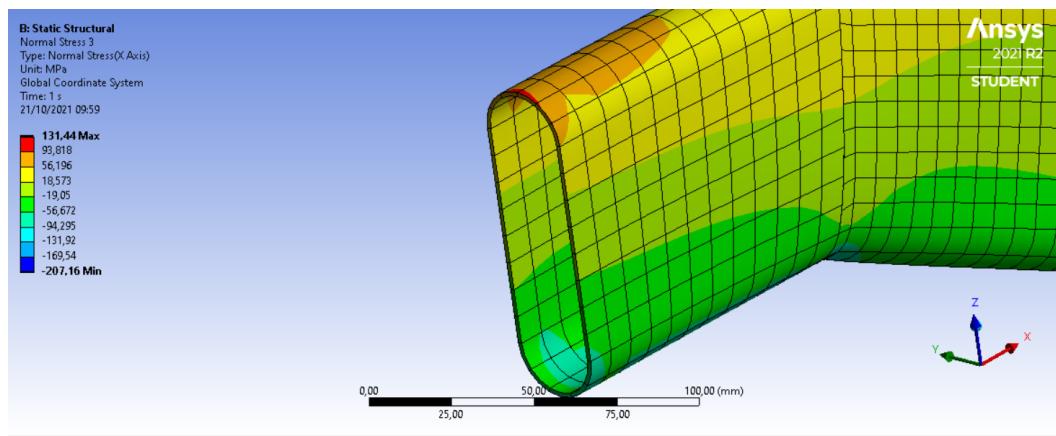


Figura 11 – Tensão normal (X) na junção com o suporte do Garfo. Fonte: Autores.

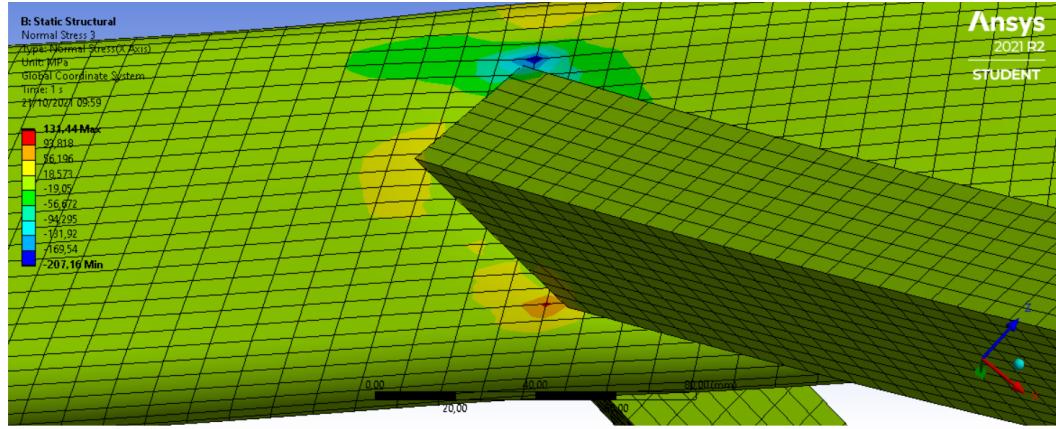


Figura 12 – Tensão normal (X) na solda do Quadro/vigas conectoras sob carregamento. Fonte: Autores.

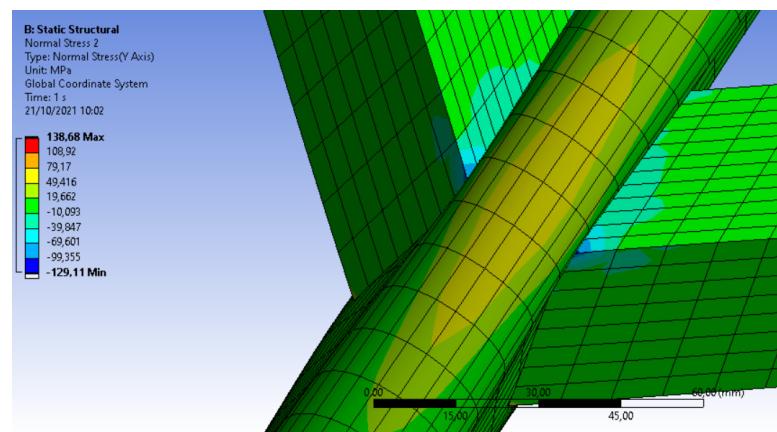


Figura 13 – Tensão normal (Y) na solda do Quadro/vigas conectoras sob carregamento. Fonte: Autores.

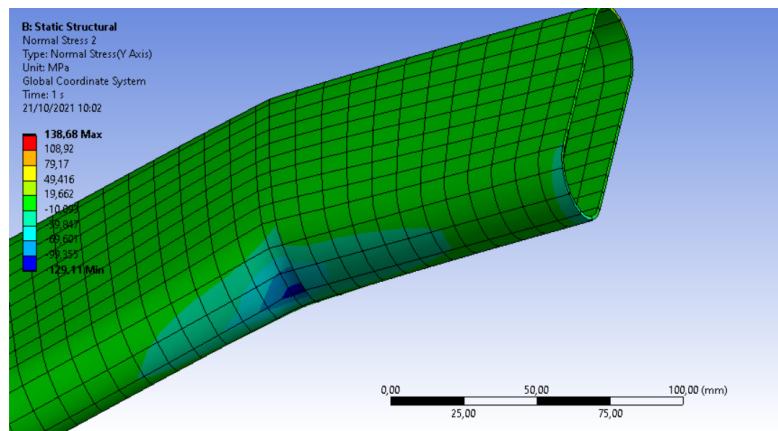


Figura 14 – Tensão normal (Y) no Quadro sob carregamento. Fonte: Autores.

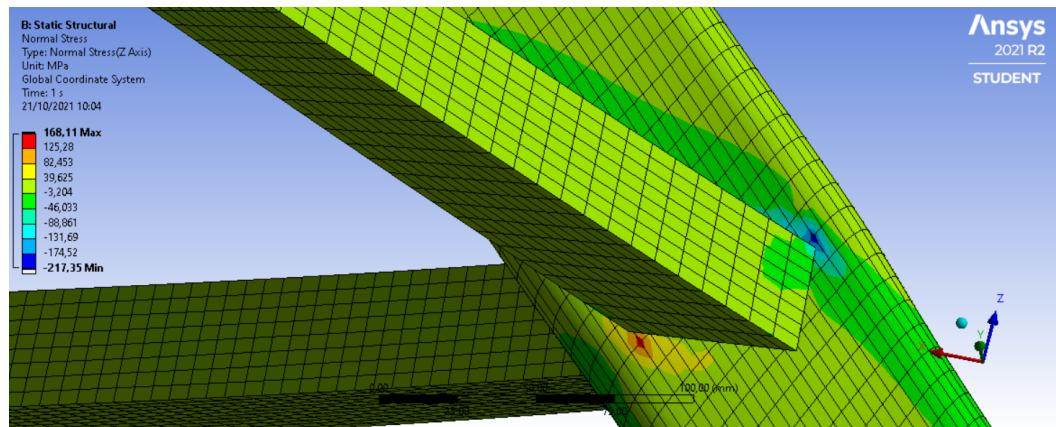


Figura 15 – Tensão normal (Z) na solda do Quadro/vigas conectadoras sob carregamento. Fonte: Autores.

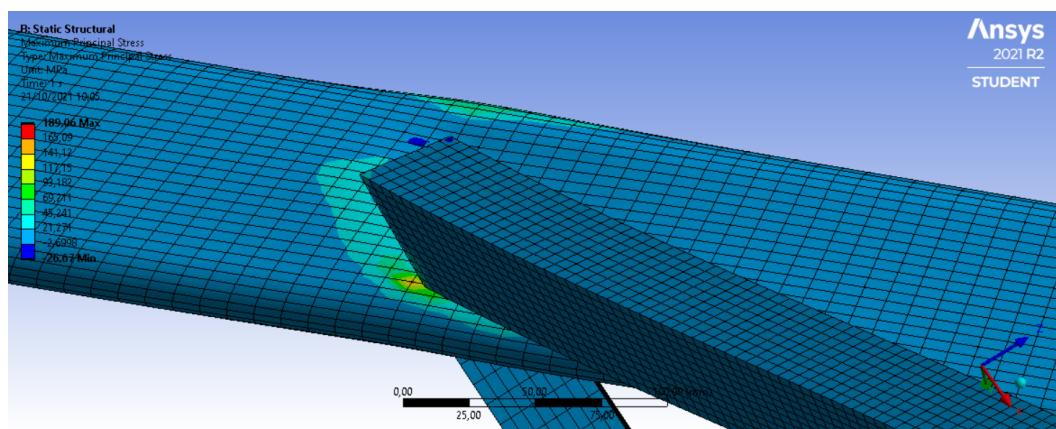


Figura 16 – Tensão principal máxima na solda do Quadro/vigas conectadoras sob carregamento. Fonte: Autores.

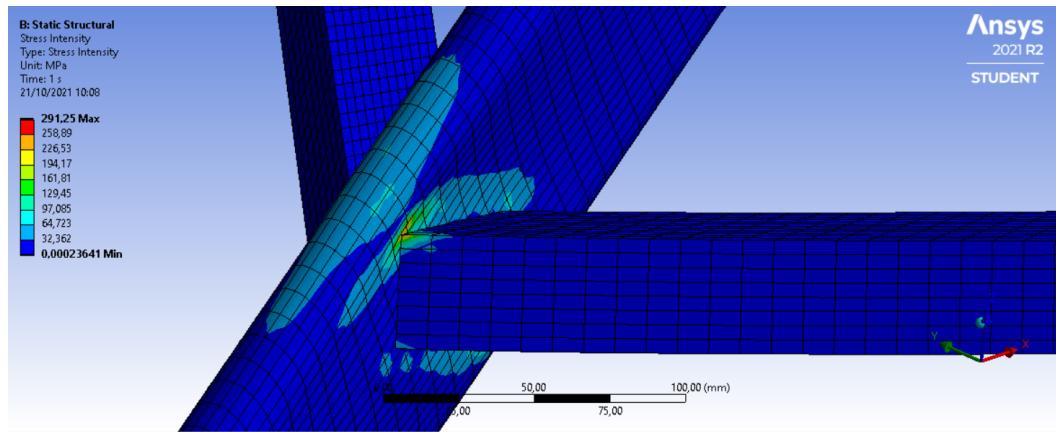


Figura 17 – Módulo da Tensão na solda do Quadro/vigas conectoras sob carregamento.
Fonte: Autores.

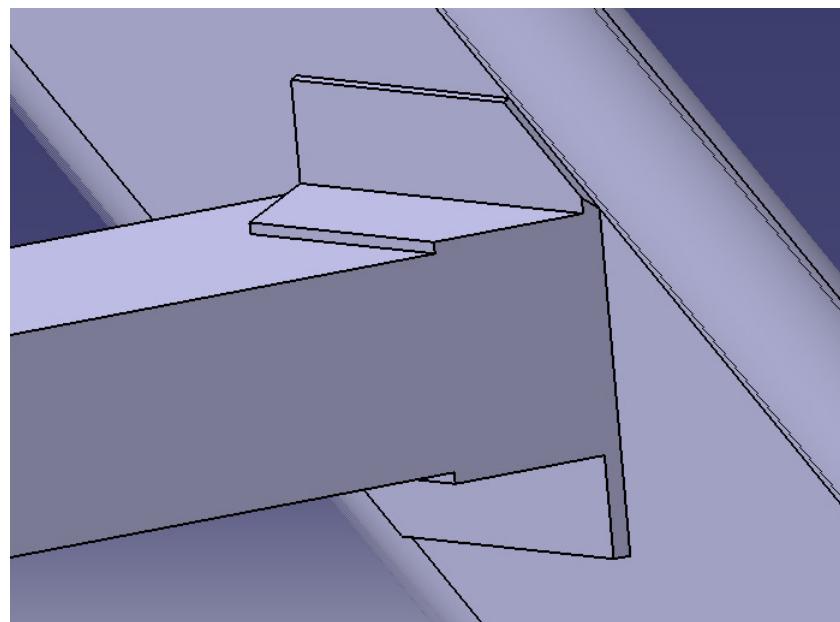


Figura 18 – Cantoneira para reforço da junção Quadro/vigas conectoras. Fonte: Autores.

3.3 Módulo da Caçamba

O Módulo da Caçamba, Figura 19, é aquele responsável pela carregamento da carga propriamente dito, conectado ao Módulo do Quadro através das vigas conectoras, indicado em F e G, e formado pelas vigas e colunas (A, B, D e E) e o piso, C. Cabe ressaltar que o piso deverá ser encaixado sobre calços soldados conforme a Figura 23. 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).

3.4 Cálculos Estruturais

Os seguintes cálculos têm por objetivo orientar as decisões adotadas quanto a materiais empregados e dimensões a serem utilizadas, conforme cada caso, sendo detalhado no objetivo de cada cálculo.

3.4.1 Cálculo da viga longitudinal

Objetivo: O objetivo destes cálculos é dimensionar a seção transversal da viga longitudinal da caçamba da carroça elétrica (Fig. 19:A).

Esquematização: 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. A seção transversal está representada na Figura 20.

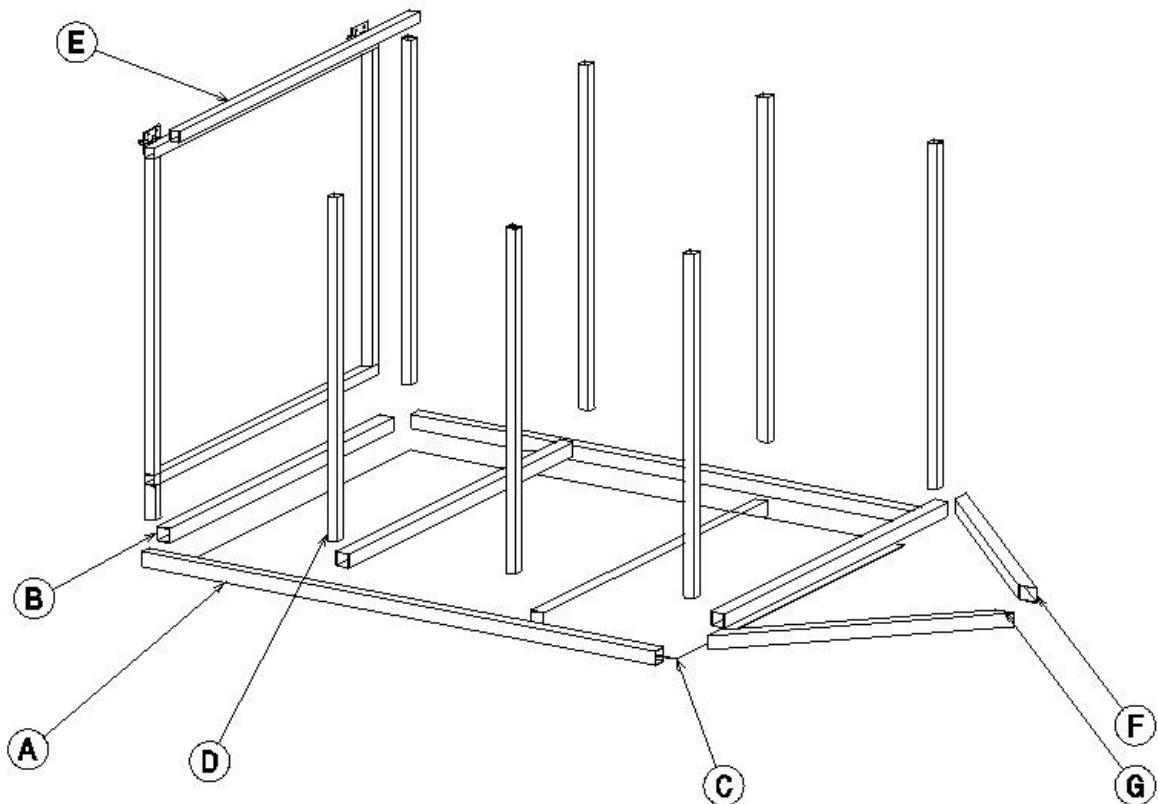
Metodologia empregada: O dimensionamento foi realizado com base na análise da tensão de cisalhamento a fim de que o perfil seja projetado com uma margem de segurança de 50%.

Resultados: 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.

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 analisando o ponto mais afastado da linha neutra, sendo o limite de escoamento do alumínio 6063T5 de 145 MPa o que deixa o projeto com um carregamento limite atendendo à margem de segurança. Outro aspecto a ser levado em consideração no dimensionamento da viga é a

**Identificação dos componentes:**

Letra	Componente	Quant.
A	Viga Longitudinal	2
B	Viga Transversal	4
C	Piso	1
D	Coluna Vertical	8
E	Viga da Porta	1
F	Viga Conectora A	1
G	Viga Conectora B	1

Figura 19 – Identificação dos componentes da caçamba. Fonte: Autores.

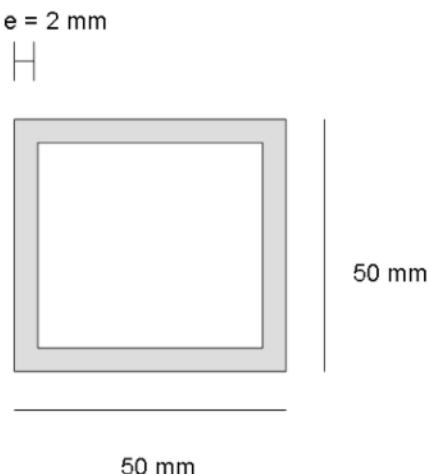


Figura 20 – Viga longitudinal. Seção transversal proposta. Fonte: Autores

instabilidade lateral, no entanto esta pode ocorrer quando as vigas não estão travadas na transversal o que não é o caso neste projeto.

Para o cálculo do momento fletor,

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

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

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 disponível atende a norma em questão.

3.4.2 Cálculo do eixo das rodas traseiras

Objetivo: O objetivo destes cálculos é calcular o diâmetro mínimo da seção do eixo traseiro da Carroça.

Esquematização: 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 22.

Metodologia empregada: A metodologia utilizada nos cálculos segue conforme (JOHNSTON, 2010).

Resultados:

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:

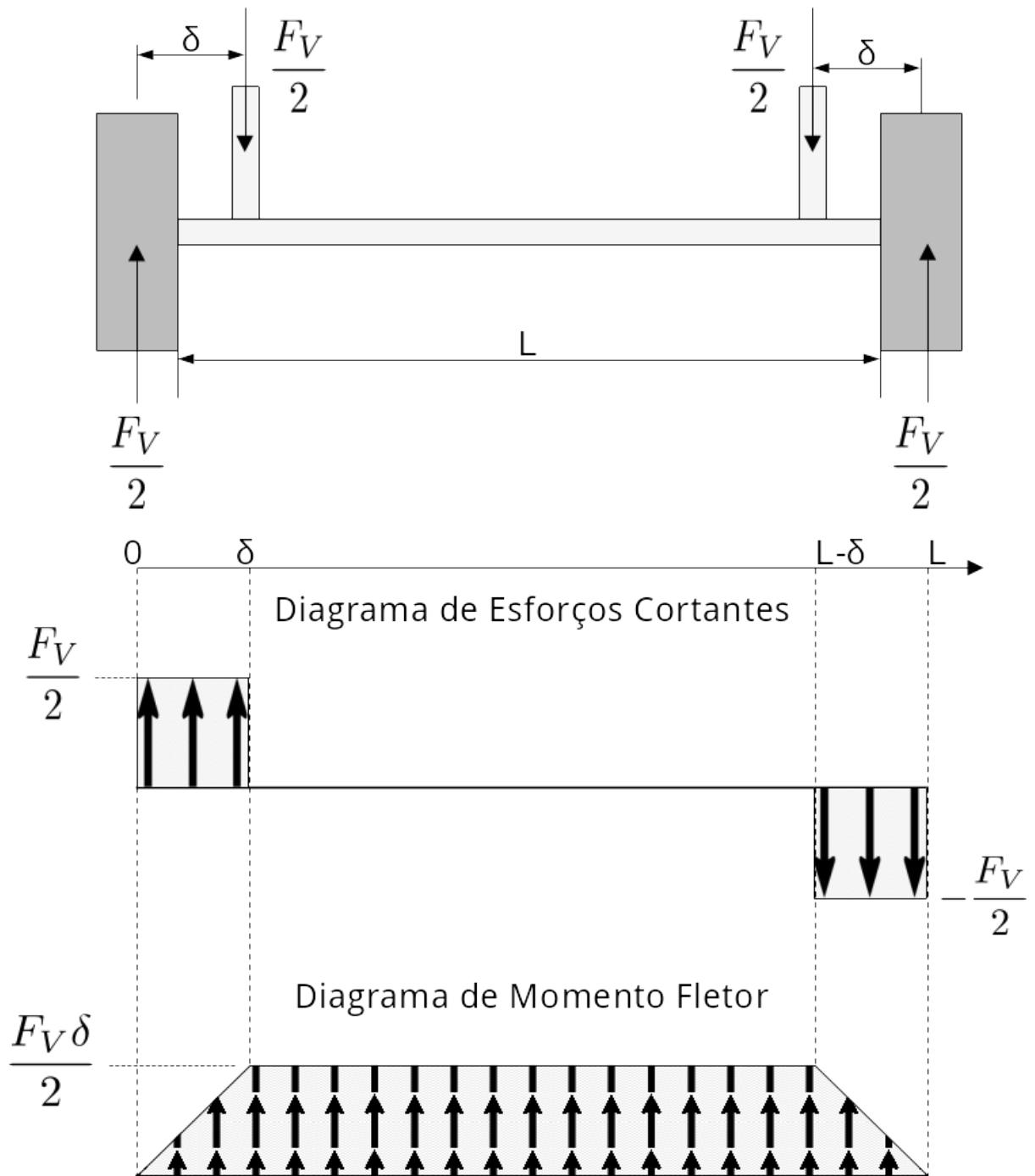


Figura 21 – Diagramas de esforços para o eixo. Fonte: Autores

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

A tensão aplicada será, então:

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

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, $y = r$:

$$\begin{aligned}\sigma_{xx} &= \pm \frac{F_V \cdot \delta \cdot r}{2 \frac{\pi \cdot r^4}{4}} \\ \sigma_{xx} &= \pm \frac{2 \cdot F_V \cdot \delta}{\pi \cdot r^3} \\ \sigma_{xx} &= \pm \frac{16 \cdot F_V \cdot \delta}{\pi \phi^3}\end{aligned}$$

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

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

Relacionando, à esquerda, propriedades da seção e do material com, à direita, definições do veículo. Para diminuir o momento fletor atuando sobre o eixo, foi implementada uma estrutura adicional que resistirá a este esforço, diminuindo a distância δ para um valor de 30mm. Substituindo os valores:

$$\sigma_Y \cdot \phi^3 > 458,38[\text{N} \cdot \text{m}] \quad (3.2)$$

Devido a carga cíclica que estará presente durante a operação, faz-se necessária uma análise de fadiga para este componente. Para o aço, é possível dimensioná-lo para que as cargas atuantes fiquem abaixo do limite de fadiga, que pode ser estimado por (LEE Y.L.; PAN, 2005):

$$S_{e,R} = S_{be} \cdot C_L \cdot C_S \cdot C_D \cdot C_R \quad (3.3)$$

Neste material, $S_{be} = 0.5\sigma_U$. O fator de carregamento é C_L e, para cargas fletoras, vale $C_L = 1,0$. C_S depende da rugosidade da peça e varia de 0,75 até 1. C_D varia de acordo

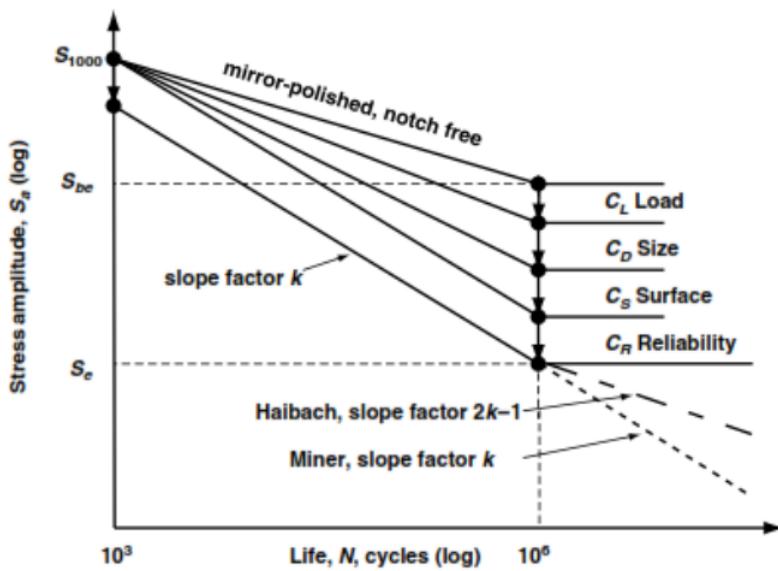


Figura 22 – Curva S-N para materiais que apresentam resistência à fadiga. Fonte: ([LEE Y.L.; PAN, 2005](#))

com a microestrutura do aço, e está na faixa de 0,8 a 1,0. C_R é o fator de confiabilidade, e tem valores entre 0,62 e 1,0. Finalmente, assumindo os valores mais conservadores:

$$S_{e,R} = 0,5\sigma_U \cdot 1,0 \cdot 0,75 \cdot 0,8 \cdot 0,62 = 0,372\sigma_U$$

Para o aço 1010, $\sigma_U = 365\text{MPa}$, assim, o limite de fadiga será de $S_{e,R} = 135\text{MPa}$. Utilizando este valor de tensão na Equação 3.2 fornece um diâmetro mínimo de 15mm para o eixo traseiro, ou um eixo vazado de área equivalente $A = 176,6\text{mm}^2$.

3.4.3 Cálculo da Chapa do Piso

Objetivo: O objetivo destes cálculos é definir a espessura mínima aceitável para a chapa do piso da Carroça (Fig. 19:C).

Esquematização: Um esquema simplificado do chassi, visto de cima, de forma a acomodar a chapa do piso pode ser visto na Figura 23, nos quais os pontos em azul representam os apoios para a chapa ou um sensor de carga.

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

Metodologia empregada: De acordo com a norma National Annex to BS EN 1990, Eurocode – Basis of Structural Design, Apud ([NSC2, 2003](#)), é recomendado que a flecha máxima, y_{max} , seja igual a $\frac{L}{250}$, sendo L a maior dimensão da chapa, em cm.

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

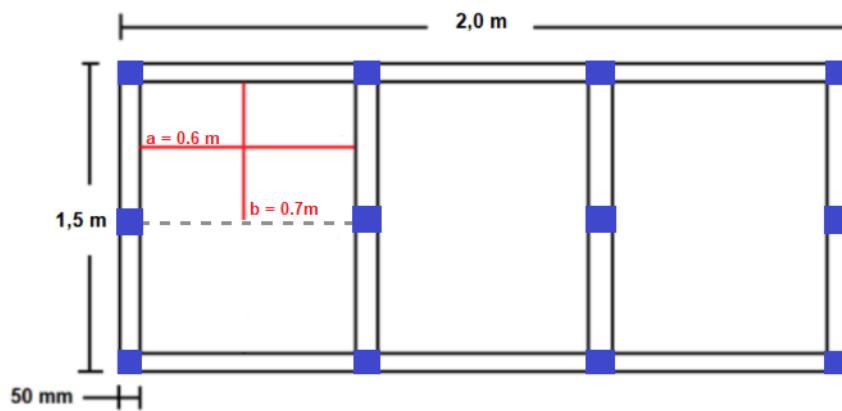


Figura 23 – Chassi, estrutura abaixo da chapa do piso, vista superior detalhes suporte em azul. Fonte: Autores

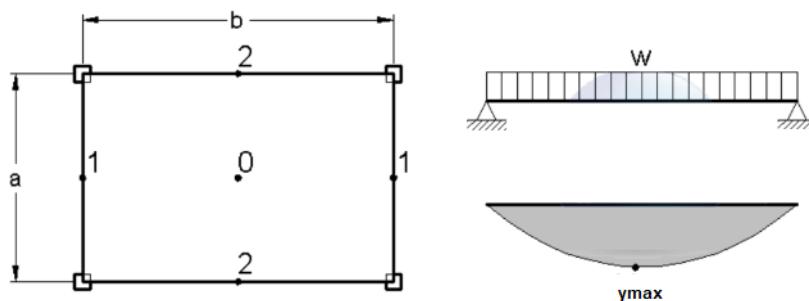


Figura 24 – Fixação da chapa no piso do tipo “Supported On All Corners With UDL”.
Fonte: ([STRUCTX, 2021](#))

projeto adotaremos o critério da máxima deflexão, sendo esta no centro de cada subparte da placa entre 4 apoios ([STRUCTX, 2021](#)), conforme a Figura 24.

Resultados: Sabendo-se que $L = 700\text{cm}$ (maior dimensão entre 4 apoios). Assim, de acordo com o critério adotado, $y_{max} = 2,8$.

De acordo com a Figura 23,

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

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

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

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 25. Além disso, para o alumínio, $E = 9860 \text{ ksi} = 9.860.000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$ e $\mu = 0,334$.

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

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

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

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.

3.4.3.1 Simulação da Chapa do Piso

Com base na espessura calculada e nos parâmetros tratados anteriormente, simulou-se a chapa, a fim de confirmar que o dimensionamento adotado é adequado ao projeto.

Obteve-se a deformação total da chapa, conforme as Figuras 26 e 27. Verificou-se que a deformação obtida é menor que aquela calculada anteriormente (28 mm), o que é compatível, dado que a chapa escolhida possui espessura maior que a calculada.

Quanto à tensão de cisalhamento, Figuras 28 e 29, verificou-se que o valor é maior nos pontos sobre os apoios, também conforme esperado pela teoria. Dado que o valor máximo é menor que os limites para o material adotado, temos que o projeto é viável para esta peça e a configuração adotada.

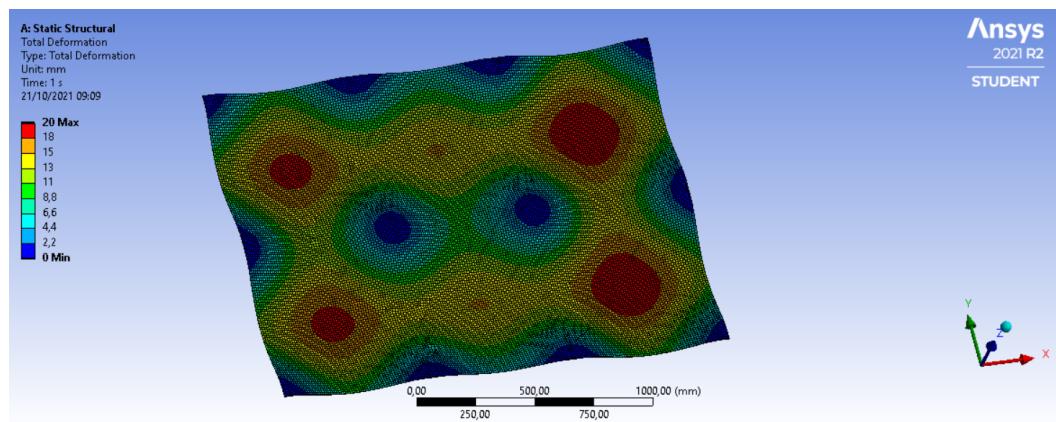


Figura 26 – Deformação Total da Chapa sob carregamento. Fonte: Autores.

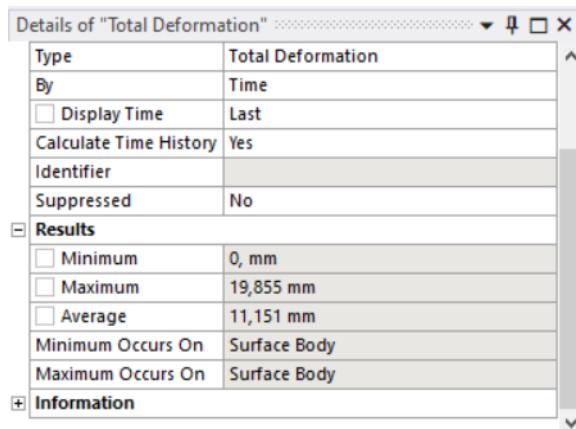


Figura 27 – Dados da deformação Total da Chapa sob carregamento. Fonte: Autores.

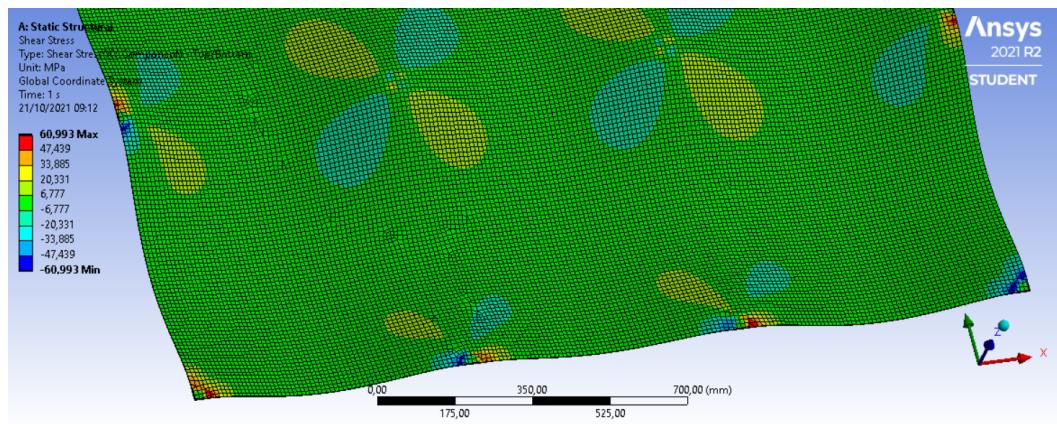


Figura 28 – Tensão de Cisalhamento sob carregamento. Fonte: Autores.

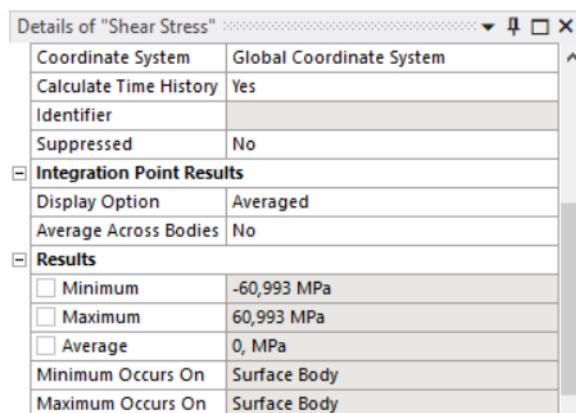


Figura 29 – Dados da tensão de Cisalhamento sob carregamento. Fonte: Autores.

3.4.4 Cálculo das colunas verticais da caçamba

Objetivo: O objetivo destes cálculos é definir o material empregado e as dimensões da seção transversal das colunas verticais da caçamba (Fig. 19:D).

Esquematização: Supõe-se uma carga apoiada em dois pontos sobre a caçamba, conforme a Figura 30

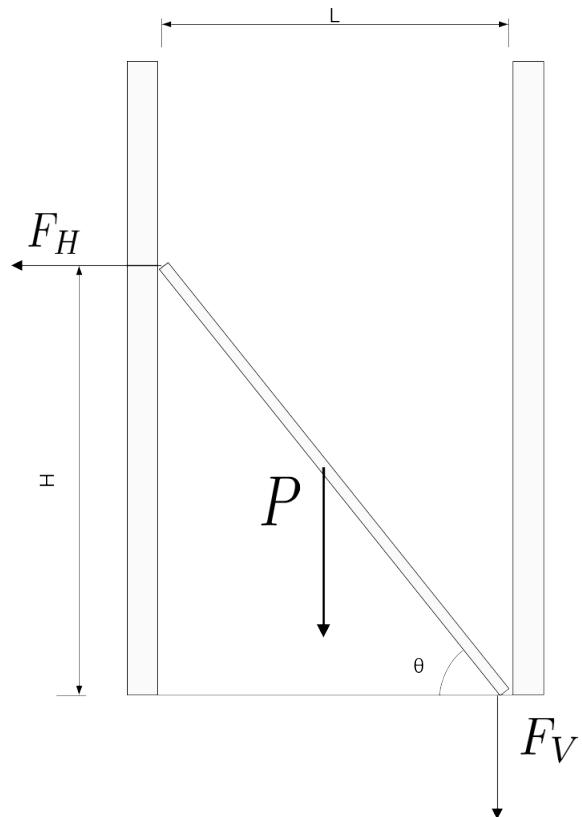


Figura 30 – Diagrama para cálculo de forças transversais sobre as colunas. Fonte: Autores.

Metodologia empregada: A metodologia utilizada nos cálculos segue conforme (JOHNSTON, 2010).

Resultados: Tem-se, tomando 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:

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

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

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

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

Ou, mantendo o material dentro do regime elástico:

$$\sigma_Y \frac{I_{yy}}{h} > \frac{P \cdot L}{4} \quad (3.4)$$

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 ([ALUMINIO, 2021](#)) ([METALON, 2021](#)).

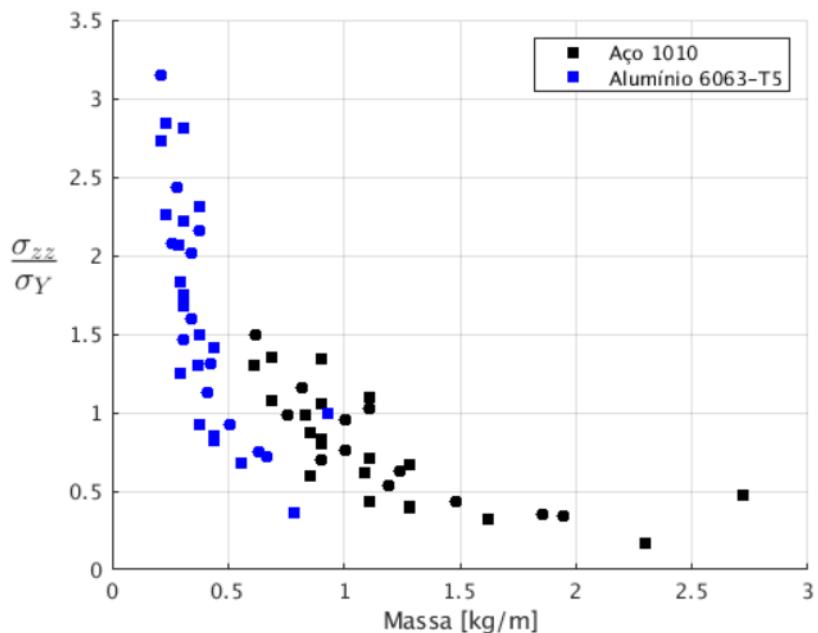


Figura 31 – Razão entre tensão presente e tensão de escoamento para diferentes perfis possíveis para a estrutura vertical e sua massa. Fonte: Autores.

Analizando a Figura 31, 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 $\frac{Kg}{m}$.

3.4.5 Cálculo das vigas transversais da caçamba

Objetivo: O objetivo destes cálculos é definir o material empregado e as dimensões da seção transversal das vigas transversais da caçamba (Fig. 19:B).

Esquematização: Modela-se o carregamento das estruturas que irão entre as chapas do assoalho como vigas biapoiadas, conforme a Figura 32, com carregamento distribuído.

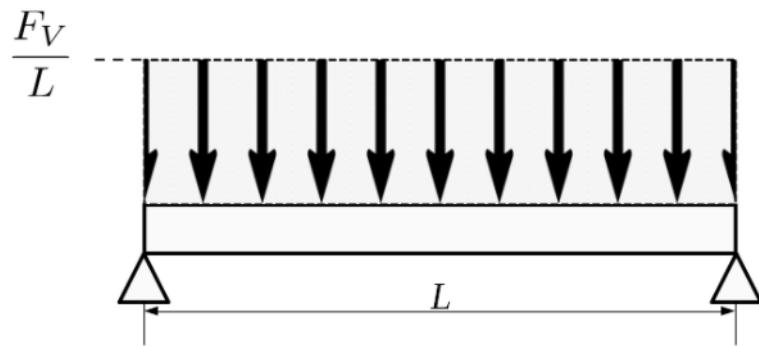


Figura 32 – Modelagem das vigas transversais. Fonte: Autores.

Metodologia empregada: A metodologia utilizada nos cálculos segue conforme (JOHNSTON, 2010).

Resultados: 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, $z = \frac{z'}{2}$. Fazendo as devidas substituições, tem-se que:

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

Para fazer a análise de possíveis perfis, e sabendo que haverá quatro destas vigas para a 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:

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

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

$$\frac{\sigma_Y \cdot I_{xx}}{z'} > 153,12N \cdot m \quad (3.5)$$

De posse desta fórmula, é possível então analisar a aplicabilidade de diferentes perfis, conforme a Figura 33.

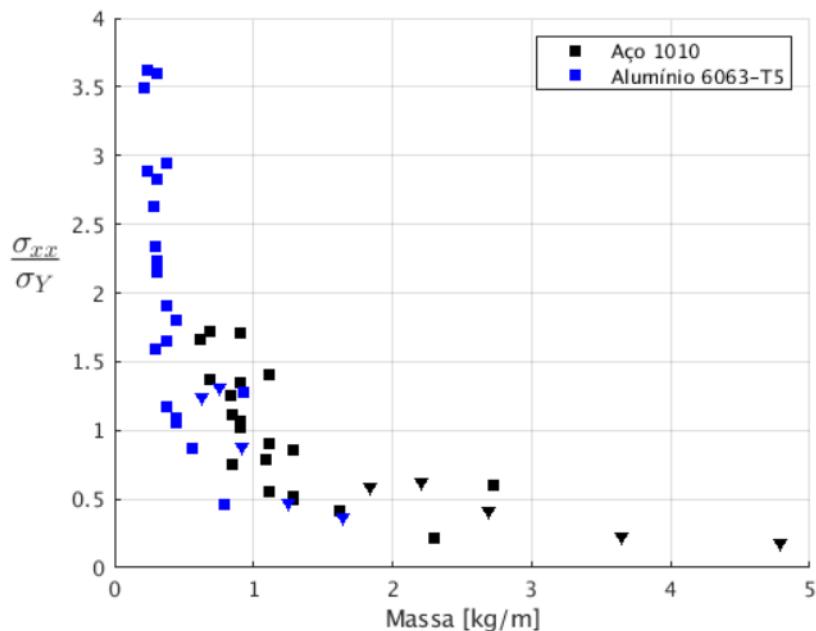


Figura 33 – Razão entre tensão presente e tensão de escoamento para diferentes perfis possíveis para as vigas transversais e sua massa. Fonte: Autores.

Foram analisados perfis de seção quadrada e seção em ‘T’ (na Figura 33 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 $\frac{kg}{m}$.

3.4.6 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.

3.5 Subsistemas

3.5.1 Engrenagens

Contextualização:

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 no eixo do motor, uma volta na saída da caixa de engrenagens. Sabe-se que o motor tem 1200 W de potencia e uma rotação de 600 rpm.

3.5.1.1 Definição das dimensões

Para o dimensionamento das engrenagens é preciso conhecer os elementos da geometria básica e as suas relações, estão exemplificadas na Figura 34.

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

$$d_0 \text{ (diâmetro primitivo)} = m \cdot z$$

$$z_e \text{ (número de dentes da engrenagem)} = \frac{d_0}{m}$$

$$t_0 \text{ (passo da engrenagem)} = m \cdot \pi$$

$$m_e \text{ (módulo da engrenagem)} = \frac{d_0}{z}$$

Para os cálculos das relações do conjunto, foram consideradas engrenagens com ângulo de pressão de 20°. 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 35. A partir desse esquema, obtém-se a seguinte relação:

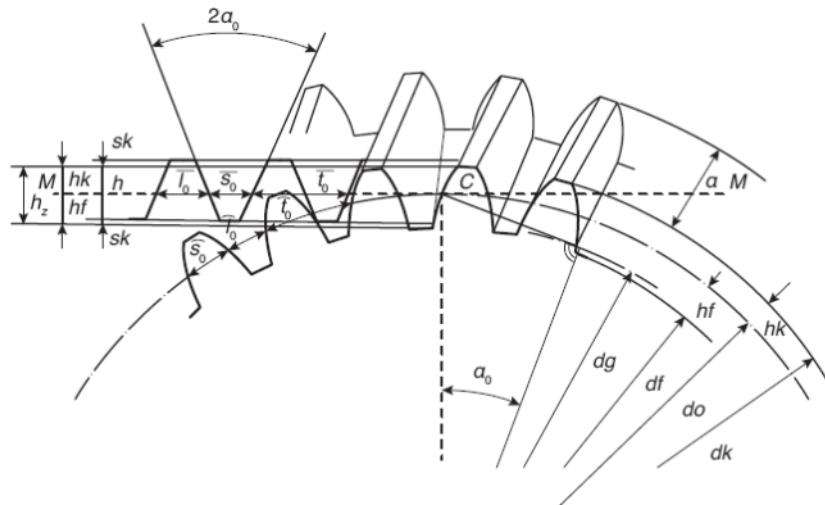


Figura 34 – Engrenagem normal de perfil evolvente. Fonte: (FILHO, 2007).

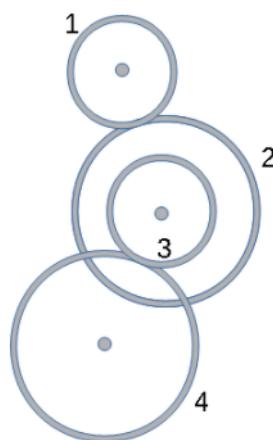


Figura 35 – Trem de engrenagens. Fonte: Autores.

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

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 $m = 5$.

3.5.2 Correntes

3.5.2.1 Corrente 1:4 (Motor para o eixo)

Contextualização:

Partindo-se dos dados do motor (1200 W e 600 rpm) e do diâmetro do aro das rodas (aro 26 = 665 mm, o que proporciona uma circunferência do aro 26 = 2,08 m),

quer-se calcular o tamanho e a largura da corrente a ser utilizada para conectar o motor ao eixo.

Sendo o motor de 600rpm, a roda giraria então 1248 m por minuto utilizando uma polia 1:1, totalizando $20,8 \frac{m}{s}$. Dado que a velocidade máxima ideal seria por volta de $5 \frac{m}{s}$, optou-se por utilizar a relação 4:1, conforme tratado pela subsecção anterior, totalizando $312 \frac{m}{min}$.

São dados para as polias:

- Polia motora: 12 dentes.
- Polia movida: 48 dentes.

Portanto, o tamanho dessa corrente será:

$L_{C1} = \frac{1}{2} \cdot \text{circunferência pinhão} + 2 \cdot \text{distância} + \frac{1}{2} \cdot \text{circunferência coroa}$ (definir local do motor para definir o tamanho necessário.)

Largura da corrente: 12, 15, 20, 25 ou 30 mm, conforme a Figura 36, atendem às especificações do projeto. Tendo em vista os custos envolvidos, optou-se pela largura de 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
Rodos	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
		12,70	15,87	19,05	25,40	31,75
Elos Dentados	15 a 35	3300	2650	2200	1650	1300

Figura 36 – Número Máximo de Rotações (rpm). Fonte: ([PROJETISTA, 2020](#)).

3.5.2.2 Corrente 16:1 (Pedais para a roda)

Contextualização:

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

São dados para as polias:

- Polia motora: 4 dentes.
- Polia movida: 64 dentes.

Portanto, o tamanho dessa corrente será:

$$L_{C2} = \frac{1}{2} \cdot \text{circunferência pinhão} + 2 \cdot \text{distância} + \frac{1}{2} \cdot \text{circunferência coroa} \quad (\text{definir distância dos pedais para roda})$$

Largura da corrente: valem as mesmas considerações feitas para a corrente do motor, portanto, optou-se pela largura de 12 mm.

3.5.3 Freios

Contextualização:

Para a escolha dos freios da Carroça, partiu-se da opção mais simples disponível, ou seja, os freios a discos, para o projeto em questão um disco para cada roda, de modo a manter a estabilidade da frenagem. O freio a disco conta com algumas vantagens e por isso tem substituído os modelos V-Brake e Ferradura. ([REGISTRADA, 2021](#)). Dentre elas, podemos citar, de acordo com Bike Registrada ([2021](#)):

1. Os freios não têm contato com o aro, então se o aro amassar ou empenar, o freio não causará o travamento da roda;
2. O freio fica no centro da roda, então ele tem menos contato com água e lama em situações adversas, sendo mais eficiente;
3. O freio não desgasta o aro, aumentando a vida útil;

Porém, é claro, esse sistema também tem alguns pontos desfavoráveis, como o fato de ser mais caro, exigir mais manutenção e cuidado e, em alguns casos, pesar mais que um V-Brake ou um ferradura.

Quer-se aqui calcular a potência de frenagem necessária e comparar com a potência fornecida pelos freios a discos a fim de garantir a compatibilidade do uso dessa opção no projeto.

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. Além disso, M representa o peso do veículo (em Kgf), V_i , a velocidade do veículo em movimento antes da frenagem (em $\frac{m}{s}$) e V_f , a velocidade do veículo no final da frenagem (em m/s).

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

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

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:

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

Ou seja,

$$a = e_f \cdot g$$

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 que:

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

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](#)), $e_f = 0,03$ 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, mantendo-se esta decisão quanto à escolha do tipo de freio utilizado.

3.5.4 Amortecimento

Contextualização:

Veículos de grande porte geralmente utilizam o sistema de feixes de molas, conforme a Figura 37, 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 37 – 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, com capacidade nominal de carga de 300 Kg por eixo.

As molas a serem utilizadas são formadas por 3 partes, as molas propriamente ditas, o conector da mola, e o corredor da mola, estas últimas parafusadas ao Módulo da

Caçamba através das vigas longitudinais.

3.5.5 Porta

A porta da caçamba, é formada por um quadro com 4 vigas, unidas por solda TIG, e este quadro articulado na configuração basculante. O revestimento da porta será feito por rede/tela de nylon assim como as paredes do restante da carroça (ver item seguinte).

3.5.6 Entelagem

Optou-se por utilizar como entelagem nas paredes da Carroça redes de nylon, Figura 38. Esse material é amplamente utilizado em redes de proteção doméstica e em outros usos diversos, pela versatilidade e facilidade na aplicação, baixo custo, ampla oferta de fornecedores, durabilidade e alta capacidade de suportar carga.



Figura 38 – Redes de Proteção em Nylon. Fonte: Google Imagens.

A afixação destas telas será realizada utilizando-se ganchos de alumínio parafusados às vigas longitudinais e às colunas verticais.

3.6 Plano de Fabricação

Nesse tópico serão abordados os processos de fabricação de cada um dos itens e módulos da Carroça Elétrica. Na Tabela 7, são listados todos os materiais utilizados para a produção do produto.

Para os processos de fabricação, usaremos:

- Torno (T): Utilizado para usinar peças.
- Solda TIG (TIG): Solda aplicável para unir as peças em alumínio e aço. Possui grande precisão na sua aplicação.
- Policorte (PC): Atrativo pelo baixo custo e facilidade de uso.
- Furadeira manual ou bancada (FD): Utilizada pelo baixo custo e facilidade de uso.
- Dobra de Chapa (DC): Utilizado para criar dobras em chapas em ângulos desejados.
- Corte em plasma (CP): Utilizado para cortar peças menores com precisão.
- CNC: Usinagem de alta precisão, mas também possui custo elevado se comparado a demais processos de fabricação.
- Macho Laminador (ML): Utilizado para fazer as roscas.

A Tabela 8 apresenta uma visão geral dos métodos de fabricação para cada peça do sistema as quais foi definido anteriormente, o método de obtenção como "Fabricação".

3.6.1 Fabricação do Quadro

Estrutura do Quadro:

Utilização de solda TIG para junção das barras de alumínio 6063-t5 nas cotas estipuladas e máquina de dobra para realização da angulação do quadro.

Encostos do Assento:

Utilização da furadeira para obtenção dos furos no quadro e do macho laminador para obtenção das roscas no quadro.

Utilização de uma peça de plástico para apoio do estofado que posteriormente será parafusado na estrutura.

Encaixes do Encosto:

Utilização do macho laminador para realização das roscas para fixação do encosto.

Apoio de Cabeça:

Peça	Material	Obtenção
Quadro: <ul style="list-style-type: none"> · Estrutura do Quadro · Encostos do Assento · Encaixes do Encosto · Apoio de Cabeça · Encaixe do Garfo · Cantoneira de encaixe 	Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5	Fabricação Fabricação Fabricação Fabricação Fabricação Fabricação
Garfo: <ul style="list-style-type: none"> · Estrutura do Garfo · Rolamentos · Roda aro 26 · Suporte de Freio · Freio 	Aço 1020	Fabricação Compra Compra Compra Compra
Guidão: <ul style="list-style-type: none"> · Manetes · Punhos · Retrovisores · Mesa para Guidão 	Alumínio 6063-t5	Fabricação Compra Compra Compra
Caçamba: <ul style="list-style-type: none"> · Vigas Longitudinais · Vigas Transversais · Coluna Vertical · Suportes do Piso · Chapa do Piso · Viga Superior · Vigas Conectoras · Entelagem 	Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5 Alumínio 6063-t5 Nylon	Fabricação Fabricação Fabricação Fabricação Fabricação Fabricação Fabricação Compra
Porta: <ul style="list-style-type: none"> · Moldura da Porta · Dobradiça · Entelagem 	Alumínio 6063-t5 Nylon	Fabricação Compra Compra
Eixo: <ul style="list-style-type: none"> · Rodas para carretinha 250kg · Cubos das rodas · Suportes de freios 		Compra Compra Compra
Transmissão: <ul style="list-style-type: none"> · Engrenagem da transmissão · Corrente 	Aço 1045	Fabricação Compra
Amortecimento: <ul style="list-style-type: none"> · Conector da Mola · Corredor da Mola · Feixe de Molas 	Aço 1020 Aço 1020	Fabricação Fabricação Compra

Tabela 7 – Plano de Fabricação - Discriminação de peças, componentes, materiais e obtenção

Peça	T	TIG	PC	FD	DC	CP	CNC	ML
Estrutura do Quadro		X	X					
Encostos do Assento		X				X		
Encaixes do Encosto					X			
Apoio de Cabeça		X				X		
Encaixe do Garfo		X	X					
Cantoneira de encaixe				X	X	X		
Garfo	X	X					X	X
Vigas Longitudinais		X	X					
Vigas Transversais		X	X					
Coluna Vertical		X	X					
Suportes do Piso		X		X				
Chapa do Piso			X	X				
Viga Superior		X	X					
Vigas Conectoras		X	X					
Moldura da Porta		X	X					
Engrenagem da Transmissão	X					X		
Conector da Mola					X	X		
Corredor da Mola					X	X		

Tabela 8 – Plano de Fabricação - Discriminação de peças e processos a serem empregados

Utilização da furadeira para obtenção dos furos no quadro e do macho laminador para obtenção das roscas no quadro.

Utilização de uma peça de plástico para apoio do estofado que posteriormente será parafusado na estrutura.

Encaixe do Garfo:

Utilização de solda TIG para soldagem do suporte do garfo.

Utilização de CNC para perfeito encaixe dos rolamentos dentro do suporte do garfo.

Cantoneira de encaixe:

Utilização do corte plasma ou fresa para confecção dos contornos.]

Furação com a furadeira de bancada.

Utilização de dobra para angulação necessária do conector.

3.6.2 Fabricação da Estrutura do Garfo

Utilização do torno para confecção das peças em aço 1020.

Utilização da solda TIG para junção dos tubos de aço 1020.

Utilização de CNC para usinar os tubos.

Utilização da furadeira para obtenção dos furos e do macho laminador para obtenção das rosas.

3.6.3 Fabricação da Caçamba

Vigas Longitudinais:

Corte das vigas na cota estipulada.

Soldagem TIG (união com as Vigas Transversais e Colunas Verticais).

Vigas Transversais:

Corte das vigas na cota estipulada.

Soldagem TIG (união com as Vigas Longitudinais).

Coluna Vertical:

Corte das vigas na cota estipulada.

Soldagem TIG (união com as Vigas Longitudinais).

Suportes do Piso:

Corte a partir de tarugos, utilizando a policorte.

Soldagem TIG (união com as vigas Longitudinais).

Chapa do Piso: Corte da Chapa utilizando a policorte.

Viga Superior:

Corte das vigas na cota estipulada.

Soldagem TIG (união com as Vigas Longitudinais e Colunas Verticais).

Vigas Conectoras:

Corte das vigas na cota estipulada.

Soldagem TIG (união com as Vigas Longitudinais e o Quadro).

Utilização da furadeira para obtenção dos furos nas extremidades próximas ao Quadro e do macho laminador para obtenção das rosas.

Parafusação das cantoneiras ao Quadro.

3.6.4 Fabricação da Moldura da Porta

Corte das vigas na cota estipulada.

Soldagem TIG para formar um quadrado.

Furação.

Fixação das dobradiças.

Afixação nas Vigas Superiores.

3.6.5 Fabricação das Engrenagens da transmissão

Peça maciça de aço carbono 1045.

Utilização do torno para diâmetro e largura necessária.

Furos e dentes realizados com corte de plasma.

3.6.6 Fabricação do Sistema de Amortecimento

Conektor da Mola:

Utilização do corte plasma para confecção dos contornos Furação para conexão do Feixe de Molas.

Utilização da dobra do aço 1020 para angulação necessária do coneotor.

Corredor da Mola:

Utilização do corte plasma ou fresa para confecção dos contornos e da guia do coneotor.

Utilização da dobra do aço 1020 para angulação necessária do coneotor.

4 Solução de Eletrônica

A solução final da arquitetura eletrônica empregada no projeto foi feito através da metodologia Top Down. Na figura 39 é visto o fluxo de desenvolvimento da solução eletrônica do projeto. Iniciamos com a primeira etapa (Visão Geral) sendo a respeito dos requisitos levantados na introdução do projeto, e sobre ele, os requisitos específicos construímos as suas funcionalidades que permitiu as especificações dos sistemas e subsistemas eletrônicos. Visou atender a sua idealidade.

Na segunda etapa (Solução da Arquitetura Eletrônica) ocorre a estruturação com o detalhamento dos sistemas e subsistemas reais procurando atender os critérios levantados na idealização. O processo de dimensionamento e simulação desses sistemas entra como fase final nessa etapa sendo finalizada pela análise de compra ou fabricação do subsistema.

Por fim, a terceira etapa (Produção da Arquitetura) é a de montagem dos componentes atrelado com a integração dos subsistemas aos sistemas eletrônicos arquitetados. A avaliação através de testes e calibração que será feita nesta última etapa.

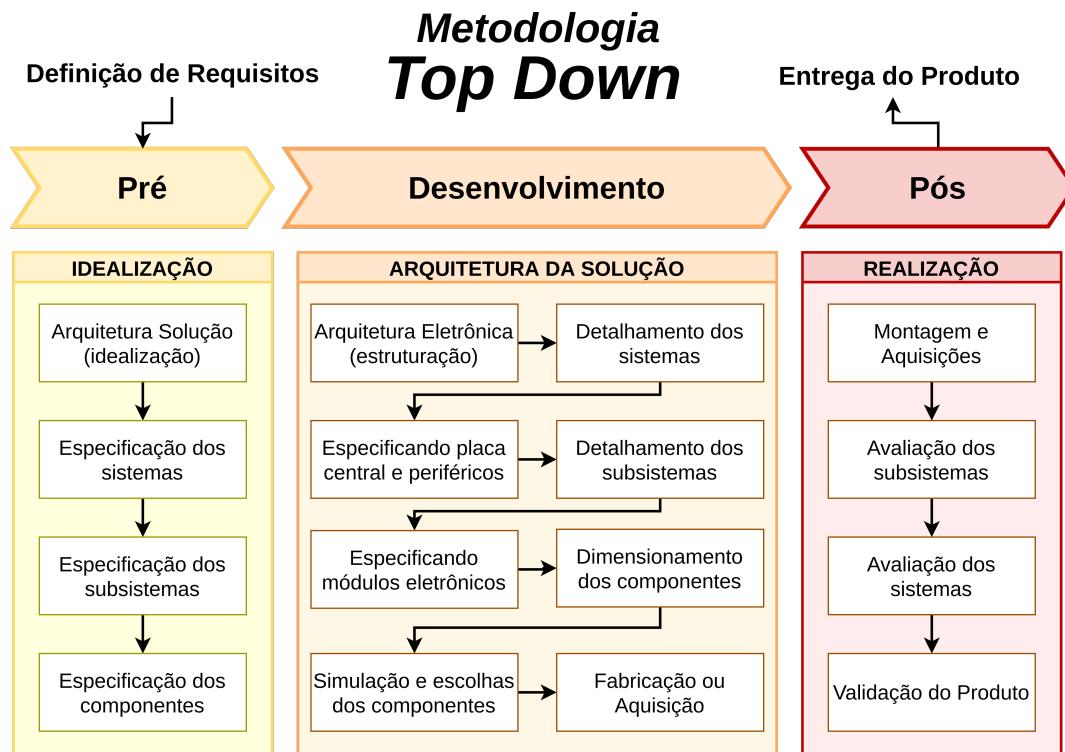


Figura 39 – Fluxograma do processo de desenvolvimento da solução eletrônica empregada no projeto, partindo de sua idealização discorrendo sua solução para a realização.

Fonte: Autores

4.1 Visão Geral — Idealização

Como primeira etapa da solução eletrônica do nosso projeto temos que atender os requisitos gerais e específicos a eletrônica, descrito no tópico requisitos do projeto. Neste tópico tem o objetivo de realizar a descrição das especificações dos sistemas e subsistemas eletrônicos. Como apresentado na figura 40, sendo uma representação do diagrama de árvore dos sistemas e subsistemas propostos para a eletrônica embarcada no veículo.

Na figura 40 é apresentado as divisões dos sistemas que serão empregados no veículo como o de controle sendo executado por uma microcontroladora, a sinalização veicular como intuito de se ter uma maior segurança e facilidade do condutor na usabilidade do veículo. O sistema de pesagem para que o condutor possa efetuar o controle da quantidade de material que está carregando. O sistema de controle de velocidade para uma condução mais segura sendo uma resposta da velocidade desenvolvida pelo veículo. Mais um sistema é o de acionamento do motor, que efetuaria a transferência de potência necessária para a sua aceleração. Paralelo a ele o sistema de alimentação de todo o veículo fornecendo a potência necessária por cada componente eletromecânico e eletroeletrônico utilizado no veículo. Por fim o sistema que englobara boa parte do sistema de controle (microcontrolador) e os seus periféricos (sistemas de sinalização, pesagem, controle de velocidade, acionamento e alimentação) sendo empregado na placa central embarcada ao veículo. O visor de interação com o usuário onde será passado todas as informações de velocidade, sentido da seta, peso da carga carregada, porcentagem da bateria e o mapa será feito por um smartphone embarcado.

Com isso temos que a solução proposta sendo dividida em 8 sistemas, alguns destes sistemas foram distribuídos nas áreas competentes para sua execução, como o sistema de acionamento do motor e o sistema de alimentação elétrica ficando com a divisão de energia, com sua solução especificada e detalhada no tópico de solução elétrica, semelhantemente o sistema que engloba o visor de interação com o usuário ficando com a divisão de software do projeto, executando todo o seu desenvolvimento, tendo a sua solução melhor detalhada no tópico de solução de software. A divisão eletrônica do projeto executou o foco sobre os outros sistemas analisando, projetando e desenvolvendo toda a integração com as demais divisões do projeto.

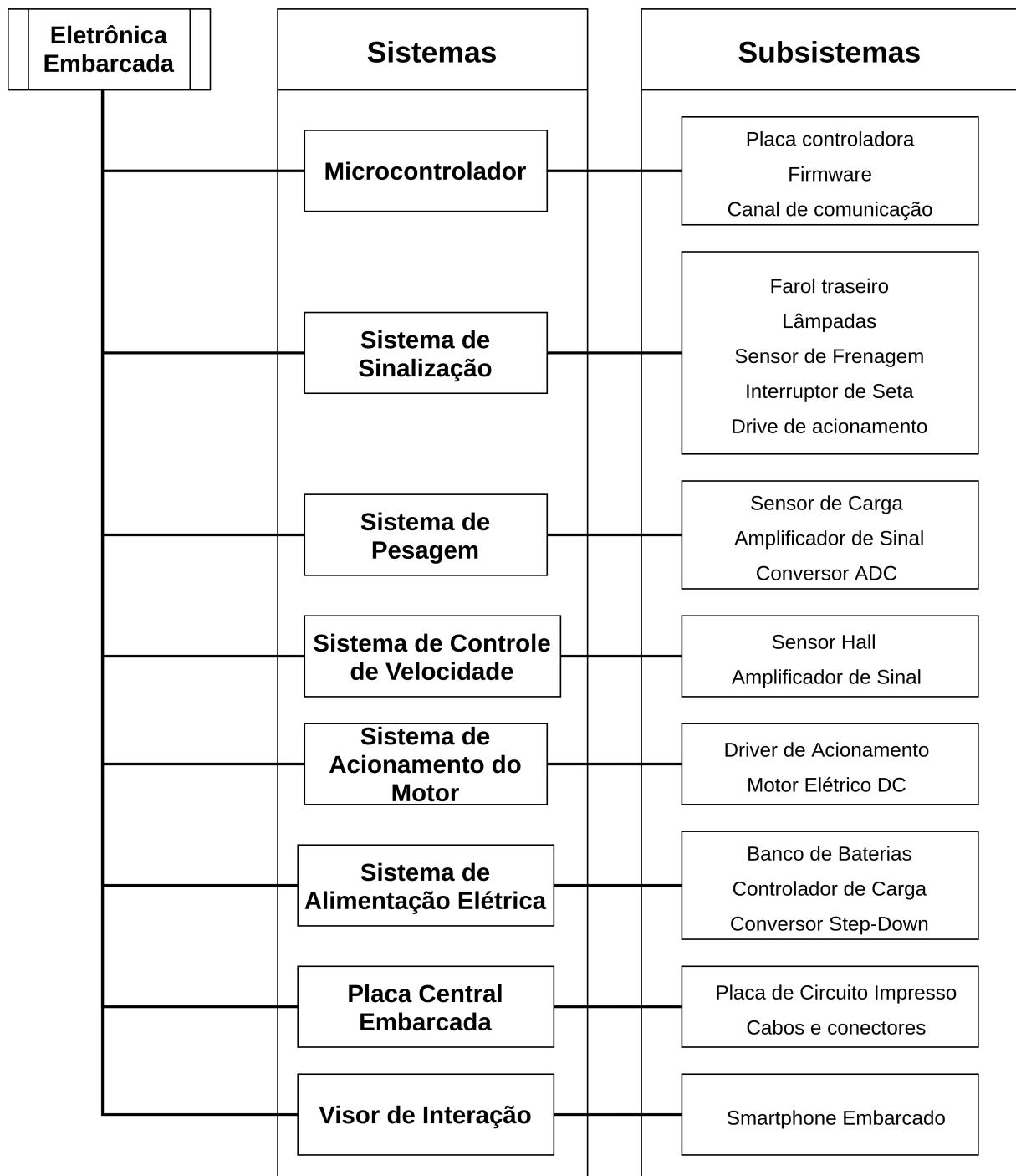


Figura 40 – Árvore dos sistemas embarcados com seus respectivos subsistemas idealizados.

Fonte: Autores

4.1.1 Microcontrolador

Todo o controle dos dados e sinais do veículo passara por uma unidade central, ela foi escolhida sendo um microcontrolador para executar toda a tarefa de processamento e condicionamento dos sinais, realizando o envio para smartphone embarcado que será o visor onde será expresso as informações sobre o estado do veículo.

O microcontrolador será empregado a placa central impressa, onde nela estará todas as conexões com os periféricos embarcados do veículo que serão melhores detalhados a seguir.

4.1.2 Periféricos

Neste tópico serão detalhados os periféricos da placa central, nele estarão alguns do sistema já listados na figura 40, onde tem como o objetivo do detalhamento e as especificações do que deve ser realizado para atender os requisitos específicos do projeto.

4.1.2.1 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.

4.1.2.2 Sistema de pesagem

Sistema de Carga CDI deve atender a pesagem máxima de 300 Kg de carga adicional a caçamba, dentro desse sistema de pesagem deve ser levado em conta o peso adicional da própria caçamba sendo fixada no chassi especificado pelo desenvolvimento estrutural do veículo. A transdução do sinal que as massas impostas serão transformadas em um sinal elétrico passando a informação para o controle efetivo eo processamento da informação para posteriormente ser visualizada pelo(a) condutor(a).

4.1.2.3 Sistema de acionamento do motor

O acionamento do motor é feito pelo conjunto de drivers de acionamento e seu controle efetivo sendo modulado para o correto envio da tensão e corrente correspondendo a aceleração solicitada pelo usuário através de um punho acelerador, tendo também uma chave para seleção do modo reverso do motor elétrico.

4.1.2.4 Sistema do 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.

4.1.2.5 Sistema de alimentação elétrica dos componentes

O sistema de alimentação deve ser capaz de fornecer a potência necessária a cada componente eletroeletrônico presente no veículo. Atendendo os critérios de potência fornecido por cada fabricante ou dimensionado pela equipe.

4.1.3 Fluxo de dados entre os componentes do sistema

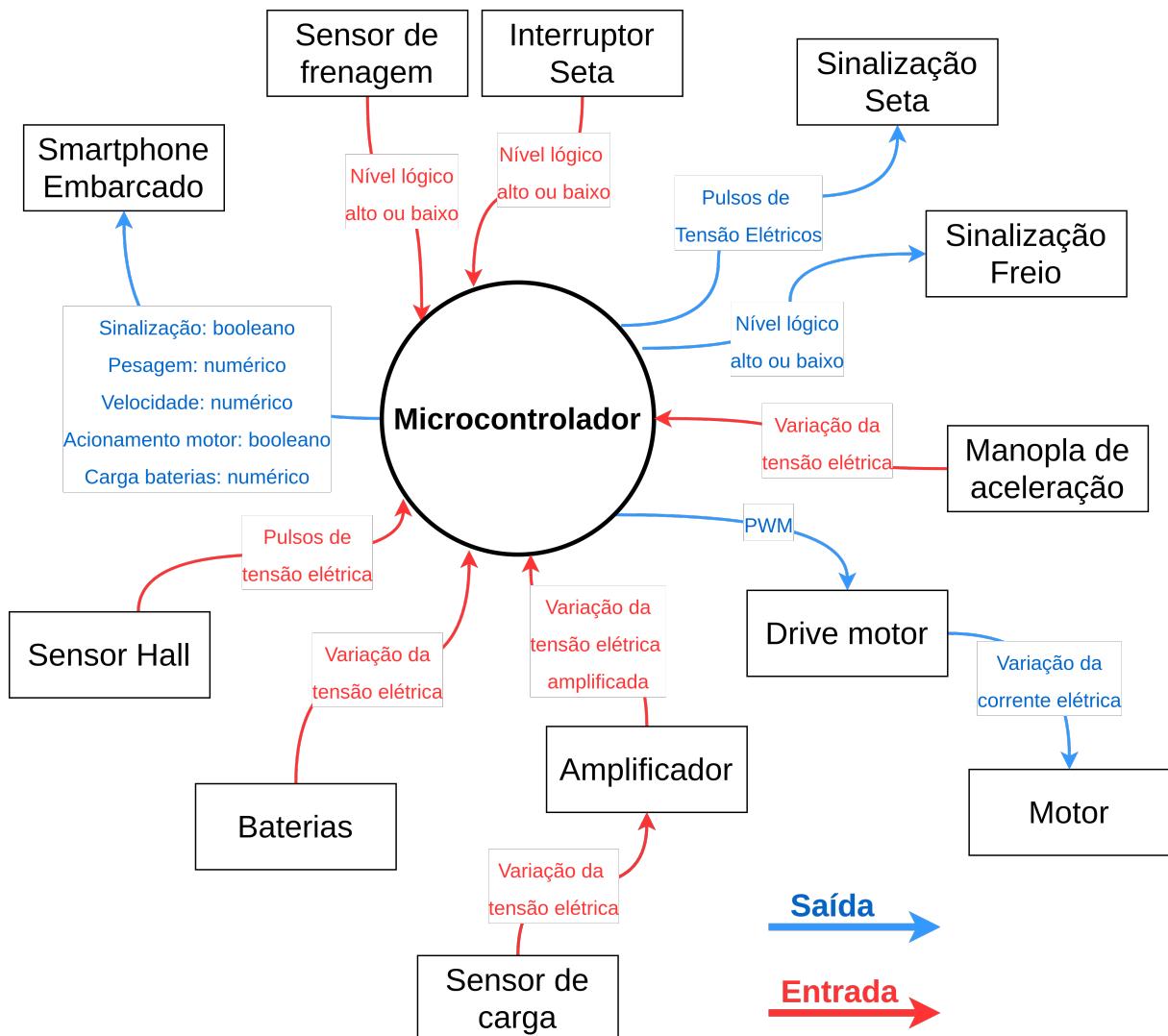


Figura 41 – Diagrama da troca de dados ocorrida entre o sistema central (microcontrolador) e seus periféricos (sistemas adjacentes).

A troca dos dados entre microcontrolador e periféricos esperados para serem atendido as especificações e requisitos do projeto são listadas abaixo sobre cada sistema:

- **Sistema de sinalização:** na sinalização é efetuado a interação com o condutor sobre o estado do sentido do veículo (seta) e se houve ou não o acionamento dos

freio.

– **Sinalização do sentido do veículo (seta):**

- * Entrada: Nível lógico alto ou baixo;
- * Saída: Pulses de tensão para o drive de acionamento.

– **Sinalização de Frenagem:**

- * Entrada: Nível lógico alto ou baixo;
- * Saída: Nível lógico alto ou baixo;

- **Sistema de pesagem:** na pesagem um sensor de carga resistiva (strain gauges) vai gerar uma variação na tensão de saída essa variação será passada no amplificador do sinal onde será ligado a porta de conversão analógica digital do microcontrolador.

– **Variação do Peso na caçamba (sensor e amplificador) :**

- * Entrada: Tensão elétrica de alimentação do sensor
- * Saída: Tensão elétrica variada de acordo com a variação do peso na caçamba.

- **Sistema de acionamento do motor:** o motor será acionado quando o acelerador na manopla for rotacionado, o acelerador sendo um potenciômetro vai gerar na saída uma variação da tensão do pino de conversão analógica digital da controladora, podendo que ele module a intensidade que será enviada para o drive de acionamento embarcado a controladora.

– **Acionamento do Drive do motor (acelerador e microcontrolador):**

- * Entrada: Tensão elétrica variada de acordo com a posição do potenciômetro acelerador.
- * Saída: PWM do microcontrolador ligado ao drive de acionamento;

– **Aceleração do motor (drive e motor):**

- * Entrada: PWM (Pulse Width Modulation) no drive do motor;
- * Saída: Variação da intensidade da corrente que será disponibilizada para o motor.

- **Sistema de controle de velocidade:** Junto com o acelerador onde o condutor exercerá o controle manual da velocidade a aferição dela será feita por um sensor hall. O sensor tem como sua resposta a pulsos de tensão de acordo com que o campo magnético varia.

– **Velocidade instantânea (sensor):**

- * Entrada: Tensão para alimentação do sensor.
- * Saída: Pulses de tensão a cada interação magnética com o sensor.

- **Sistema de alimentação elétrica dos componentes:** A carga da bateria será uma informação trocada com o microcontrolador onde é possível ser determinada

pela sua tensão elétrica. Ao longo do período de operação a bateria sofrerá uma queda gradual de tensão em que será notada pelo microcontrolador. Quando atingindo o nível mínimo de tensão permitido o microcontrolador deverá saber para sinalizar o condutor.

- **Medição do nível de tensão elétrica nas baterias (microcontrolador):**
 - * Entrada: Tensão elétrica das baterias;
 - * Saída: Variável numérica para smartphone embarcado.
- **Smartphone Embarcado:** O visor das informações do estado de alguns sistema do veículo será apresentado com a troca de informações com o microcontrolador, pelo Bluetooth Low Energy (BLE). Algumas informações serão de característica booleanas e outras numéricas, sendo números inteiros ou de pontos flutuantes.
 - Sinalização: booleano (freio e setas);
 - Pesagem: numérico;
 - Velocidade: numérico;
 - Acionamento do motor: booleano;
 - Carga elétrica nas baterias: numérico;

4.2 Solução da Arquitetura Eletrônica

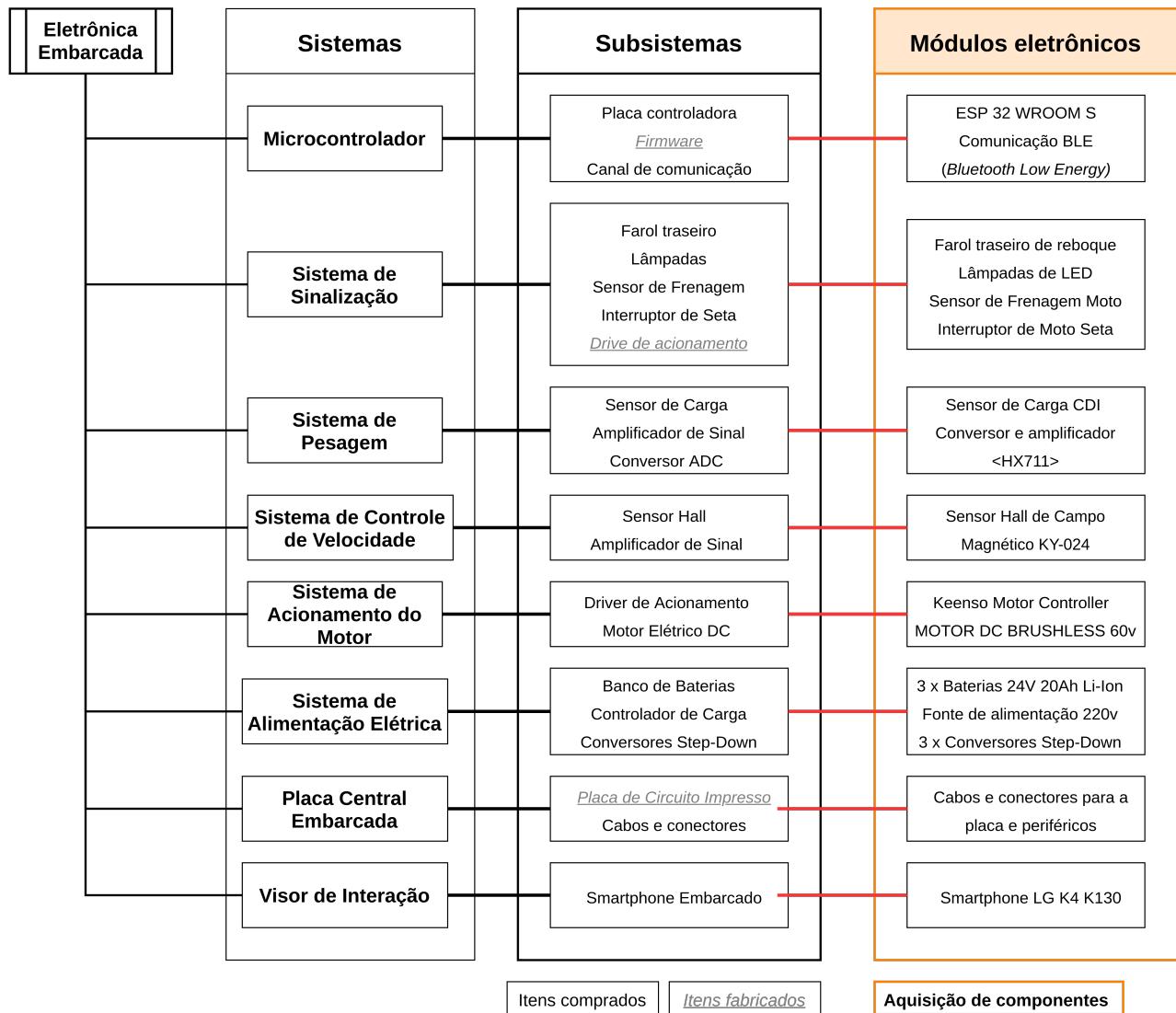


Figura 42 – Árvore dos sistemas embarcados com seus respectivos módulos eletrônicos escolhidos para a solução de eletrônica embarcada.

Construído a idealização dos sistemas e seus subsistemas respeitando as especificações anteriormente levantadas, é feita o dimensionamento dos componentes que serão fabricados e a análise para aquisição dos componentes que não serão fabricados.

Na figura 42 é representado a escolha dos subsistemas e componentes eletrônicos que serão fabricados ou adquiridos para a montagem do sistema.

A análise de cada componente é estruturada e detalhada nos tópicos do sistema embarcado da PCI (Placa de Circuito Impresso) central. Onde está dividido do microcontrolador escolhido e seus respectivos módulos que será atendido os subsistemas.

4.2.1 Sistema embarcado — PCI Central

O sistema embarcado do veículo é composto por uma placa de circuito impressa (PCI) central que será fabricada composta por módulos eletrônicos adquiridos para executar as funcionalidades elencadas como requisitos específicos de eletrônica. No apêndice pode ser visto o esquemático desenhado para a placa [44](#).

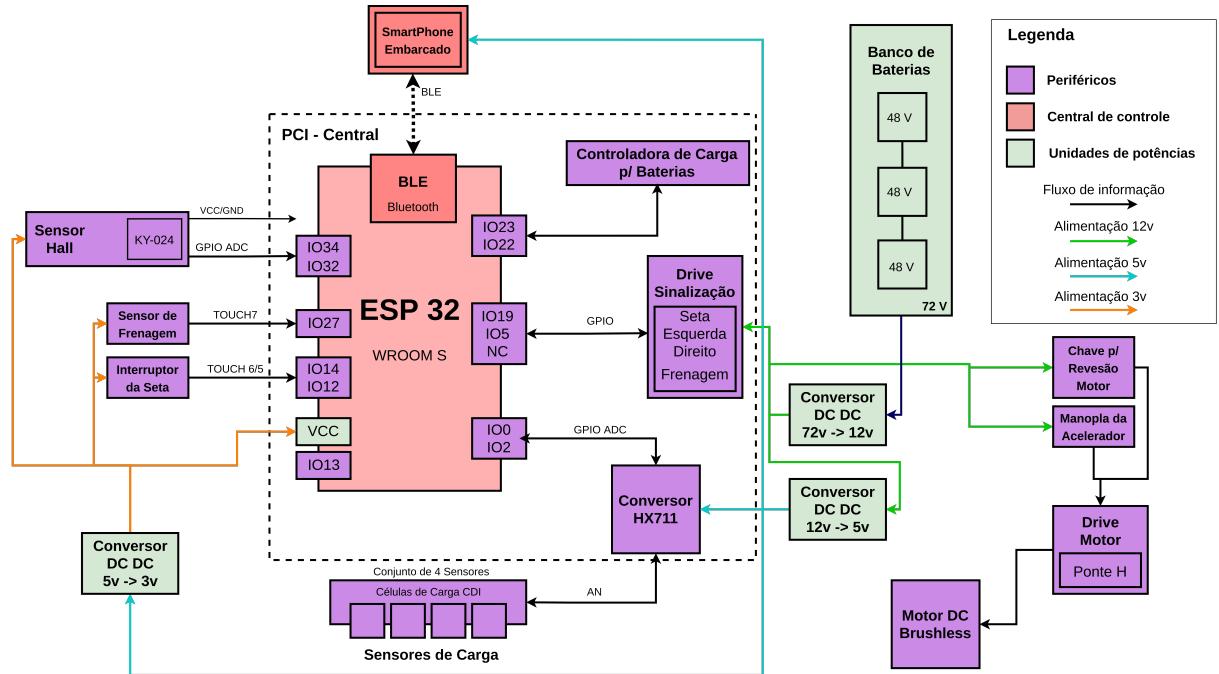


Figura 43 – Diagrama de blocos da arquitetura central e sua alimentação elétrica.

Dado o processo de dimensionamento e desenvolvimento da placa central podemos ver o resultado apresentado na figura [44](#) com a máscara gerada para a construção da PCI especificado no apêndice [G.1](#). Mais informações sobre o estrutura da placa está apresentado no apêndice de tópico [G](#).

Nos próximos tópicos [4.2.1.1](#) (Microcontrolador — ESP 32) e [4.2.1.2](#) (Módulos Eletrônicos) será abordado a **definição dos componentes** que foram utilizados para a construção da PCI Central e de toda a eletrônica embarcada.

4.2.1.1 Microcontrolador — ESP 32

No projeto será necessário o uso de 1 microcontrolador que seja capaz de executar os processamentos dos sinais elétricos que chegaram através dos sistemas periféricos a ele, realizando todo o controle e transformação desses dados para o envio a um *smartphone* embarcado conseguindo fornecer estas informações o mais breve possível para que o(a) condutor(a) consiga estar consciente das informações de velocidade, peso levado e de sua visibilidade no trânsito com a sua sinalização.

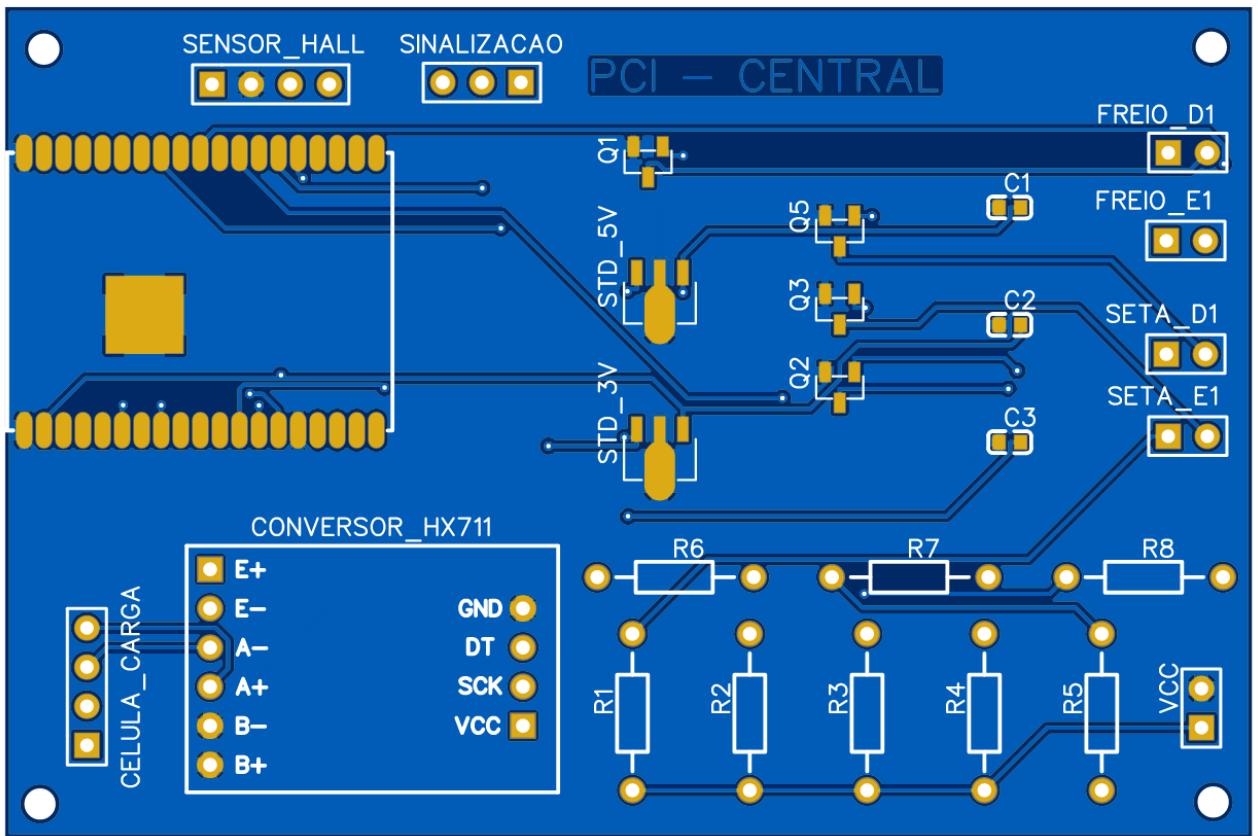


Figura 44 – Visão 2D gerada da PCI Central do veículo

Diante do levantamento dos dados pesquisados, o microcontrolador escolhido para atender os requisitos necessários foram a ESP32, sendo a solução mais integrada para aplicativos de Wi-Fi + Bluetooth da indústria. 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) ([ESPRESSIF, 2021](#)).

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.

Pinagem empregada na ESP 3 – Dentro das especificações técnicas obtidas do fabricante foi analisado o datasheet do modelo ESP32 WROVER da fabricante Espressif ([ESPRESSIF, 2021](#)), e pode ser projetado a topologia das ligações empregada no projeto.

Na figura 127 e 128 são os esquemáticos projetados e as pinagem que foram utilizadas para os demais sistemas que estarão embarcados junto ao microcontrolador.

Aquisição dos dados dos componentes periféricos – O caráter da aquisição das informações digitais pelos pinos da ESP32 é permitido pela ligação com alguns componentes eletrônicos. A placa onde o sensor *hall* estará embarcada vendida pelo fabricante fornece uma saída de tensão variável portante analógica do sistema. Esta estará ligada na porta e ADC da ESP32 permitindo sua conversão e processamento na mesma. Outro componente que utilizará do mesmo recurso é o conversor HX711 das células de carga. Para os demais componentes como o sensor de frenagem, interruptor da seta, os sinais para os *drivers* de acionamento da sinalização e para o controle de carga na bateria será de caráter booleano, portanto digital, serão ligados as portas IO da ESP32. Consultando a figura 43 onde determina a visualização do diagrama de blocos do conjunto junto com a figura 41 que demonstra esse fluxo de dados, tem-se toda a visão de interação intracomponentes com seus respectivos dados que serão trocados.

4.2.1.1.1 Protocolo de comunicação

Sistema de transmissão de dados ‘Bluetooth Low Energy’ (BLE) – O microcontrolador escolhido tem como função a transmissão dos dados processados para um visor e para isso foi escolhido o próprio smartphone embarcado. A conexão então é necessária no microcontrolador para efetuar a sua perfeita comunicação. O conjunto que será empregado é 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 como apresentado na figura 45. 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.

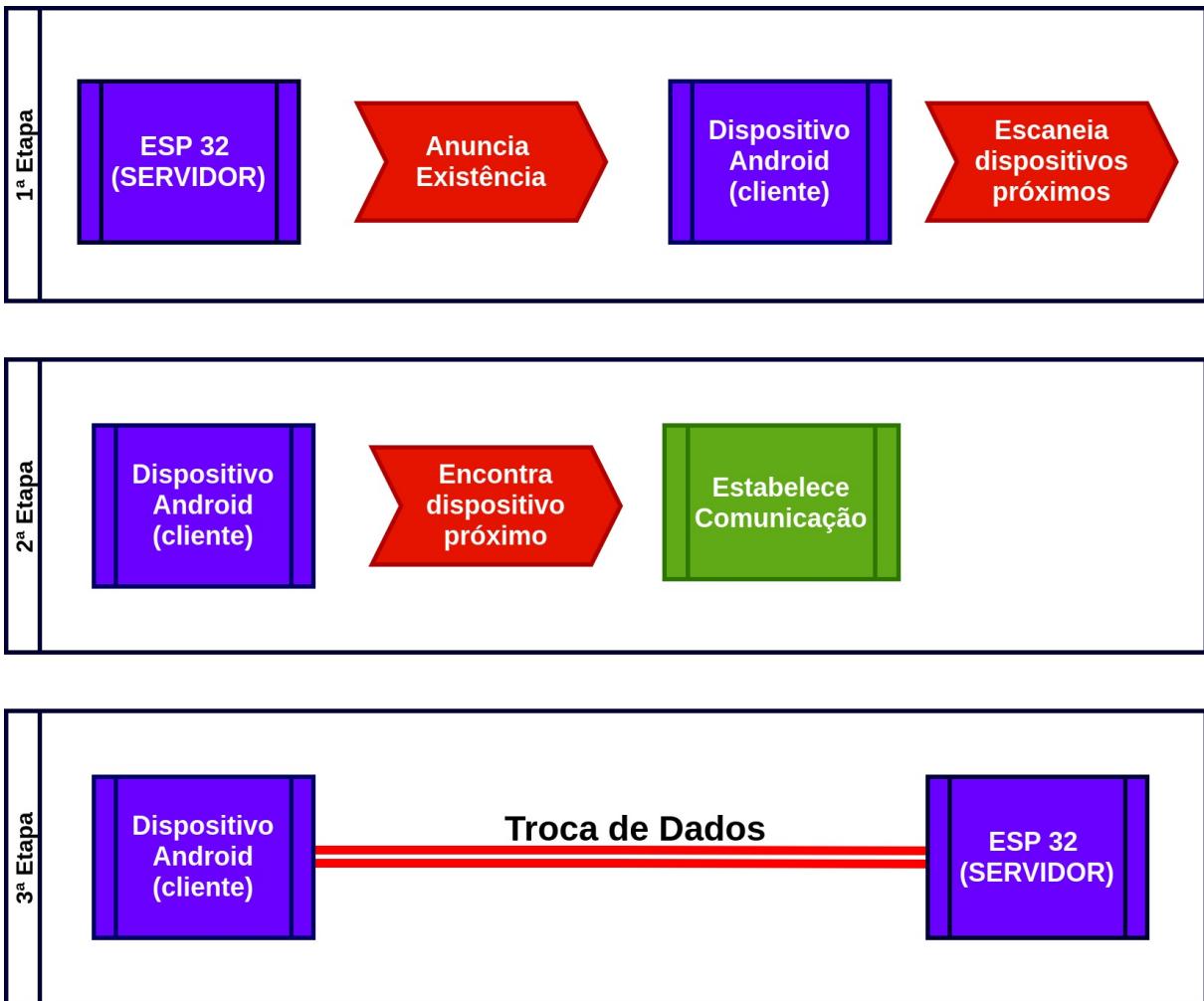


Figura 45 – Diagrama de comunicação.

Os serviços e características são identificados por um UUID. Por exemplo “0x180F” ou “6E400001-B5A3-F393-E0A9-E50E24DCCA9E”. Segue na figura 46 a programação adequada do nosso sistema de comunicação.

4.2.1.2 Módulos Eletrônicos

Após a realização de uma análise de cada componente necessário para o desenvolvimento da solução de eletrônica embarcada, os sensores foram escolhidos após o levantamento de referências sobre as condições com que o veículo será empregado.

4.2.1.2.1 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

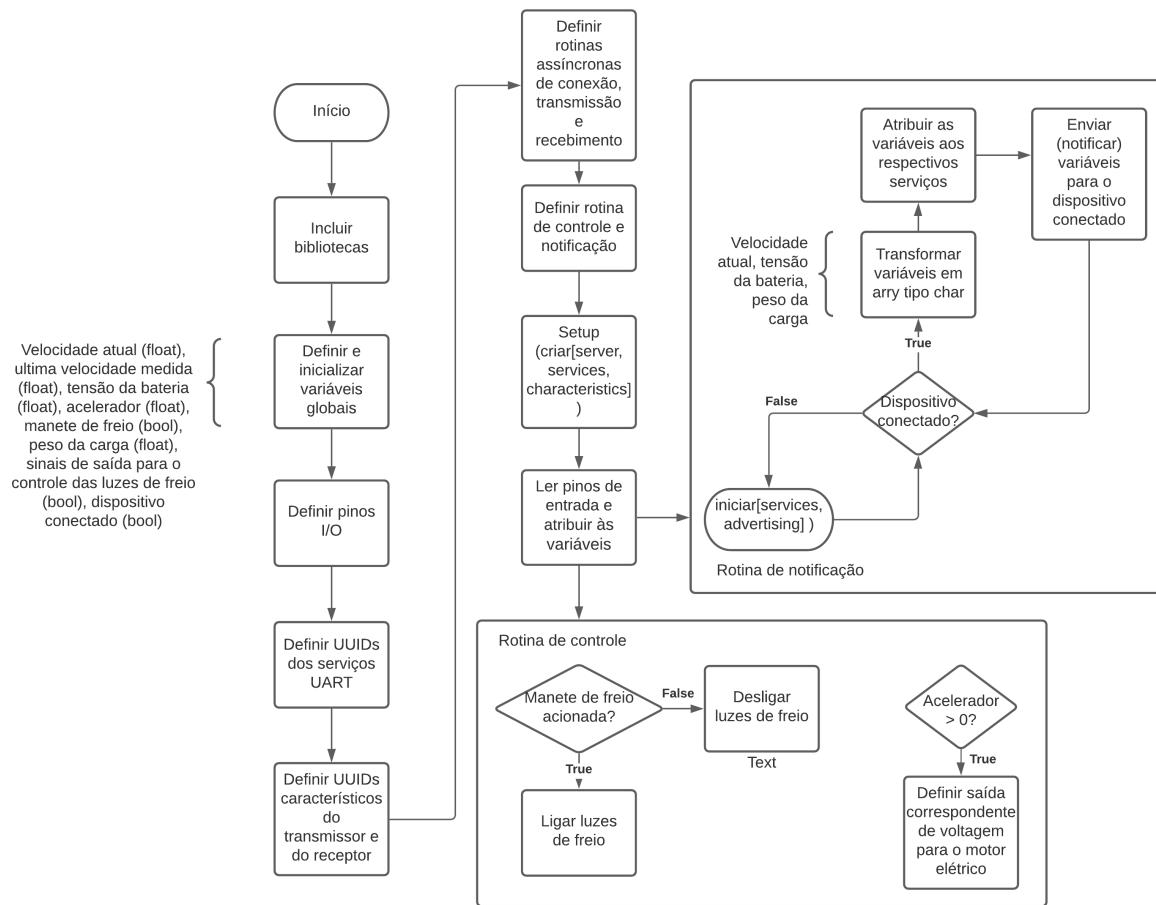


Figura 46 – Fluxograma de programação do hardware ESP32

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.

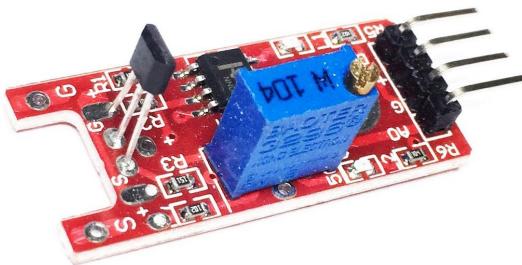


Figura 47 – Sensor Hall - KY024



Figura 48 – Ímã de Roda

Figura 49 – Componentes do sistema de controle de velocidade.

Aplicação do sensor de velocidade – O sensor 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.

Especificações Técnicas	
Tensão de Alimentação	2,7 V - 6,5 V DC
Corrente de Alimentação	6 - 10 mA
Tensão de Saída	1 - 1,75 mV
Corrente de Saída	1 - 1,5 mA
Faixa Magnética	+/- 650 - 1000 Gauss
Sensibilidade	(25°C) 1 - 1,75 mV/Gauss
Temperatura de operação	-40°C - 100°C

Medição de velocidade – Como é o cálculo para a aferição da velocidade pode ser consultado no memorial de cálculos das soluções eletrônicas no Apêndice F.1.1.

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). Como visto no tópico F.1.1, vamos ter como resultado do cálculo processado a velocidade instantânea do veículo.

4.2.1.2.2 Sensor de Pesagem

- **Componentes:**

- 4 Células de carga CDI (500kg);
- Conversores A/D para célula de carga HX711 (conectados a ESP32)

Células de carga de **barra** ou **feixe de dobra** (também conhecido como **feixe binocular**) são comumente usados para aplicações de pesagem industrial. Uma extremidade da barra é fixada a uma estrutura, enquanto uma força é aplicada à extremidade livre do sensor.

Essa força faz com que os quatro medidores de tensão integrados na parte superior e inferior e em cada extremidade da célula de carga se alongam ou comprimem, dependendo de quanto a aplicação ou remoção da força exerce pressão sobre a estrutura da célula de carga. Essas pequenas mudanças no potencial dos strain gages são facilmente convertidas em peso com conversores A/D e processamento do controlador ESP32.

Conversores A/D – O modelo de conversor A/D a ser utilizado para transformar o sinal analógico das células de carga é o HX711. O HX711 é um módulo amplificador operacional de 24 bits que será utilizado para converter o sinal analógico em digital, além de amplificar a saída para que seja reconhecida pelo ESP32. Ele foi criado com a intenção



Figura 50 – Célula de carga de feixe de curvatura típica

Fonte: Daraceleste [CC BY-SA ([LOAD-CELL-CENTRAL](#),)]

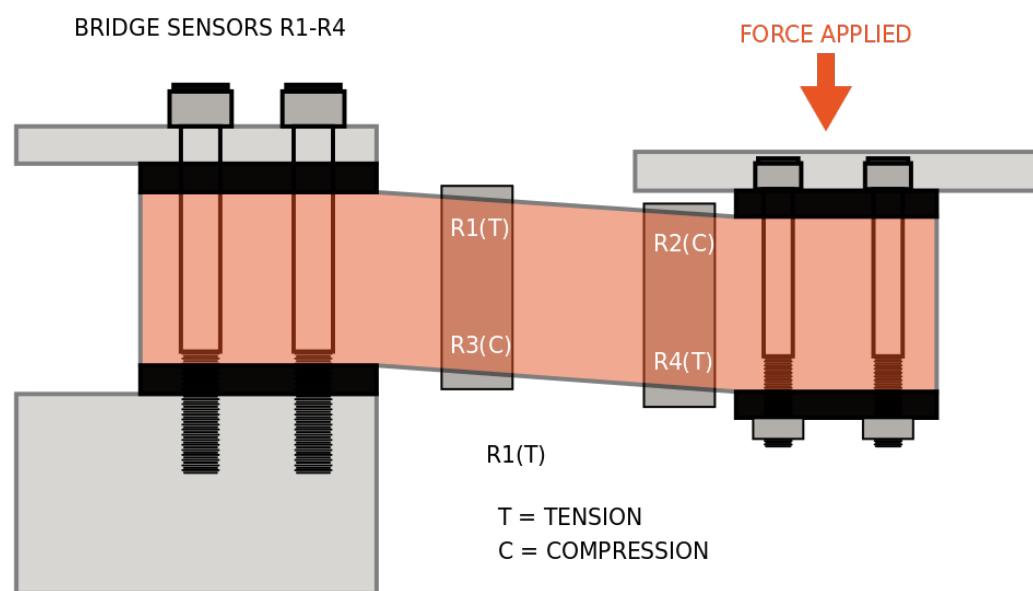


Figura 51 – Funcionamento da Célula de carga de feixe de curvatura típica

Fonte: ([LOADCELL](#), b)

de atuar com sensores de peso ligados em ponte, sendo que o multiplexador (MUX) interno seleciona a entrada diferencial (A_+ e A_-) ou (B_+ e B_-) para o amplificador de ganho. Para os interessados em conhecer um pouco mais do HX711, é apresentado o componente e o seu circuito interno na figura 52.

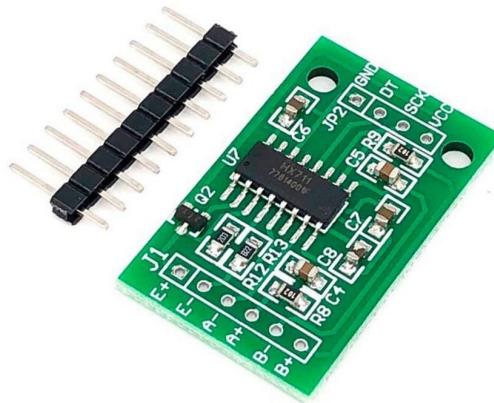


Figura 52 – conversor A/D HX711

Fonte: ([LOADCELL, a](#))

Principais características	
Tensão de trabalho	2,6V 5,5V DC
Corrente de trabalho	Abaixo de 10mA
Diferencial de tensão de entrada	+/- 40 mV
Frequência de atualização	80 Hz
Conversor A/D	Resolução de 24 bits
Número de canais	2
Dimensões	35 x 20 x 2,7 mm

Para ligar células de carga é necessário realizar a Ponte de Wheatstone entre elas. A ponte de Wheatstone é uma rede de quatro pernas resistivas interligadas, formando dois divisores de tensão em paralelo, da forma apresentada na figura 53.

Para o uso de quatro células, em configuração de Ponte Completa, a ligação em Wheatstone é apresentado na figura 54.

JUSTIFICATIVA DO POSICIONAMENTO DA CÉLULA DE CARGA

– A equipe de estrutura do projeto realizou a simulação da deformação da chapa onde vão ser carregados os recicláveis coletados. A simulação apresentada no tópico 3.4.3.1(Simulação da Chapa do Piso) levou em conta os pontos de apoio da chapa e com carga máxima de 500kg. A esquematização pode ser vista na figura 23 e a simulação da deformação da chapa com um carregamento pode ser vista na figura 26.

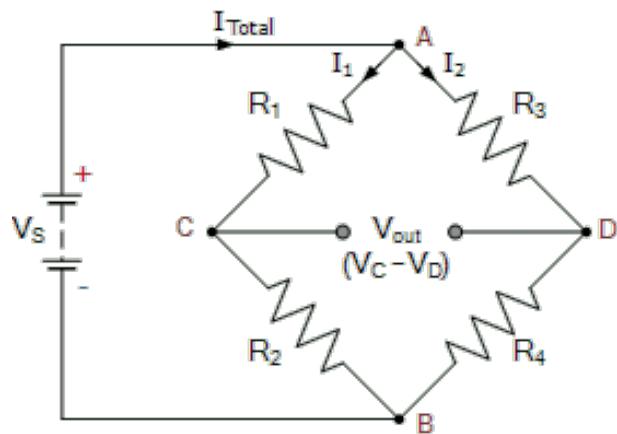


Figura 53 – Ponte de Wheatstone
Fonte: ([LOADCELL](#), 2019)

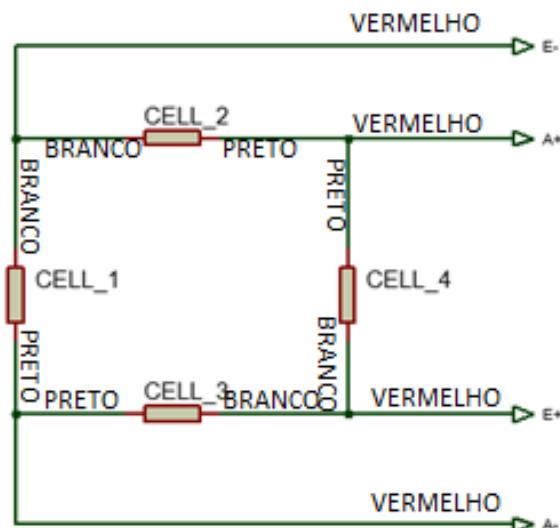


Figura 54 – Topologia que será empregada na ligação das células de carga
Fonte: ([LOADCELL](#), 2019)

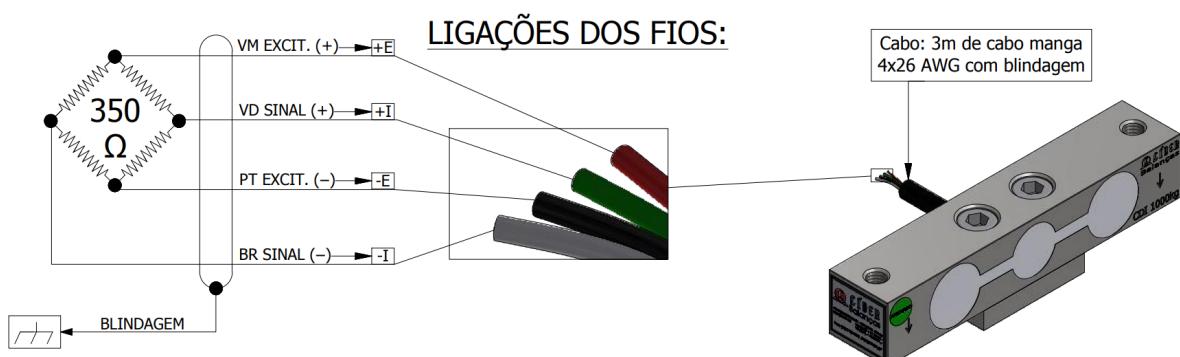


Figura 55 – Ligações dos fios apresentados no datasheet do fabricante.
Fonte: ([LÍDER BALANÇAS](#), 2018)

A partir desta simulação foram definidos 4 pontos importantes de flexão onde devem ser posicionadas as extremidades das células de carga de barra, evidenciados pela

cor vermelha.

As células de carga ligadas individualmente a conversores A/D vão ser conectados ao microcontrolador ESP32, que por sua vez vai somar os sinais e enviar a informação de peso por bluetooth ao celular conectado.

4.2.1.2.3 Iluminação da Sinalização

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 intermitênciam das lâmpadas de seta, produzido pelo firmware do controlador.

O dimensionamento das resistências necessária para que a corrente não exceda queimando as lâmpadas foi feito no tópico [F.1.2](#).

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 Halogêneas de 2 polos de ligação. Na tabela [9](#) podemos notar as diferenças entre elas. Vale ressaltar que esta análise esta sendo para lâmpada de freio, para a lâmpada de seta foi utilizado os mesmos procedimentos, porém com alguns valores diferentes devido à coloração da lâmpada.

Para a função de controle ativação e intermitênciam 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.

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 Ω .

	Lâmpada de 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\$ 19,00

Tabela 9 – Tabela comparativa dos modelos de lâmpadas para freio presentes no mercado para sinalização de seta e freio.

Escolha de Produto – 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 permitido. 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.



Figura 56 – Lanterna Traseira



Figura 57 – Chave Seletora de Seta e modo reversão motor



Figura 58 – Sensor de Frenagem

Figura 59 – Componentes do sistema de sinalização do veículo.

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 59.



Figura 60 – Acelerador de Punho

Funcionamento – Através do chaveamento do interruptor então o condutor transmite a informação para ESP32 solicitando que inicie a rotina de ciclos de pulsos no drive de acionamento da sua iluminação solicitada. o mesmo vale para o sensor de frenagem quando acionado solicita o acendimento da lâmpada. Na figura ?? é apresentado o esquemático dos drives de acionamento.

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).

4.2.1.2.4 **Acionamento do motor**

Para a solução empregada no acionamento do motor foi dividido em alguns subsistemas tais como a controladora do motor, o acelerador de punho e o próprio motor em si. Como dada a divisão dos sistemas ficou por algumas áreas membros de energia realizaram as discussões sobre a controladora do motor e do próprio motor ficou na seção 5.1 e 5.3.

No caso a escolha do acelerador de punho é com critério puramente funcional. Sabendo que o princípio de funcionamento do mesmo sendo semelhantemente como de

Comprimento do Fio	30 cm
Temperatura de operação	-20°C - 80°C
Tensão de funcionamento	5 V
Faixa de Ajuste	1 V - 4 V
Faixa de Resistência	10 Omega - 1K Omega
Resistente	Chuva e sol direto

Tabela 10 – Especificações técnicas do acelerador de punho

um potenciômetro, foi escolhido o de melhor custo benefício no mercado atendendo alguns requisitos listados na tabela 10.

4.2.1.2.5 Alimentação & Recarga

Para as discussões a respeito da escolha das baterias e seus respectivos dimensões ficaram acordados a escrita nos tópicos seguintes a 5.2. Onde será abordado o dimensionamento desejado das cargas solicitadas por todo o sistema, junto a isso como será efetuado a recarga do conjunto de alimentação.

4.2.2 Plano de teste dos sistemas embarcados

Os procedimentos relatados nesta subseção têm por objetivo verificar a conformidade dos resultados entre o sistema implementado e o que foi projetado. Portanto, a intenção é garantir que todos os componentes funcionem conforme projetado e, portanto, a eletrônica embarcada opere com sua integração correta. Todo o plano de testes foi realizado considerando um teste inicial dos microcontroladores que verifica a alimentação com o auxílio de um multímetro para validação de uso.

4.2.2.1 Alimentação entre os componentes eletroeletrônicos

Para realizar o teste inicial dos componentes deve-se executar a medição de tensão elétrica de alimentação, além de verificação dos sinais de controle para um efetivo funcionamento entre os periféricos e os circuitos integrados com o microcontrolador.

Iniciaremos o teste com a correta verificação de tensão no microcontrolador, seguindo assim para a verificação do recebimento da alimentação elétrica para o smartphone embarcado, em seguida se o módulo controlador do motor está recebendo corretamente sua tensão e corrente projetada para tal. Por fim a verificação do sensor de freio e o interruptor da seta em conjunto com o sistema de sinalização traseiro (farol). Para saber a correta tensão e amperagem para cada circuito deve ser utilizado a figura 129 para referenciamento correto.

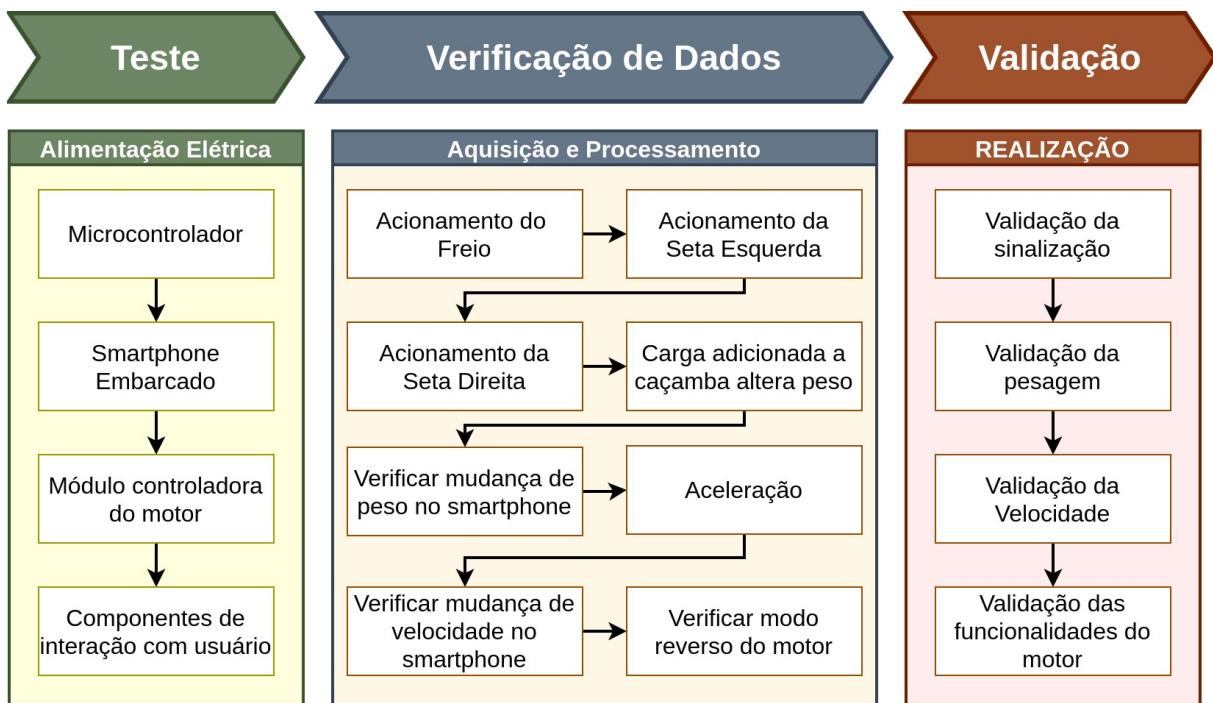


Figura 61 – Fluxograma de testes eletrônicos

4.2.2.2 Aquisição e o processamento correto dos dados periféricos

A aquisição e o processamento dos dados são um processo dentro do teste e validação das informações. Nesta subseção será abordada a validação dos dados que são trocados entre os componentes.

4.2.2.3 Componentes de interação com o usuário

A verificação da seta e freio é simples de ser validada. Apenas executando o chavamento da seta e acionamento do sensor de freio pode ser visualizado pelo próprio montador se está efetuando a correta operação.

4.2.2.4 Análise das características do sensor de peso da caçamba

Deve ser levado em conta o processo de TARA do peso. A tarar uma balança consiste em zerar, ou seja, quando você coloca um recipiente nela, você tara, deixando sem ela com o valor do peso do recipiente suportado, para que o material possa ser pesado.

Isto deve ser feito para que não haja erros na pesagem pois sem tara o equipamento terá uma quantidade de peso maior pois terá o peso do recipiente e o peso do material que se deseja, portanto realizando a tara você elimine essa possibilidade.

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 diretamente de uma fonte CA ou com o uso de um inversor de frequência ligado a uma fonte de corrente contínua.[5.1](#)

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. De acordo com o item 5.4 descrito na Norma NBR 7094 da ABNT,

potência nominal de um motor é a potência mecânica disponível no eixo que por sua vez acompanha a mesma definição do regime de trabalho.

Sabendo disso escolhemos um motor ideal, que é do tipo BLDC, e que atenda aos requisitos do nosso projeto. Abaixo está uma matriz de decisão que foi utilizada para essa escolha, na qual a nota 1 é a mais baixa, e a nota 5 a mais alta.

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 62 – 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

Tabela 11 – tabela de especificações do motor

Motor Elétrico Sem Escova Com Engrenagem

Figura 63 – Motores. Fonte: ([NEODIMIO, 2021](#)).Figura 64 – Matriz de decisão motor. Fonte: ([NEODIMIO, 2021](#)).

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.

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

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 (EWh) armazenada

$$Eesp = EWh \cdot \frac{1}{m}$$

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)

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

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

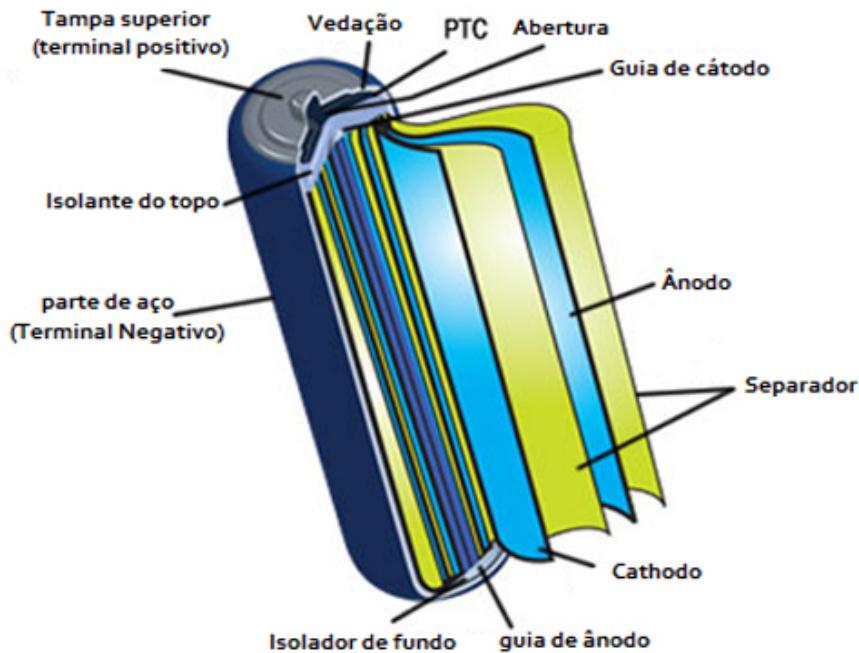


Figura 65 – Bateria íon lítio. Fonte: ([BATERIAS, 2012](#)).

5.2.1 Dimensionamento de baterias

Energia Consumida por dia:

$$EC = \frac{ECD}{Autonomia} \quad (5.1)$$

$$EC = 1200 \cdot 8 \text{ horas} \quad (5.2)$$

$$EC = 9600 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}} \quad (5.3)$$

Energia Armazenada no banco de baterias:

$$EA = 9600 \text{ Wh} \quad (5.4)$$

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

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

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

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

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

$$EWh = 24 \cdot 20$$

$$EWh = 480W \cdot h$$

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

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

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

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

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

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

5.2.2 Bateria escolhida



Figura 66 – Bateria íon lítio. Fonte: ([BATERIAS, 2012](#)).

“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

Tabela 12 – Dados da Aegis Battery.

5.2.2.1 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.

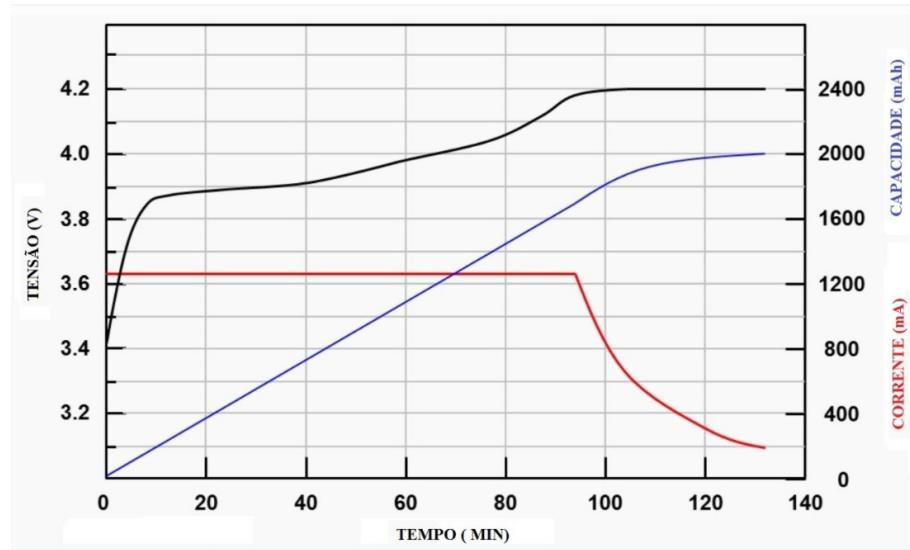


Figura 67 – Gráfico bateria. Fonte: (??)

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 68 – Controlador Keeso

5.3.0.1 Características do controlador

- O invólucro do controlador é feito de liga de alumínio com design de ranhura, que pode proteger o circuito interno devido ao bom recurso de dissipação de calor para evitar sobrecarga térmica.
- É um controlador de motor sem escovas, pode fornecer velocidade constante e controle sensível de frenagem e mudanças de direção.
- Os fios e interfaces para o controlador têm bom contato e garantem baixo mau funcionamento para uso prolongado.
- Controlador do motor sem escova;
- Tensão nominal de trabalho: 60V;

- Potência nominal: 1500W;
- Os cabos possuem cores diferentes para sua fácil instalação.

Material	Liga de alumínio
Potência nominal	1500W
Corrente máx.	50A
Proteção de baixa tensão	53V
Ângulo de fase do motor adequado	60/120 graus
Adequado	Bicicleta Elétrica, Scooter, etc.
Tamanho aproximado	23 x 8,5 x 4,5 cm / 9,05 x 3,35 x 1,77 polegadas
Peso aproximado	741 g

Tabela 13 – Especificações

5.3.0.2 Especificação

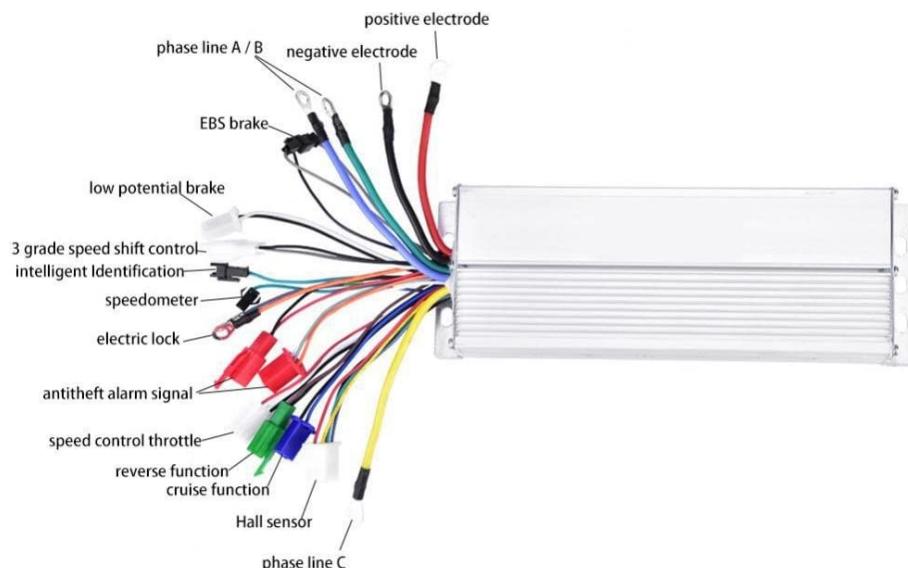


Figura 69 – Controlador Keeso com suas conexões

5.3.0.3 Conexões Elétricas:

- Motor Elétrico Brushless DC
- 1- Fase de alimentação do motor: cabo verde, cabo amarelo e cabo azul.
- Módulo Controlador Keenso compatível com o Motor Elétrico Brushless DC
- 1-Cabo eletrodo vermelho positivo (+);
- 2-Cabo eletrodo preto negativo (-);
- 3-Cabo fase de linha A/B - azul e verde;
- 4-Cabo Fase de linha C - amarelo;
- Cabo EBS brake - Sistema Eletric Brake System;

- 5-Cabo potencial de parada baixa - Conector branco com fio preto;
- 6-Sensor Hall - Cabo de conector branco com 5 fios de cores distintas;
- 7-Cabo função cruzeiro - azul. Mantém o acelerador aberto durante a operação;
 - 8-Cabo função reversa - Conector verde;
 - 9-Cabo acelerador de controle de velocidade - Cabo de conector branco com um fio vermelho e outro preto;
 - 10-Sinal de alarme antifurto - 2 conectores vermelho com fio vermelho e preto e vermelho e azul;
 - 11-Cabo trava elétrica;
 - 12-Cabo velocímetro - fio azul;
 - 13-Cabo controle inteligente de identificação de mudança de velocidade grau 3 - conector branco com 2 fios pretos e conector preto com um fio azul.

5.3.0.4 Sistema de alimentação do controlador:

Guia conexão dos cabos:

O motor tem 3 cabos coloridos (azul, verde e amarelo) que devem ser conectados aos cabos de cores correspondentes no controlador. Sensor hall que são 5 cabos (vermelho, preto, azul, amarelo, verde) as mesmas cores encontradas no chicote do motor e assim conectar na sua cor correspondente. Esses cabos correspondentes são cabo fase de linha A/B (Azul e verde) e também o cabo fase de linha C (amarelo).

Acelerador: O cabo que irá conectar ao acelerador será o “cabو acelerador de controle de velocidade”, que tem 3 cabos (vermelho, verde e preto).

Já a manete de freio, caso tenha, pode ser conectada no cabo “EBS Brake”. Essa manete tem um sensor que quando você aiona desativa o controlador por motivos de segurança, caso aconteça um curto no acelerador.

5.3.0.5 CABOS

Cabo auto R2	Utilizado em chicotes elétricos de veículos	isolação: PVC 105º C - Isolado em composto termoplástico de policloreto de vinila	Seções: 0,35 a 16mm²	Core: Ex: pre
Cabo auto FLRY	Utilizado em chicotes elétricos de veículos	PVC 105º C T2 - Isolado em composto termoplástico de policloreto de vinila	0,35 a 6mm ²	Cor
Cabo auto FLRY-C	Utilizado em chicotes elétricos de veículos, em específico para cabos de bateria	PVC 105º C t2 FLEX - Isolado em composto termoplástico de policloreto de vinila HFLEX.	10 a 95mm ²	Cor Ex:
Cabo auto FLRYWYW-B	Utilizado em chicotes elétricos de veículos, em específico para cabos de bateria	PVC 105º C t2 FLEX - Isolado em composto termoplástico de policloreto de vinila HFLEX.	10 a 95mm ²	Cor Ex:

Tabela 14 – Sugestões de Cabos

Equipamento	Corrente (A)	Seção Nominal (mm ²)
Motor DC Brushless	26,2	4
Microcontrolador de motor Keenso	32	6
Conversor Step-Down	30	4
Bateria	20	2,5
Fonte de Alimentação	3	0,5
Sensor Hall	0,5	0,5
Microcontrolador ESP 32	0,5	0,5
Conversor Sensor de Carga	0,16	0,5
Lâmpada Led Freio	0,17	0,5
Lâmpada Led Seta	0,2	0,5
Cabo USB Carregador	2	0,5

Tabela 15 – Seção nominal dos fios para alimentação dos equipamentos do sistema



Figura 70 – Representação elétrica do sistema. Fonte:Autores

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. Vai ser representado abaixo O banco de baterias 24V cada, ligado em série (corrente para todo o sistema se mantém, aumenta-se a tensão) é alimentada por uma fonte de energia conectada à rede 220V. Esse mesmo banco de baterias com cerca de 72V será a fonte responsável para a alimentação do microcontrolador e do motor dc brushless 60V do sistema. Há a necessidade de transformadores redutores de tensão de 60V para 12V (para alimentação do circuito de setas e farol) e de 12V para 5V (para alimentação do circuito de sensores de cargas e a alimentação do cabo USB para dispositivos móveis) e de 5V para 3V (para alimentação dos interruptores de seta e farol, da ESP32 e do Sensor Hall). Segue também a parte de sistema de alimentação dos microcontroladores no apêndice ??

5.5 Simulação

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

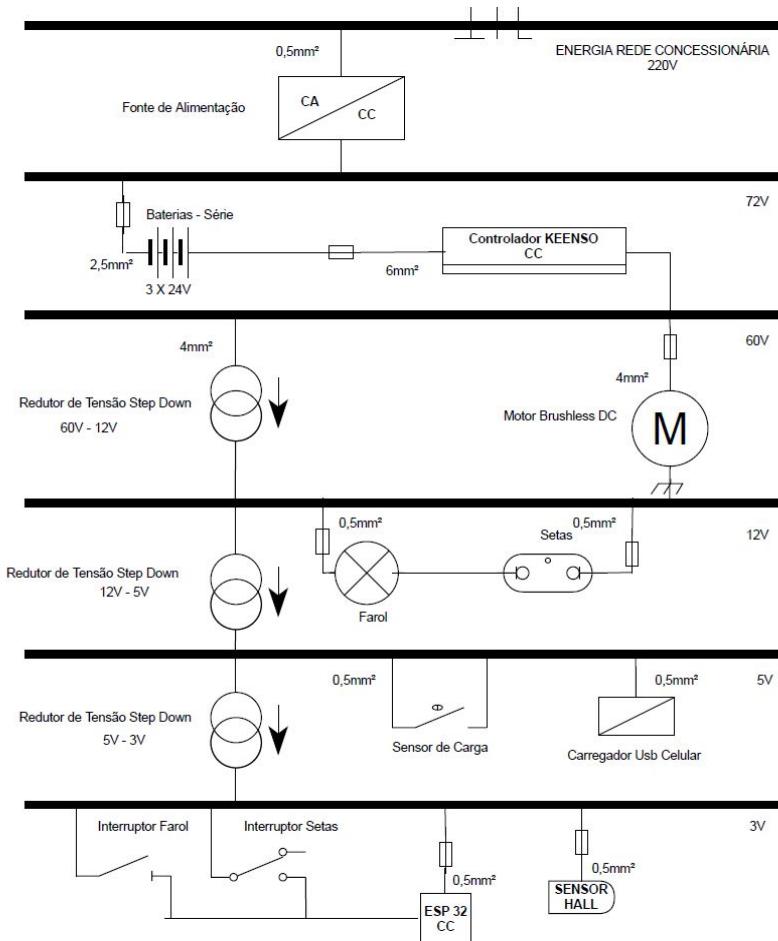


Figura 71 – Representação elétrica do sistema. Fonte:Autores

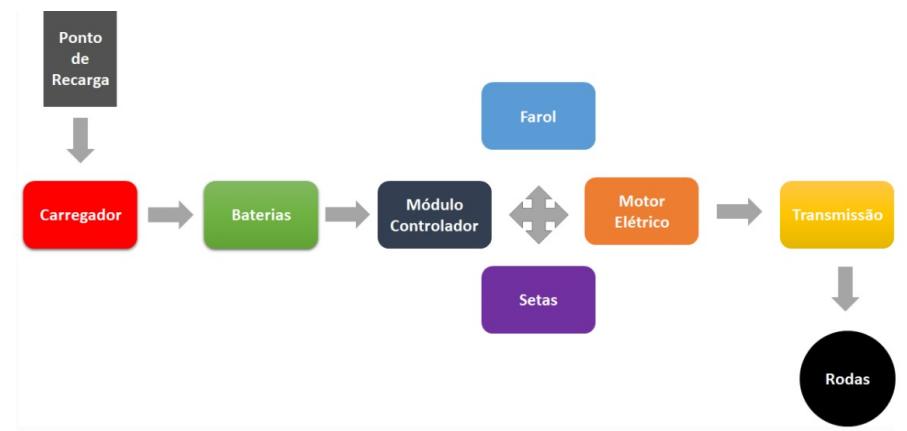


Figura 72 – Representação elétrica do sistema. Fonte:Autores

motor elétrico, e ao acionamento do farol e setas. O sistema de transmissão alimentado pela bateria faz as rodas girarem.

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

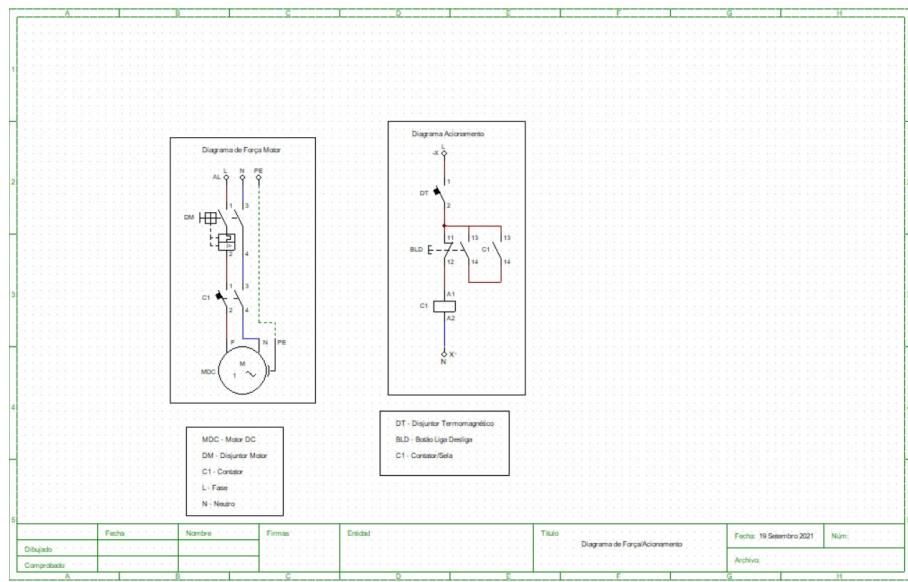


Figura 73 – Diagrama de Força do Motor e Diagrama de Acionamento

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).

5.5.1 Caixa de Fusíveis

O fusível é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente. Podem ser do tipo de filamento ou lâmina de metal ou de liga metálica de baixo ponto de fusão. Quando a intensidade de corrente elétrica é superior ao suportado, ele se funde por efeito joule, para proteger os elementos do circuito. Para os fusíveis automotivos, existem os mini type, small type e o medium type. Eles são identificados pelos códigos que são as cores. Cada cor representa uma amperagem específica.

Os fusíveis possuem duas lâminas condutoras para conexão e uma capinha plástica onde está o condutor, esse que utiliza o estanho como material.

Ao dimensionar os fusíveis do sistema devemos considerar o tempo de fusão, ou seja, devem suportar sem fundir o pico da corrente de partida (I_p) durante o tempo de partida do motor (T_p), uma corrente de no mínimo 20 por cento maior que a corrente do circuito que ele protege ($I_{fusivel} > 1,2 * I_{nominal}$) e devem proteger os contatores e relés de sobrecarga.



Figura 74 – exemplos de fusível

Circuito Protegido	Tensão(V)	Amperagem(A)	Cor	Identificação
Módulo Controlador	60	32	Azul Claro	A1
Motor de Partida	60	26,2	Verde	A2
Botão de Ignição	12	0,2	preto	A3
Sensor Hall	6,5	0,01	Preto	A4
Esp32	3,3	0,08	Preto	A5
Setas	12	0,2	Preto	B1
Lanterna Traseira	12	0,3	Preto	B2
Farol	12	3	Violeta	B3
Baterias	72	20	Amarelo	B4

Tabela 16 – Circuito protegido e dados relacionados.

Para identificarmos a amperagem do fusível, deve-se ter algumas informações básicas, para que seja possível a realização do cálculo da 1º Lei de Ohm.

$$P(W) = I(A) \cdot U(V)$$

Os fusíveis são separados, cada em um fio positivo específico. No fio neutro, é único para todos. Os fios com corrente positiva passam primeiramente pela caixa de fusíveis (energizada). Os fusíveis realizam uma ponte para proteção. Quando ocorre um curto, essa ponte cai e interrompe a passagem da corrente para proteção do circuito.

Se houver a necessidade de substituir um fusível, não substituir por um de cor diferente da cor original. Visto que as cores são uma forma de identificar a amperagem do dispositivo necessário para o funcionamento adequado do sistema. Segue no apêndice

a localização desse fusíveis e sua seguinte legenda

Cor dos Fusíveis			
	Tipos de Fusíveis		
Ampères	Mini	Padrão	Maxi
2A	Cinza	Cinza	-
3A	Violeta	Violeta	-
4A	Rosa	Rosa	-
5A	Bronze	Bronze	-
7,5A	Marrom	Marrom	-
10A	Vermelho	Vermelho	-
15A	Azul	Azul	-
20A	Amarelo	Amarelo	Amarelo
25A	Incolor	Incolor	-
30A	Verde	Verde	Verde
40A	-	-	Laranja
50A	-	-	Vermelho
60A	-	-	Azul
70A	-	-	Bronze
80A	-	-	Incolor
Sociedade Automotiva			

Figura 75 – Cores fusíveis

Por meio da tabela e a representação da caixa de fusíveis é possível identificar quais serão os equipamentos que necessitarão do sistema de proteção. Estes identificados por cor de acordo com a amperagem e por meio de nomenclatura de alfanumérico para localização/instalação dos fusíveis tipo lâmina.

Acima o modelo ideal, escolhido da caixa porta fusível tipo lâmina para o projeto. Com capacidade para até 10 fusíveis, com tensão máxima de 250 V. Com contatos terminais tipo Faston montado. Os terminais Tipo Faston, são terminais elétricos isolados para conexões elétricas. Formados por duas peças, a lingueta (macho) e o receptáculo (fêmea). O macho se conecta com a fêmea.

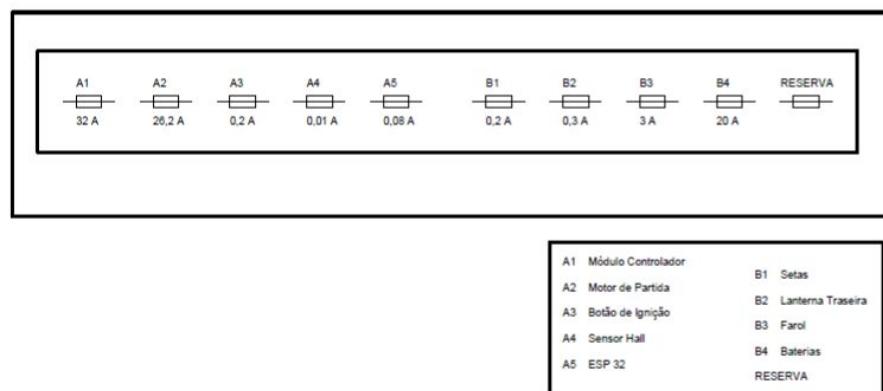


Figura 76 – Identificação/Localização Fusíveis

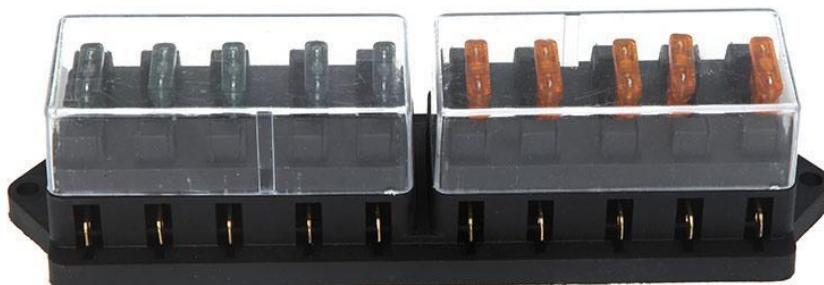


Figura 77 – caixa de fusíveis

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																				
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 78 – 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.

5.7 Conversor DC-DC ou Chopper

Segundo o livro Eletrônica de Potência referenciado, o Conversor DC-DC/CC-CC (CC- Corrente Contínua/ DC- Direct Current) também nomeado Chopper Control, é utilizado quando a tensão disponível é originária de um retificador fixo ou de uma bateria elétrica e a carga exige um controle linear na tensão de alimentação. Para realização deste tipo de conversão é utilizado o método de modulação por largura de pulso (pulse width modulation, PWM). Em suma, o Conversor DC-DC mantém a corrente de forma contínua, e seu uso é destinado à amplificação ou redução de tensão.

5.7.1 Funcionamento do Conversor DC-DC

Os Conversores DC-DC são sistemas compostos por semicondutores de potência atuando como chaves, além de componentes como capacitores, indutores e diodos, com a finalidade de controle de fluxo de tensão de uma fonte de entrada para a fonte de saída. Conforme pode ser visto na imagem abaixo, o sinal gerado não é uma linha contínua, mas é categorizado como contínuo por não alterar a sua polaridade. Essa variação ocorre porque o S do circuito age como uma chave que comuta em determinada frequência, sendo que a comutação é o movimento de abrir e fechar da chave.

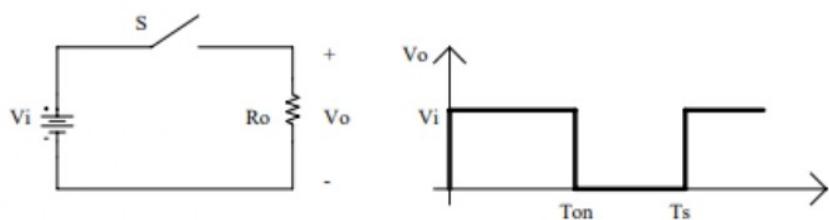


Figura 79 – conversor dc dc

O intervalo de comutação é definido pela fórmula:

$$T_S = \frac{a}{F_s}$$

Sendo que o T_S da fórmula equivale ao intervalo de comutação, e F_s a frequência. E para cálculo da relação entre a tensão de entrada e a de saída, é realizada a seguinte divisão, em que D representa a razão da transformação.

$$D = \frac{V_0}{V_i}$$

Neste caso, V_0 representa a tensão de saída e V_i a tensão de entrada. Além disso, é importante salientar que os sinais que geram a comutação da chave podem ser gerados com uma frequência fixa, através da já citada modulação por largura de pulso (PWM), ou com frequência variável.

Segue a imagem [80](#) demonstrativa da modulação PWM.

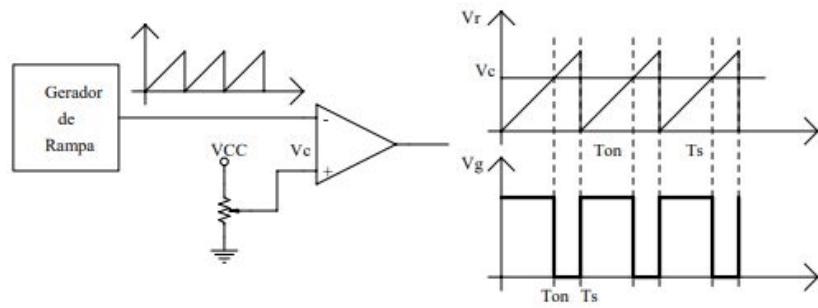


Figura 80 – modulação PWM

O que ocorre no caso do conversor é que o transistor abre e fecha durante o funcionamento, isso gera uma modulação que varia de acordo com a tensão desejada.

O Duty cycle, que é o intervalo de comutação, é ajustado automaticamente de acordo com a variação da tensão na entrada, considerando a configuração da tensão de saída. Depois de passar pelo filtro do conversor, a onda é transmutada de quadrada à linear.

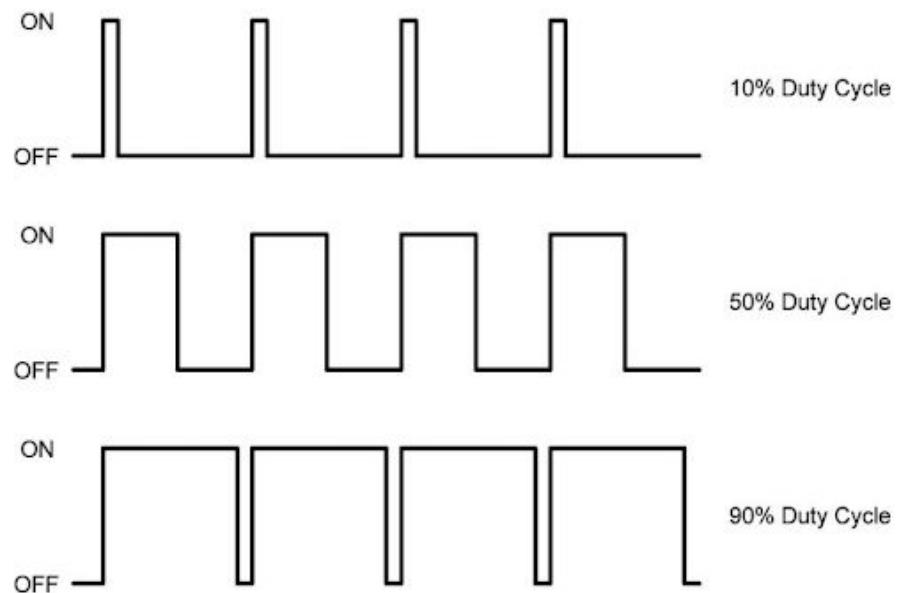


Figura 81 – Duty cycle

5.8 Conversor Step-Down ou Buck

Um Conversor de topologia Step-Down ou Buck, é destinado a realizar reduções na tensão, abaixo podemos ver o seu circuito elementar

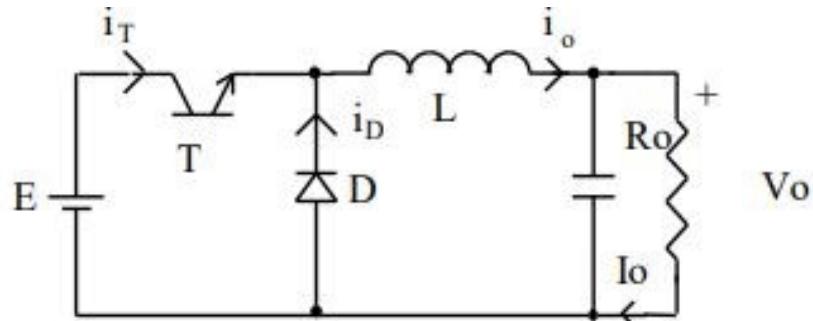


Figura 82 – Conversor Step-Down

Pode-se ter o entendimento de que quando o transistor se comporta como uma chave fechada, a corrente flui, passa pelo filtro LC (indutor e capacitor) e chega à carga como tensão contínua. O filtro é do tipo passa baixa e sua função é reduzir as harmônicas da onda, sendo que o indutor é magnetizado nessa etapa.

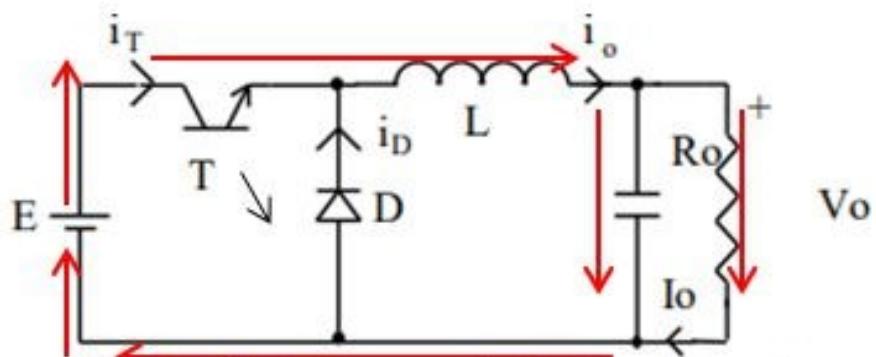


Figura 83 – Conversor abaixador de tensão chave fechada

E quando a chave está aberta, o indutor é desmagnetizado, valendo mencionar que o diodo ajuda a dissipar a energia que ficou armazenada no indutor na etapa anterior.

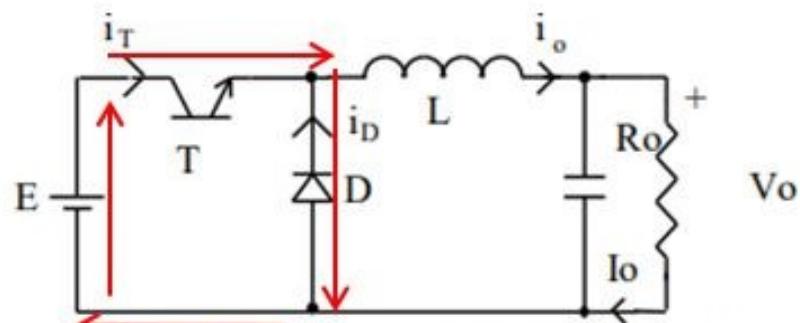


Figura 84 – Conversor abaixador de tensão chave aberta

Conversor DC/DC	Tensão de entrada (V)	Tensão de saída (V)
Marca XWST - Conversor DC/DC	60	12
	12	5
	5	3

5.8.1 Conversor DC/DC - Step Down

É um regulador de tensão em um sistema eletrônico alimentado por baterias. Sua função é reduzir a tensão de entrada para uma determinada intensidade elétrica na saída. É de boa aplicação em projetos que necessitem de baixo consumo energético. São compostos por semicondutores de potência atuando como chaves, de capacitores, indutores e diodos, para o controle de tensão do fluxo de entrada para a saída. Mantém o sinal de saída sem oscilações entre os polos. (CURTO CIRCUITO, 2021). Seu conversor e sua descrição estarão abaixo [86](#) e [85](#)

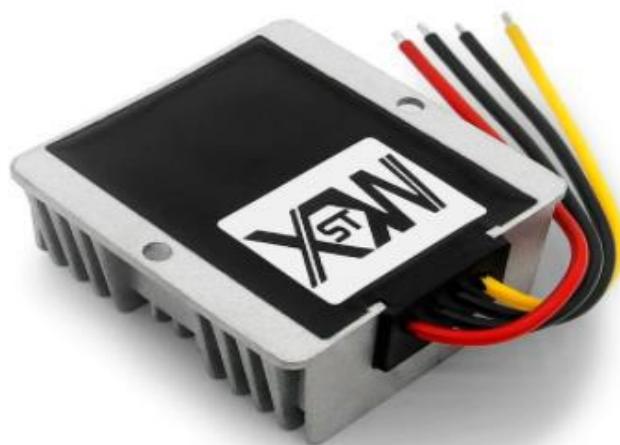


Figura 85 – Conversor de energia

Nome do Produto	Conversor DC para DC Buck
No. do modelo	XW-60-12-60W 180w
Propriedades do Módulo	Módulo não isolado
Retificação	Retificação síncrona
Tensão de entrada	DC 60V
Faixa de tensão de entrada	DC 20-75 V
Voltagem de saída	DC 12V
Corrente de saída	5A / 10A / 15A
Potência de saída	60W / 120W / 180W
Eficiência de conversão 13-14 cm	>93Comprimento do cabo
Ondulação	40 mV
Corrente sem carga	25 mA
Temperatura de trabalho	40 80 °C

Tabela 17 – Características do Conversor StepDown

Product Name	DC to DC Buck Converter
Model No.	XW-60-12-60W~180W
Module Properties	Non-isolated Module
Rectification	Synchronous Rectification
Input Voltage	DC 60V
Input Voltage Range	DC 20-75V
Output Voltage	DC 12V
Output Current	5A / 10A / 15A
Output Power	60W / 120W / 180W
Conversion Efficiency	>93%
Cable Length	13-14cm
Ripple (Full load test)	40mV
No-load current	25mA
Working Temperature	-40~80°C (If ambient temperature exceeds 40° C, lower power use, or to enhance heat dissipation)
Waterproof Rating	IP67
Protection	Over-current /Over-voltage/Over-heat/Short-circuit Waterproof, Anti-shock , Anti-dust protection
Shell/ Packing	Aluminum 74*74*32mm, 260g, Anti-static Bag
Warranty	12 months

Figura 86 – descrição do conversor

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 low energy, 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, as propostas de inovação para a aplicação é:

- Utilização da Google Maps API: O Google Maps é um serviço público e gratuito que qualquer pessoa pode usar em seus sites e aplicações. Desde que o usuário final não seja cobrado, pode usar este serviço, para isto existe a versão paga da API,

que não será levado em consideração por conta do objetivo principal do projeto de ser uma aplicação com o menor custo possível. Esse serviço possui várias API's que podem ser incorporadas à aplicação dependendo de cada caso, sendo Google Maps JavaScript API, Google Maps API for Flash, Google Earth API dentre outros.

Como o objetivo dessa inovação é permitir o usuário se localizar entre os pontos de coleta e principalmente identificar a rota mais rápida até a cooperativa desejada para entrega dos materiais coletados, iremos utilizar a Maps SDK for Android, por ser o modo de comunicação da linguagem que estamos desenvolvendo o aplicativo. Essa API nos permite marcar pontos como nossos ícones, desenhar círculos, polígonos, desenhar trajetos dentre outros.

Para utilização dessa API, a aplicação deve conter uma chave de autenticação, sem ela não podemos incorporar o mapa. Podemos conseguir a chave gratuitamente, porém ela tem suas limitações. Para obter a chave devemos:

1. Ter uma conta do Google. Será utilizada a conta específica cadastrada na carreta;
2. Acessar o link para a página da Google Maps API ([GOOGLE, 2021](#));
3. Ativar a Google Maps API;
4. Obter a chave de autenticação;

Dentre as funcionalidades disponibilizadas pela API, os seguintes módulos serão utilizados:

Módulo	Descrição	Valor
Dynamic Maps	Exibe mapas interativos e personalizáveis	Gratuito para Dispositivos Móveis
Directions	Mostra rotas de transporte público, bicicleta, carro e a pé	US\$5 por 1.000 solicitações
Autocomplete	Adiciona previsões de locais por digitação antecipada de acordo com o local ou pesquisas geográficas baseadas em texto	US\$17 por 1.000 solicitações

Levando em consideração os valores acima, a Google disponibiliza U\$ 200 (duzentos dólares) mensais para utilização das requisições dentro da API mobile, onde em relação a aplicação temos os seguintes limites, podendo remanejar esses números de acordo com a necessidade e/ou tamanho da frota de catadores na cooperativa, sempre respeitando o valor disponibilizado de forma gratuita pela provedora Google:

Quantidade de Cata-dores	Requisições diárias	Total de requisições mensais
15	20	9000

- 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 consciência sobre as políticas de coleta seletiva internas de cada ponto.

Para o desenvolvimento dessa funcionalidade, utilizaremos a biblioteca react-native-get-location para realizar a coleta da localização atual da carroça e não ser mais uma funcionalidade que irá usufruir dos poucos créditos disponibilizados gratuitamente pela Google Maps API, além de utilizar a biblioteca react-native-email para gerenciar o envio do email com o conteúdo registrado das coletas para o email cadastrado.

- BLE (Bluetooth Low Energy): Nossa aplicativo irá receber as informações que precisa da Carroça Elétrica através de uma conexão Bluetooth Low Energy com o microcontrolador ESP32. Como estamos utilizando o React Native para o desenvolvimento, utilizaremos a biblioteca *react-native-ble-manager* para estabelecer essa conexão e manipulação dos dados.

O Bluetooth SIG (a organização que escreve o padrão) descreveu como se comunicar com um módulo Bluetooth LE. Para isso, eles implementaram o perfil GATT (Perfil de Atributo Genérico) para maximizar o benefício do sistema BLE. Este perfil descreve como se comunicar entre uma central (nesse caso o telefone) e um periférico (os sensores).

Com o perfil de comunicação GATT, você pode ver um chip Bluetooth LE (BLE) como um grupo de serviços, que possuem características para cada um deles, onde cada característica possui descritores.

Cada serviço possui características que são propriedades dele. Você pode ler / escrever / assinar sobre essas características. Para descrever quais são essas características, existem os descritores para cada uma delas. Esses descritores são metadados característicos. Eles dão mais informações sobre eles.(ASALI, 2018)

Levando em consideração a utilização do BLE para o projeto da Carroça Elétrica, essa seria a estrutura a ser comunicada entre o aplicativo e o microcontrolador:

Serviços	Características	Descritores
CarrocaEletrica	velocidade, cargaBateria, autonomiaBateria, peso, setaDireita, setaEsquerda, freio	velocidade: numérico, cargaBateria: numérico, autonomiaBateria: numérico, peso: numérico, setaDireita: booleano, setaEsquerda: booleano, freio: booleano

Para ler uma característica, seguimos o seguinte esquema de comunicação:

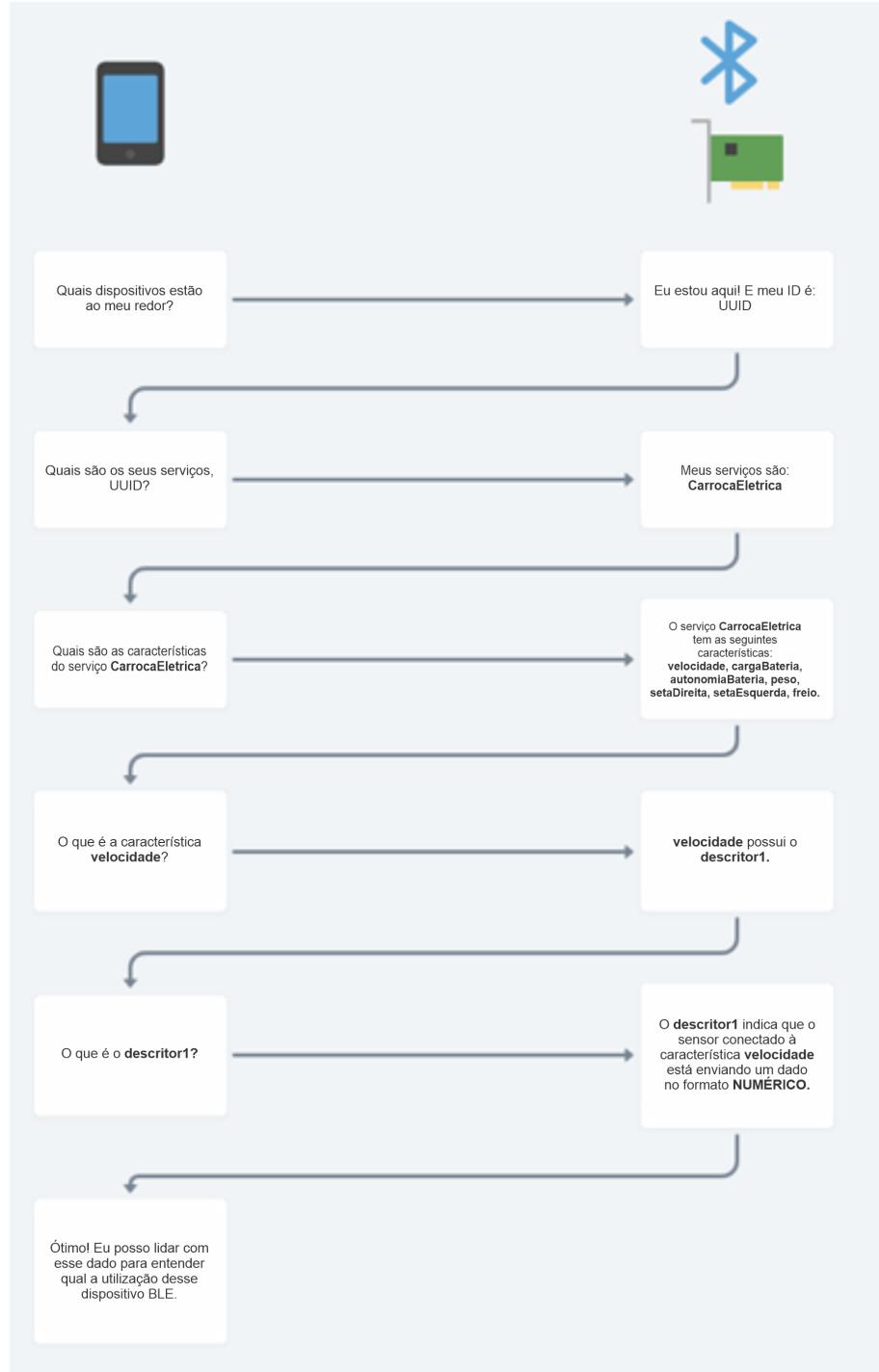


Figura 87 – Esquema de conexão BLE entre celular e microcontrolador

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.

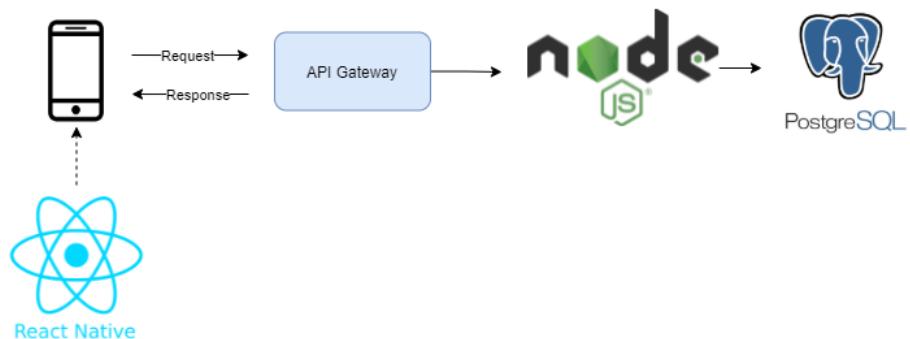


Figura 88 – Visão Geral da Arquitetura

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.

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 40).

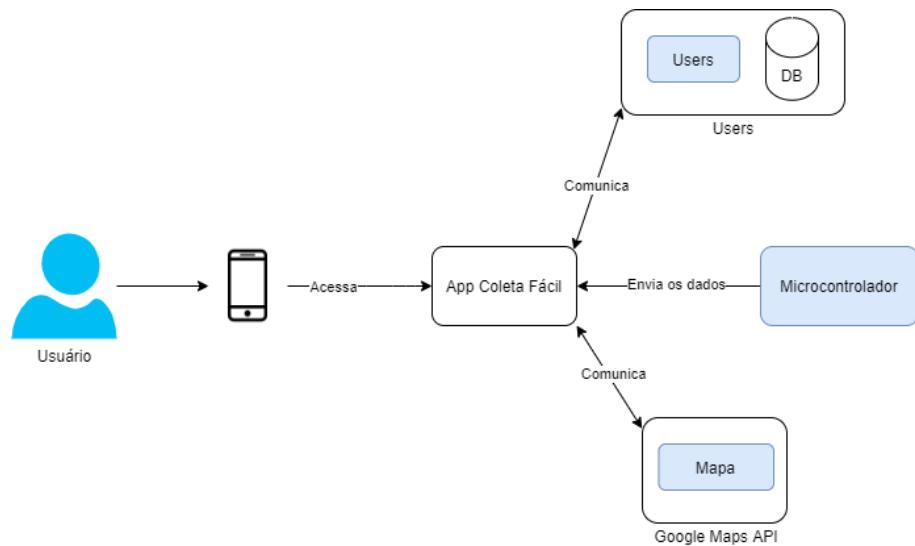


Figura 89 – Diagrama de Relacionamentos do aplicativo

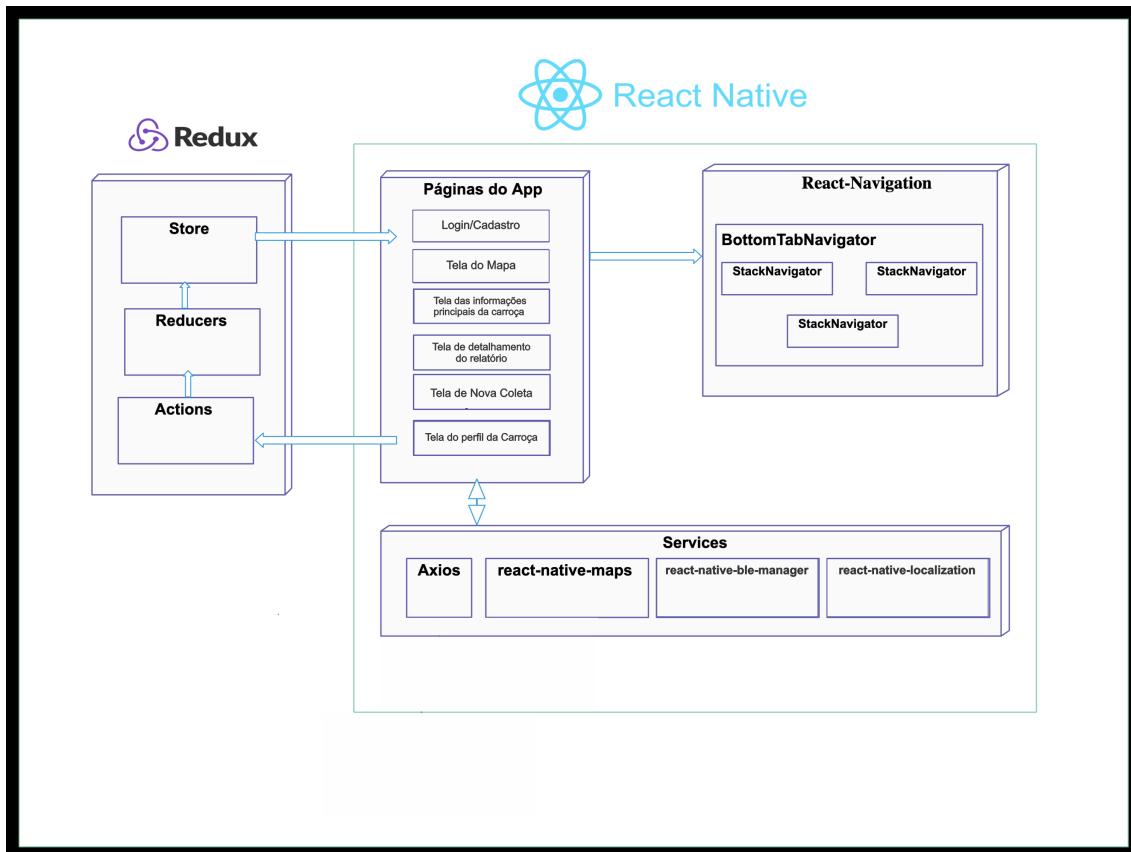


Figura 90 – Diagrama de Arquitetura do react native no aplicativo

6.3.2 Diagrama de Arquitetura do React Native

6.3.3 Visão de Casos de Uso

Caso de Uso	Descrição
UC01 - Cadastro	A cooperativa cadastra 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 para o desenvolvimento do aplicativo, será utilizada uma biblioteca de 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.

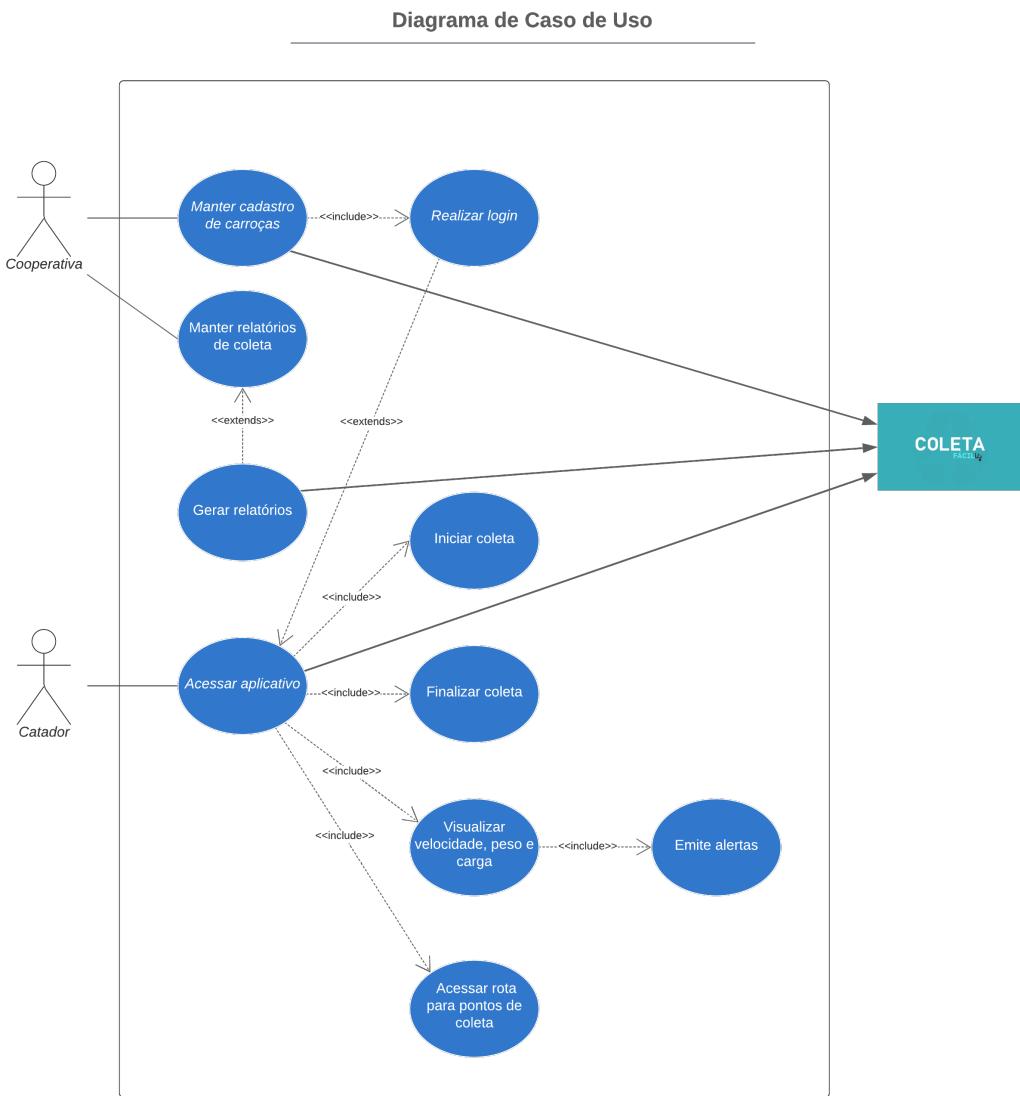


Figura 91 – Diagrama de Casos de Uso

6.3.5 Restrições Arquiteturais

As restrições de arquitetura são:

- A arquitetura do aplicativo foi pensada de maneira que é necessária a conexão com a internet para funcionamento completo das funcionalidades de MAPA, RELATÓRIO e NOVA COLETA (Restrições ao usuário).
- A arquitetura do aplicativo foi pensada de maneira que é necessária a ativação das funções BLUETOOTH e LOCALIZAÇÃO do celular para funcionamento completo de todas as funcionalidades (Restrições ao usuário).
- A arquitetura do aplicativo foi pensada de maneira que é necessário ter uma conta na Play Store para funcionamento do MAPA.

- Possuir a plataforma atualizada para a última versão que o software requer;

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

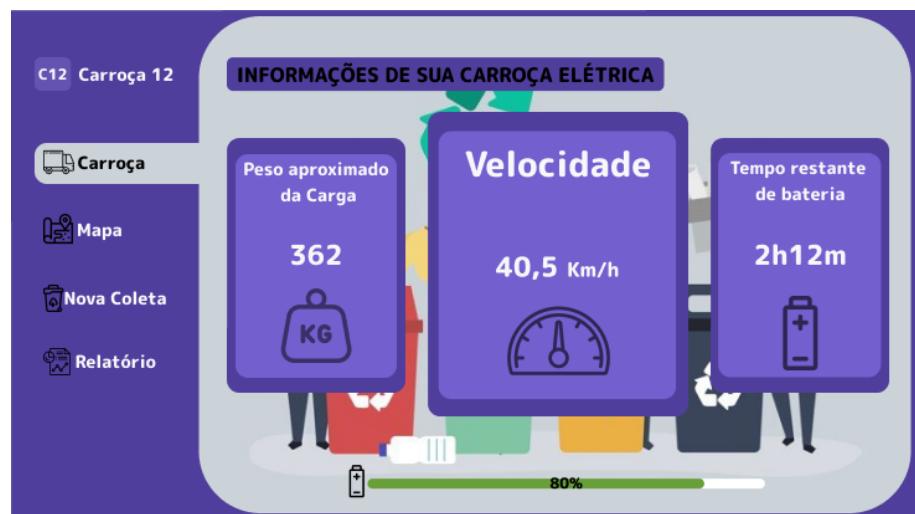


Figura 92 – Tela inicial do aplicativo



Figura 93 – Alerta de redirecionamento ao Maps

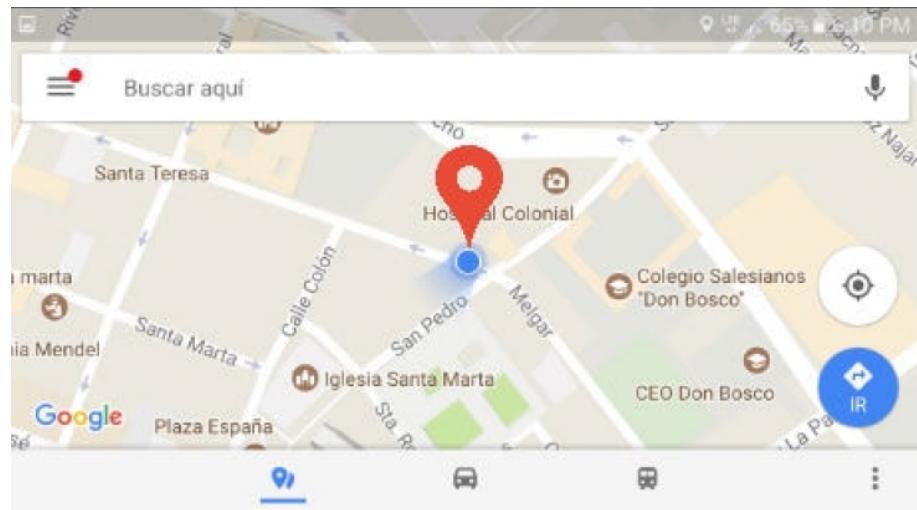


Figura 94 – Tela do mapa



Figura 95 – Tela de nova coleta



Figura 96 – Tela de nova coleta 2



Figura 97 – Tela de Relatório

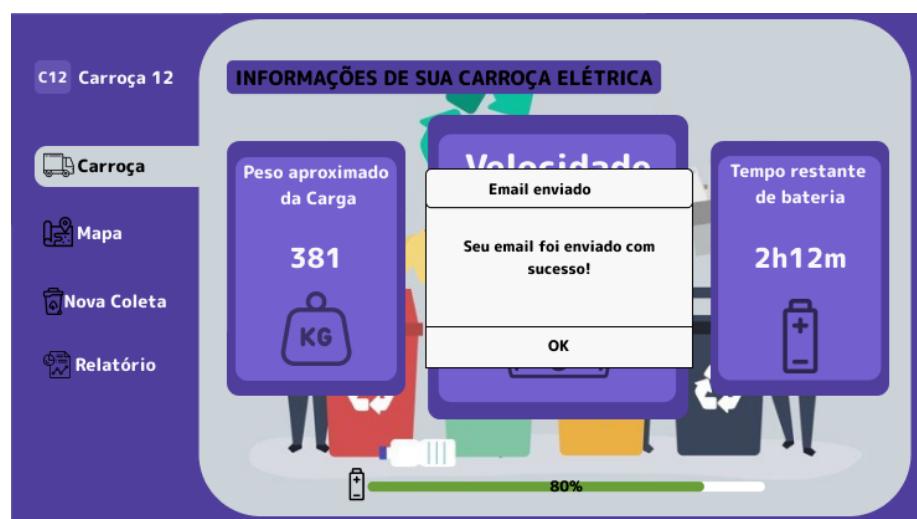


Figura 98 – Tela de Confirmação de E-mail enviado

6.4.2 Protótipo de Alta Fidelidade



Figura 99 – Tela inicial do aplicativo



Figura 100 – Tela de cadastro

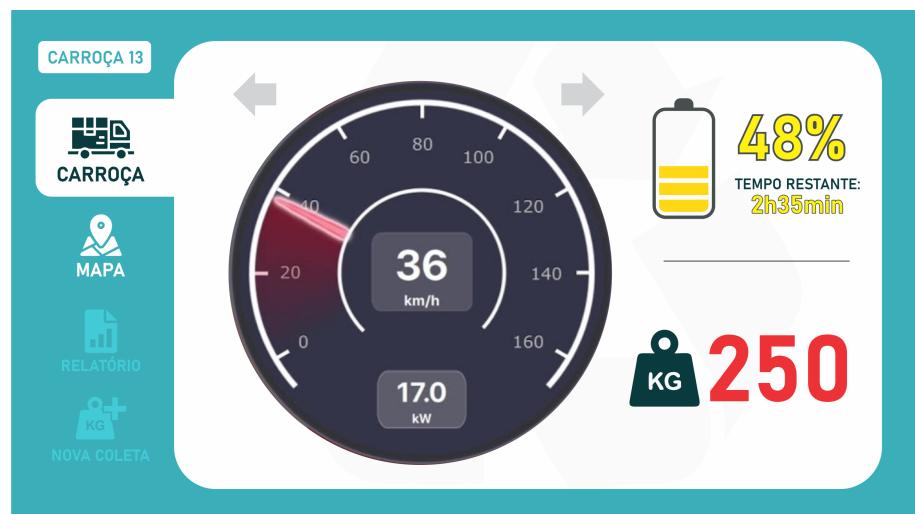


Figura 101 – Tela principal

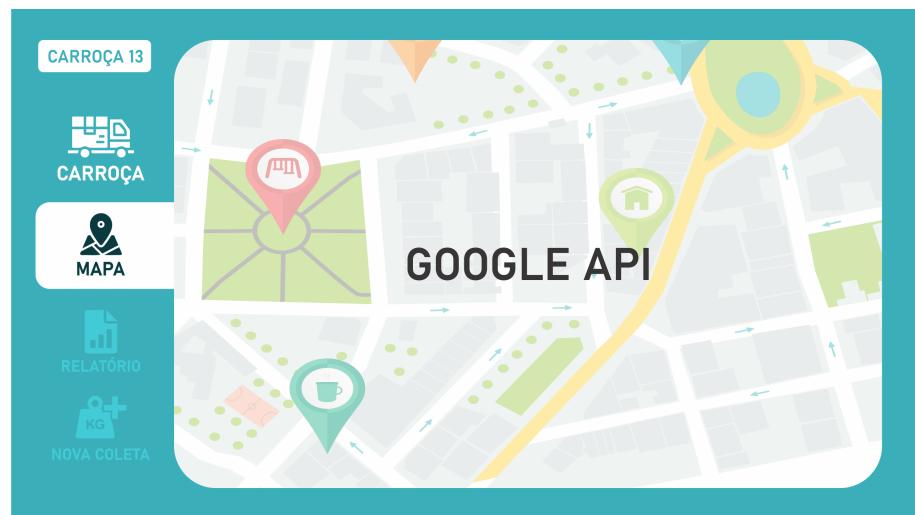


Figura 102 – Tela do mapa

A screenshot of a mobile application interface. On the left, there is a vertical sidebar with four items: 'CARROÇA 13' (highlighted in white), 'CARROÇA' (with a truck icon), 'MAPA' (with a location pin icon), and 'NOVA COLETA' (with a scale icon). The main area displays a table titled 'Coleta' (Collection) with four rows of data. An 'EXPORTAR PARA EMAIL' (Export to Email) button is located at the bottom of the table area.

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

Figura 103 – Tela do relatório gerado



Figura 104 – Tela de nova coleta

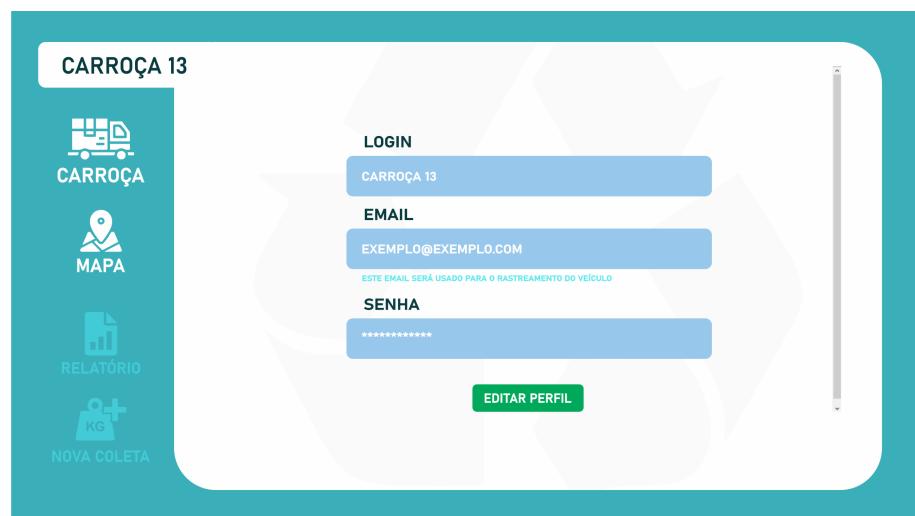


Figura 105 – Tela do perfil da carroça

6.4.3 Referências

Visando um conhecimento mais aprofundado sobre as tecnologias e especificação para o desenvolvimento da aplicação e do relatório como um todo, foram usadas as seguintes referências:

- ([WORKS, 2020](#))
- ([SHAMIL, 2019](#))
- ([DEVMEDIA, 2018](#))
- ([ENGINEERS, 2018](#))
- ([COLEMAN, 2020](#))
- ([IDEIAS, 2021](#))
- ([GOOGLE, 2021](#))
- ([INNOVEIT, 2021](#))
- ([TIAANDUPLESSIS, 2020](#))

7 Visão Geral do Produto

Neste capítulo será apresentado a visão geral de todo o veículo abordando sua contextualização sobre a que foi proposto, seguindo para a suas funcionalidades tendo dito os seus benefícios que ele atenderá e sobre tudo isso como foi executado a integração entre os componentes eletrônicos, estruturais e energéticos do veículo.



Figura 106 – Vista Geral do veículo



Figura 107 – Vista lateral do veículo

Figura 108 – Vistas do Veículo

7.1 Perspectiva do Produto

O produto coleta feliz é uma carroça elétrica, que funciona de maneira, pedalando ou de forma elétrica, captando os dados dos sensores de velocidade e pesagem e os armazenando no microcontrolador, onde esses dados serão processados e enviados para fomentar relatórios para o aplicativo de uso da população para avaliar a velocidade que está sendo movimentada o veículo. Há no mercado, outros produtos como o do projeto da ONG cataki o qual a carroça é movimentada empurrando e tem a opção do catador em áreas íngremes ele acionar o motor e ajuda lo no deslocamento.

Visto que muito deles percorrem longas distâncias foi pensado que esse auxílio elétrico do veículo possa ser suprido por todo seu percurso de trabalho.

7.2 Resumo das capacidades

Na tabela abaixo, resume os benefícios para o cliente e descreve as características que possibilitam o benefício.

Benefícios	Recursos de suporte
Acompanhamento da velocidade em tempo real	O sensor Hall vai calcular a velocidade a partir das rotações dos pneus traseiros
Acompanhamento da pesagem da carga na carroça	o par de sensor de carga vai dizer qual é o peso que a carroça está carregando
Estrutura leve	Estrutura feita de chapa de alumínio o qual o peso dela é pequeno
Fácil manutenção	A carroça foi elaborada levando em consideração a facilidade da manutenção

7.3 Arquitetura de integração

De acordo com que foi abordado no projeto segue a arquitetura de integração de todas as engenharias

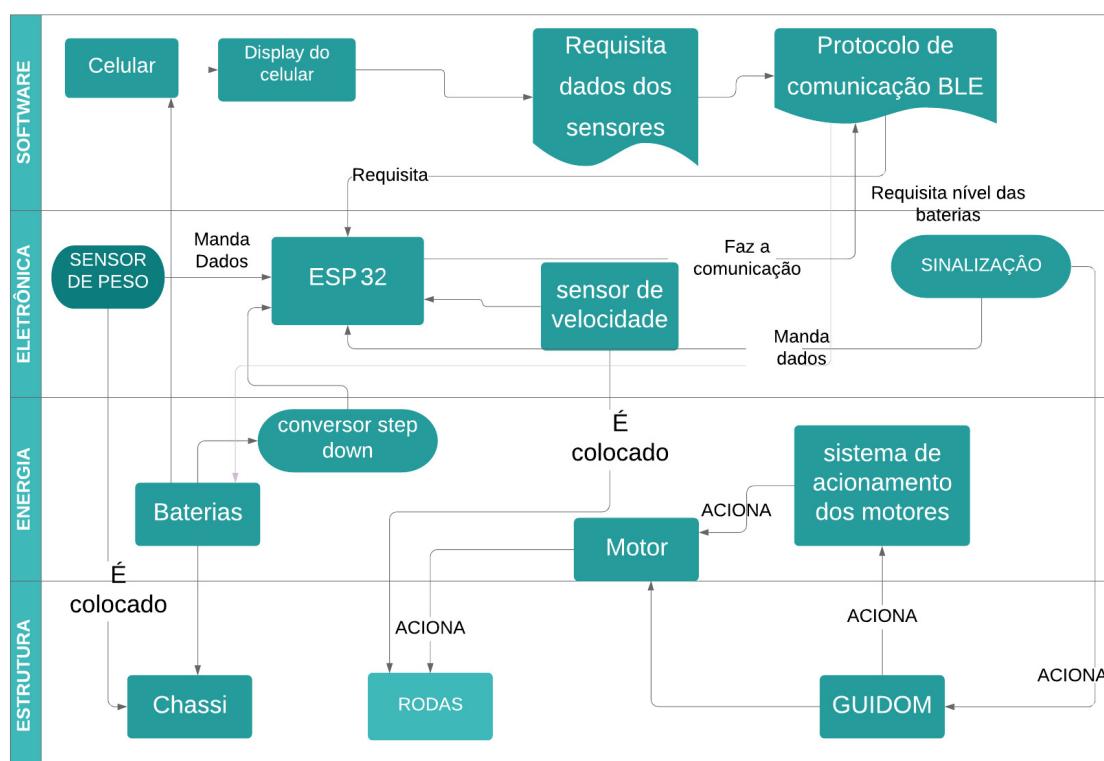


Figura 109 – Diagrama de integração

7.3.1 Localização da Sinalização do Veículo

A sinalização do veículo como foi optada as lâmpadas semelhantes de reboques pode ser visto na figura 110 a aplicação também de um adesivo reflexivo para melhor visualização em trânsito do veículo.

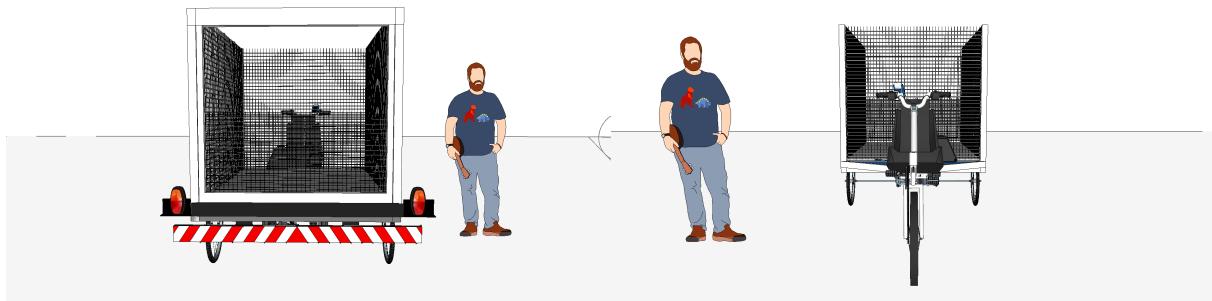


Figura 110 – Vista traseira do veículo

Figura 111 – Vista frontal do veículo

Figura 112 – Vistas da sinalização do veículo

7.3.2 Integração PCI Central com Periféricos

A placa será instalada atrás do banco onde se localiza o *case* para cobertura e proteções dos componentes internos, para caso de que o veículo possa ser conduzindo mesmo em ambiente umidos com chuva forte.

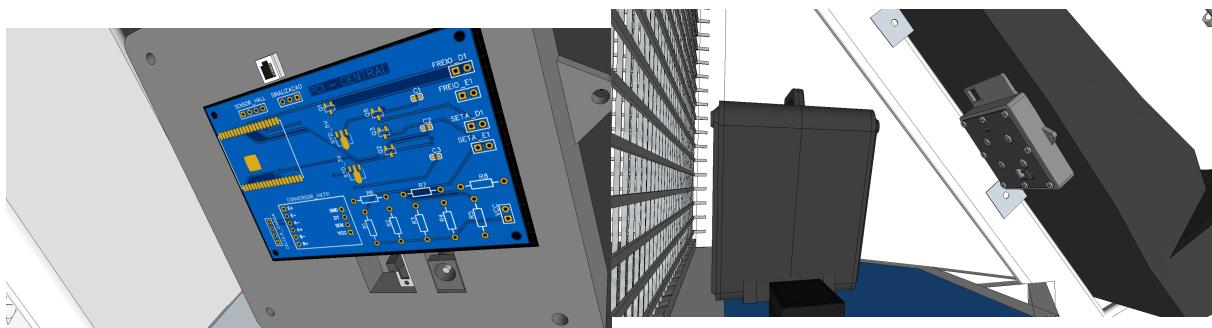


Figura 113 – Posicionamento da Placa

Figura 114 – Vista do *Case* onde a placa está inserida.

Figura 115 – Vistas do posicionamento onde a placa será instalada atrás do banco sem especificações de medida

7.3.3 Localização dos Periféricos da Placa no Veículo

Alguns periféricos como o Smartphone Embarcado e os manetes serão posicionados no guidão do veículo procurando atender melhora visibilidade da via atrelada a sua ergonomia e conforto na hora da condução.

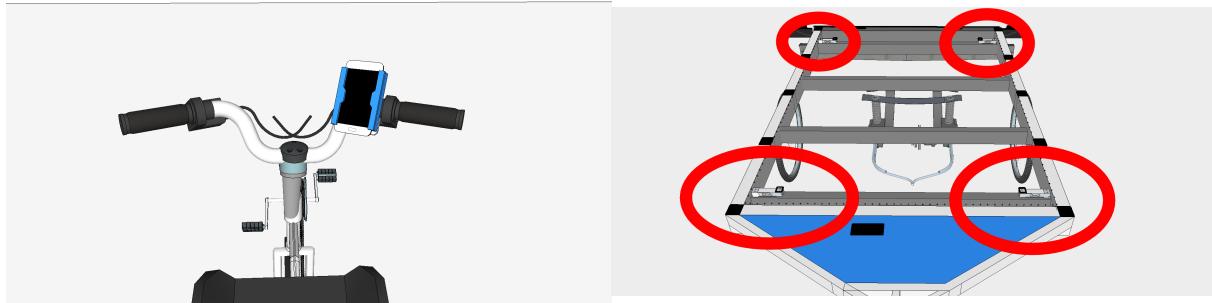


Figura 116 – Local do Smartphone Embarcado e manetes.

Figura 117 – Posicionamento das Células de Carga

Figura 118 – Vistas do posicionamento de alguns periféricos da placa

Para o caso das células de carga que vai realizar o sensoriamento do peso adicionado a caçamba do veículo, foi escolhido os cantos da caçamba visando atender melhor uma uniformidade da movimentação que será exercida sobre a chapa quando adicionada o peso.

7.3.4 Localização das Baterias

As baterias serão posicionadas atrás do banco permitindo uma melhor manuseabilidade quando necessário realizar a recarga do banco de bateria.

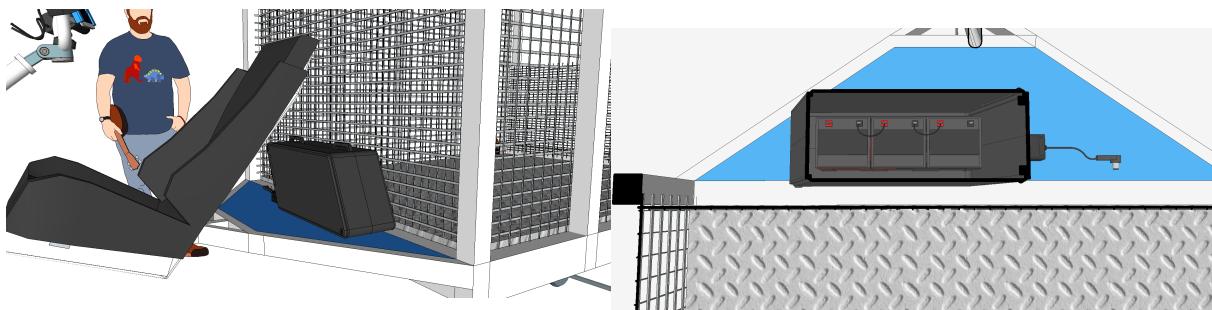


Figura 119 – Posicionamento do banco de bateiras e o case atrás do banco.

Figura 120 – Posicionamento das 3 Baterias vista em corte superior

Figura 121 – Vistas do Banco de Baterias

7.4 Suposições e dependências

O projeto depende das normas vigentes das bicicletas elétricas da resolução 315 do CONTRAN, publicada no ano de 2009, a qual equipara toda bicicleta elétrica a ne-

cessidade de placas com motor a gasolina acima 50 cilindradas e velocidade máxima de 50 km/h. Os dados coletados pelos sensores deverão ser armazenados e processados para, por fim serem disponibilizados no aplicativo, a fim de cumprir isso será necessário um banco de dados e um sistema de comunicação entre o microcontrolador e o celular. Com o processamento dos dados poderão ser feitos os cálculos da velocidade, pesagem e nível de bateria do veículo e enviados para o aplicativo. Haverá a integração com o bluetooth, envio de notificações e acompanhamento de status dos dados requeridos no display do celular. Além dos sensores para a captação dos dados, o sistema vai depender de 2 baterias em paralelo, onde ela vai auxiliar os sensores e o motor elétrico da carroça.

7.5 Custos e especificação

O capítulo 8, descreve os custos básicos para o desenvolvimento do produto. Vale ressaltar que as baterias são muito específicas, são estrangeiras e são suscetíveis a frete e valor do dólar comercial.

7.6 Licenciamento e regulamento

As licenças são contratos de uso e aquisição de software, pois estes são conteúdos intelectuais e estão protegidos por direitos autorais. A licença que será utilizada no Coleta fácil é a MIT, que é permissiva e free. Seu uso obriga a divulgação da licença com o código e a indicação de mudanças significativas. Para o uso da aplicação do Coleta Fácil será necessário realizar um download que estará disponível para celulares somente com sistema android. Para o uso do aplicativo e coletar os dados dos sensores tem que estar com o bluetooth ativo e conectado no sistema BLE.

7.7 Recursos do Produto

Capacidade de medição de velocidade da carroça em km/h variando a velocidade de acordo com manete do guidão e cada 1km/h. Há também o cálculo da pesagem em Kg de até 1 tonelada e vai mudando no display a cada 1 km/h

7.8 Restrições do produto

O coleta fácil é indicado para áreas urbanas e ambiente externo, não deve-se se instalar dentro de ambientes fechados e ambientes de clima extremo. Também para que se tenha pleno funcionamento é necessário que as baterias estejam completamente carregadas e se não ocorrer não é possível assegurar a autonomia energética.

8 Análise de Custo

8.1 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 CI- SIL
Banco estilo arquibancada acolchoado	1	150	150	CIPLA BRA- SIL
<u>*Está incluído o suporte da bateria, o suporte do eixo e motor.</u>				

8.2 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

8.3 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

Item	Quantidade	Valor Unitário em Dólar ()	Valor Total em Reais (R)	Valor Total	Fornecedor
Motor Brushless 1200 W	1	70,99	396,54	396,54	BestEquip
Módulo Controlador Elétrico	1	50,49	282,03	282,03	Keenso
Bateria Íon-Lítio 24V 20 Ah	3	327,99	1826,00	5478,00	Aegis Battery
Carregador para Bateria	1	26,99	150,78	150,78	Aegis Battery
Conversor DC/DC Step Down	2	0	52,34	104,68	XWST
Fusível Amarelo Claro 20A	1	0	0,50	0,50	
Fusível Verde 30 A	1	0	0,50	0,50	
Fusível Preto 1 A	5	0	10,07	50,35	ArsolComp
Fusível Violeta 35 A	1	0	0,50	0,50	
Fusível Amarelo 5 A	1	0	0,50	0,50	
Cabo 4mm rolo de 10 metros	1	0	48,39	48,39	VoltFlex

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

8.4 Custos de Software

8.4.1 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

8.4.2 Ferramentas

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

8.4.3 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).

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

8.5 Análise de Viabilidade do Projeto

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

Referências

- ABDULLAH, M. A. et al. Ergonomic study on human-powered vehicles. *Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknikal Malaysia Melaka*, Hang Tuah Jaya 76100, Durian Tunggal, Melaka, Malaysia, 2017. Citado 4 vezes nas páginas 1, 6, 35 e 36.
- ALUMINIO, A. *Catálogo Geral de Perfis*. 2021. <<https://www.asaaluminio.com.br/assets/arquivos/catalogo-perfis-asa-2019.pdf>>. (Accessed on 09/16/2021). Citado na página 51.
- AMBIENTE, M. do M. *Catadores de materiais recicláveis*. 2015. <<https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis.html>>. (Accessed on 08/28/2021). Citado na página 16.
- AQUINO, I. F. d.; JR, A. B. d. C.; PIRES, T. S. D. L. A organização em rede dos catadores de materiais recicláveis na cadeia produtiva reversa de pós-consumo da região da grande florianópolis: uma alternativa de agregação de valor. *Gestão e Produção*, SciELO Brasil, v. 16, p. 15–24, 2009. Citado na página 17.
- ASALI. *ESP32 BLE - Bluetooth Low Energy sending data to phone*. 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=NZi7ykalZhc&ab_channel=Asali>. Citado na página 120.
- AVALLONE, e. a. E. A. *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers 11th Edition*. New York: Mc-Graw Hill, 2007. 9-4 p. ISBN 0-07-142867-4. Citado na página 56.
- BATERIAS, S. *Li-Ion - Strema Baterias*. 2012. <<https://stremabaterias.com.br/produto/modelo/117/>>. (Accessed on 10/21/2021). Citado 3 vezes nas páginas 3, 94 e 95.
- BICYCLE; BIKES. *Recumbent Bicycles - The Advantages and Disadvantages*. 2021. <<https://www.bicycle-and-bikes.com/bicycle-buying-guide/recumbent-bicycles/>>. (Accessed on 09/28/2021). Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- BRASILIENSE, C. *Cooperativas assinam contratos para trabalhar nos galpões de reciclagem*. 2018. <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2018/01/16/interna_cidadesdf,653599/cooperativas-assinam-contratos-para-trabalhar-nos-galpoes.shtml>. (Accessed on 09/19/2021). Citado na página 18.
- CICHANSKI, M. W. A. Ergonomics analysis of anthropo-technical systems in the environment of catia program. University of Technology and Live Sciences in Bydgoszcz, 2014. Citado 4 vezes nas páginas 1, 6, 34 e 35.
- CIDADES-DF. *Cadastramento de condutores de veículos de tração animal vai até novembro*. 2020. <<https://www.correiobraziliense.com.br/cidades-df/2020/10/4883925-cadastramento-de-condutores-de-veiculos-de-tracao-animal-vai-ate-novembro.html>>. (Accessed on 08/28/2021). Citado na página 16.

- CODIGO DE TRANSITO BRASILEIRO. *Seção I - Disposições Gerais, Art. 105:* Capitulo ix - dos veiculos. <https://www.ctbdigital.com.br/artigo/art105>, 2008. Citado na página 18.
- COLEMAN, D. *Bluetooth Low Energy (BLE) Central Plugin for Apache Cordova*. 2020. <<https://github.com/don/cordova-plugin-ble-central>>. Citado na página 133.
- DEVMEDIA. *Introdução à Google Maps API*. 2018. <<https://www.devmedia.com.br/introducao-a-google-maps-api/26967>>. Citado na página 133.
- ELEUTERIO, J. *Distrito Federal tem 11% dos catadores de recicláveis do país*. 2020. <<https://www.correiobraziliense.com.br/cidades-df/2020/11/4891464-distrito-federal-tem-11--dos-catadores-de-reciclaeis-do-pais.html>>. (Accessed on 08/28/2021). Citado na página 16.
- ENGINEERS, C. [LIGHTNING TALK] Radek Czemerys - Building Bluetooth powered React Native App. 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=H2wpUyCdSqY&ab_channel=CallstackEngineers>. Citado na página 133.
- ERLANDSSON, J. *Fuel cell Armadillo: demo project verifying 300 km range*. 2017. <<https://www.velove.se/news/fuel-cell-armadillo-demo-project-verifying-300-km-range>>. (Accessed on 09/28/2021). Citado 2 vezes nas páginas 1 e 33.
- ESPRESSIF. *ESP32 WROVER DATASHEET*. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wrover_datasheet_en.pdf, 2021. Citado na página 75.
- FILHO, M. S. *Engrenagens - Geometria e Projeto*. [S.l.]: LTC, 2007. ISBN 8521634447. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 55.
- GAMA, M. *Essenciais e mal pagos, catadores movem reciclagem - 26/11/2020 - UOL ECOA*. 2020. <<https://www.uol.com.br/ecoa/columnas/mara-gama/2020/11/26/essenciais-e-mal-pagos-catadores-movem-reciclagem.htm>>. (Accessed on 08/28/2021). Citado na página 16.
- GOOGLE. *Google Maps Platform*. 2021. <<https://cloud.google.com/maps-platform>>. Citado 2 vezes nas páginas 119 e 133.
- GUERRA, M. V. R. *Desenvolvimento e Análise de um Projeto de Feixe de Molas*. 2016. <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/19818/1/2016_MarcusViniciusRochaGuerra_tcc.pdf>. (Accessed on 09/14/2021). Citado na página 59.
- IDEIAS, B. com. *Bluetooth BLE: A tecnologia que conecta*. 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=8GklthyZcR4&ab_channel=BrincandocomIdeias>. Citado na página 133.
- INNOVEIT. *react-native-ble-manager*. 2021. <<https://github.com/innoveit/react-native-ble-manager>>. Citado na página 133.
- JOHNSTON, B. *Resistência dos Materiais*. [S.l.]: AMGH Editora, 2010. Citado 3 vezes nas páginas 43, 50 e 52.

LEE Y.L.; PAN, J. H. R. B. M. *Fatigue Testing and Analysis: Theory and Practice*. [S.l.]: Amsterdam: Elsevier, 402p., 2005. Citado 3 vezes nas páginas 1, 45 e 46.

LOAD-CELL-CENTRAL. *Load Cell*. Disponível em: <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 80.

LOADCELL conversor. *Conversor Célula de Carga HX711*. Disponível em: <<https://www.curtocircuito.com.br/modulo-conversor-celula-de-carga-hx711.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 81.

LOADCELL funcionamento. *Funcionamento Célula de Carga*. Disponível em: <<https://dewesoft.com/br/aquisicao-de-dados/medir-peso-com-carga-celula-sensores>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 80.

LOADCELL hx711. *Balança com Célula de Carga e HX711*. 2019. Disponível em: <<https://www.curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20Arduino/balanca-com-celula-de-carga-e-hx711>>. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 82.

LÍDER BALANÇAS. *Célula de Carga - CDI*. <https://www.liderbalancas.com.br/app/assets/files/2018/08/especificacoes-1534273946.pdf>, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 82.

METALON. *Catálogo Web*. 2021. <<https://www.metalon.com.br/novo/wp-content/catalogos/catalogo-web.pdf>>. (Accessed on 09/16/2021). Citado na página 51.

MILLER, M. C. et al. Calculation of rear brake power and rear brake work during skidding on paved and gravel cycling surfaces. *Journal of Science and Cycling*, v. 8, n. 3, p. 33–38, 2019. Citado na página 58.

NEODIMIO, I. . *Tecnologia Motor Elétrico na Bike / imãs de neodímio*. 2021. <<https://www.imaeneodimio.com.br/fisica/tecnologia-motor-elettrico-na-bike-elettrica/>>. (Accessed on 10/21/2021). Citado 2 vezes nas páginas 3 e 91.

NSC2. *Eurocode design factors and limits – newsteelconstruction.com*. 2003. <<https://www.newsteelconstruction.com/wp/eurocode-design-factors-and-limits/>>. (Accessed on 10/02/2021). Citado na página 46.

PROJETISTA, O. manual do. *Cálculo de transmissão por corrente - Passo a Passo*. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=yUpghqn68HU>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 56.

REGISTRADA, B. *Freios a disco para bicicletas de estrada: tudo o que você precisa saber*. 2021. <<https://blog.bikeregistrada.com.br/freios-a-disco-para-bicicletas-de-estrada/>>. (Accessed on 10/07/2021). Citado na página 57.

ROSS, R. *Top 5 Recumbent Bike Benefits (And How To Choose The Best Recumbent Bike)*. 2016. <<https://www.icebike.org/recumbent-bike-benefits/>>. (Accessed on 09/28/2021). Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.

SHAIKH, M. A. Design of an electric golf cart with batteries solar panel for 6 seat capacity. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, v. 06, n. 2, p. 2103–2122, 2019. Citado na página 58.

- SHAMIL. *Integrating Google Maps into React Native App on Android*. 2019. <<https://medium.com/@samil.mehdiyev/integrating-google-maps-into-react-native-app-on-android-40c984c0e4f2>>. Citado na página 133.
- SHOCKMETAIS. *Tabelas de medidas, pesos e informações técnicas - Shockmetais*. 2021. <<https://shockmetais.com.br/tabelas/aluminio/chapa-x>>. (Accessed on 09/14/2021). Citado na página 48.
- SOUZA, M. A. et al. Análise das atividades laborais de catadores de materiais recicláveis organizados em associação no bairro de santa rosa, campina grande-pb. 2014. Disponível em: <<https://www.ib eas.org.br/congresso/Trabalhos2014/III-039.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 17.
- SOUZA, M. T. S. d.; PAULA, M. B. d.; SOUZA-PINTO, H. d. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. *Revista de Administração de Empresas*, SciELO Brasil, v. 52, p. 246–262, 2012. Citado na página 17.
- STRUCTX. *Plate Supported on all corners with UDL*. 2021. <https://structx.com/Plate_Formulas_014.html>. (Accessed on 10/02/2021). Citado 4 vezes nas páginas 2, 46, 47 e 48.
- TIAANDUPLESSIS. *react-native-email*. 2020. <<https://github.com/tiaanduplessis/react-native-email>>. Citado na página 133.
- WORKS, C. *Bluetooth Low Energy Client on a React Native Application*. 2020. <<https://catalin.works/blog/bluetooth-low-energy-client-on-react-native-application/>>. Citado na página 133.

Apêndices

APÊNDICE A – Termo de Abertura do Projeto (TAP)

A.1 Lista é/Não é

A.1.1 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;

A.1.2 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;

A.2 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.

A.2.1 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 18 – Vantagens e Desvantagens Fonte: Autores.

A.2.2 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).

A.2.2.1 Produtos Concorrentes

A.3 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 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 122, A divisão dos alunos no projeto e suas respectivas funções serão conforme a Tabela 19.

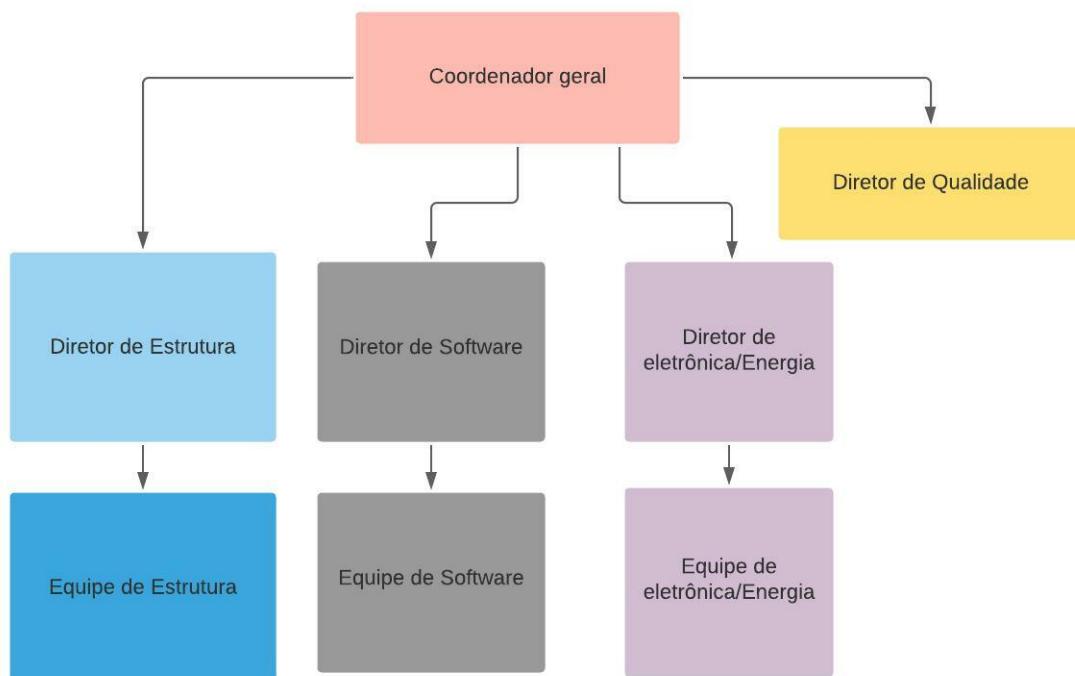


Figura 122 – Coordenação geral . Fonte: Autores.

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 Moraes	Desenvolvedor
Miguel Henrique de Oliveira Alves	Desenvolvedor
Raphael de Almeida Southall	Desenvolvedor
Thiago Martins De Sousa	Desenvolvedor
Victor Rodrigues Silva	Desenvolvedor

Tabela 19 – Alunos Fonte: Autores.

A.3.1 Equipe

A relação dos aluno no projeto e suas respectivas engenharias e números de matrícula seguem conforme a Tabela 20.

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	15/0018614
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 20 – Alunos Fonte: Autores.

A.3.2 Professores

A relação dos docentes no projeto e suas respectivas áreas de atuação serão conforme a Tabela 21:

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 21 – Professores Fonte: Autores.

A.3.3 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.

APÊNDICE B – Riscos

B.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 22.

ID	Risco	Consequência
1	Desistência da disciplina	Sobreregar 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 22 – Riscos Gerais do Projeto. Fonte: Autores.

Cada setor possui uma análise específica de riscos, que são descritos nas tabelas 23, 25 e 27

B.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 23 – Riscos de Estrutura do Projeto. Fonte: Autores.

B.2.0.1 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 24 – Análise de Risco e ações de Estrutura. Fonte: Autores.

B.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 25 – Risco de Eletrônica. Fonte: Autores.

B.3.0.1 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 esperar até que a reconexão seja esta-belecida. Com emissão de alerta no visor que o sistema está desconec-tado.	2	3	2	12

Tabela 26 – Análise de Risco e ações de Eletrônica .Fonte: Autores.

B.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 27 – Risco de Energia. Fonte: Autores.

B.4.0.1 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 28 – Análise de Risco e ações de Energia .Fonte: Autores.

APÊNDICE C – Gerenciamento

C.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.

C.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.

C.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.

C.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

C.4 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

C.4.1 EAP do Ponto de Controle 1

Para o Ponto de Controle 1, foram definidas as atividades previstas na Figura 124.

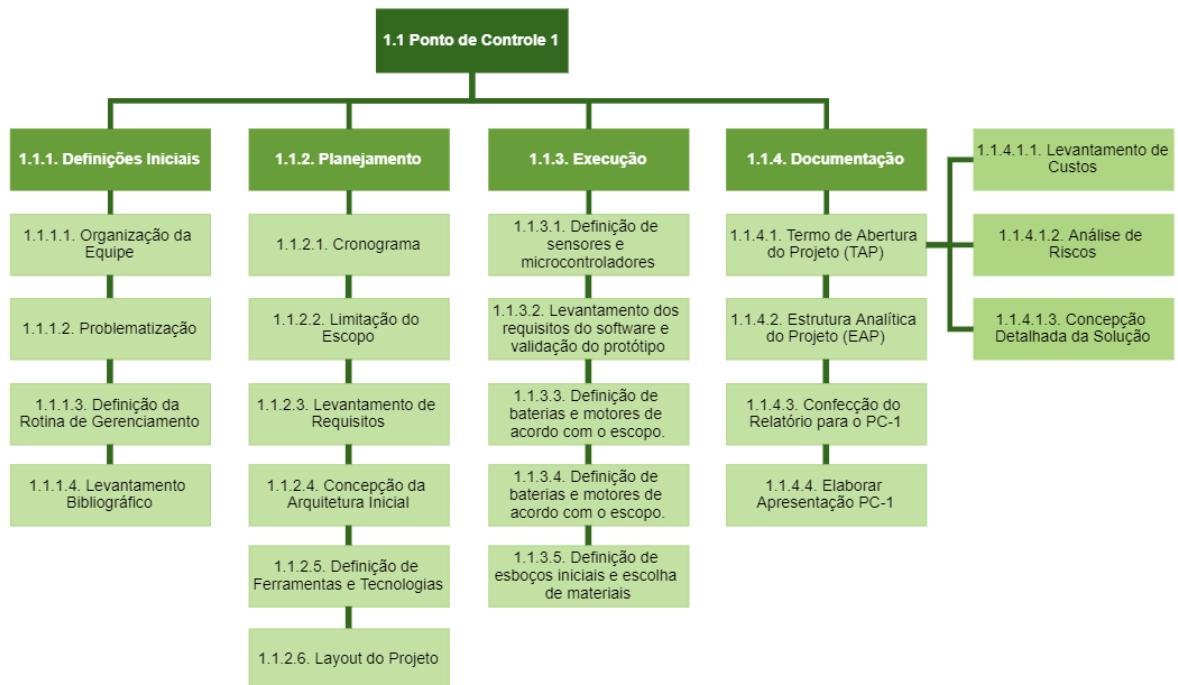


Figura 123 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 1. Fonte: Autores.

C.4.2 EAP do Ponto de Controle 2

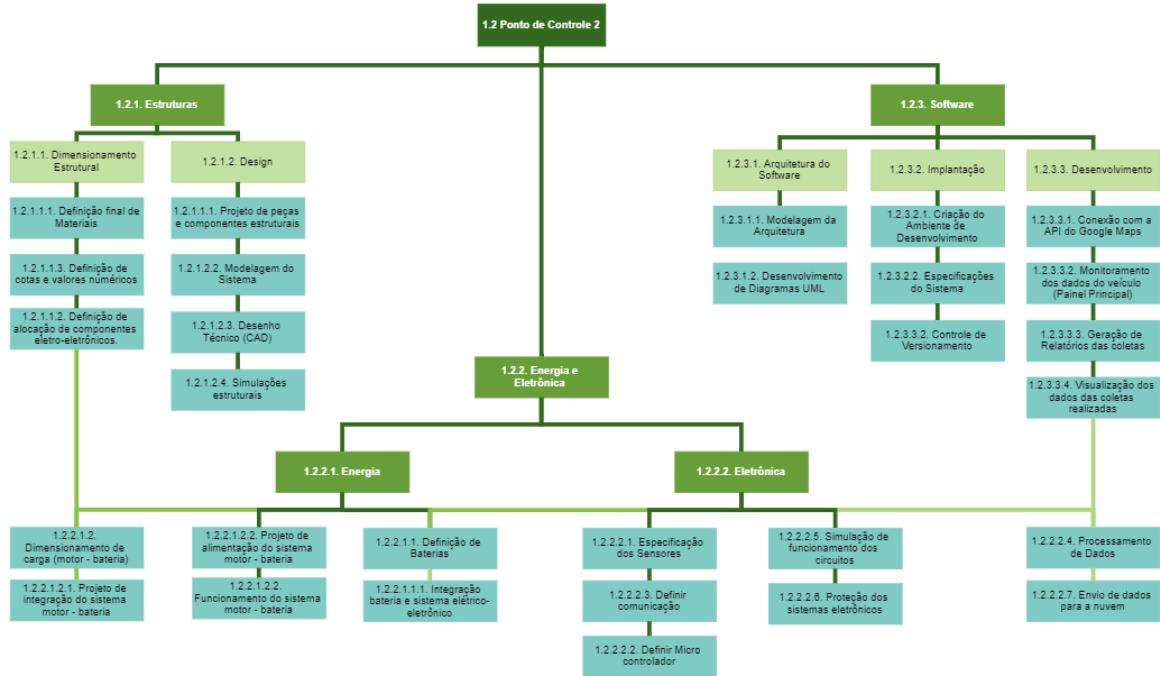


Figura 124 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 2. Fonte: Autores.

C.4.3 EAP do Ponto de Controle 3

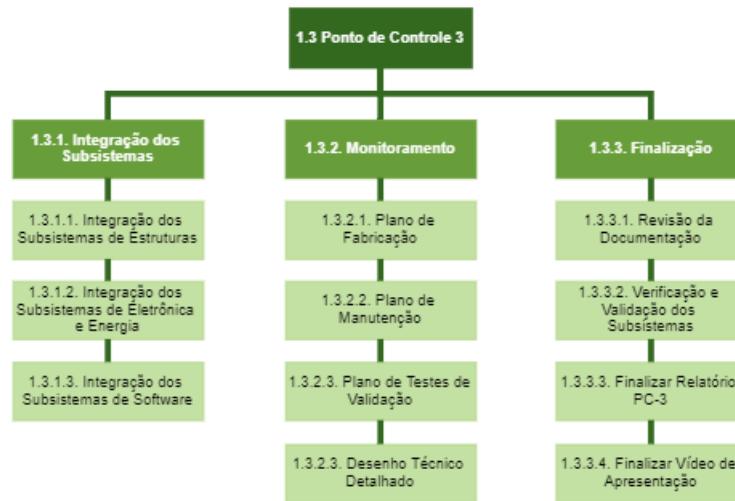


Figura 125 – Estrutura Analítica de Projeto - Ponto de Controle 3. Fonte: Autores.

C.4.4 EAP do Projeto Todo

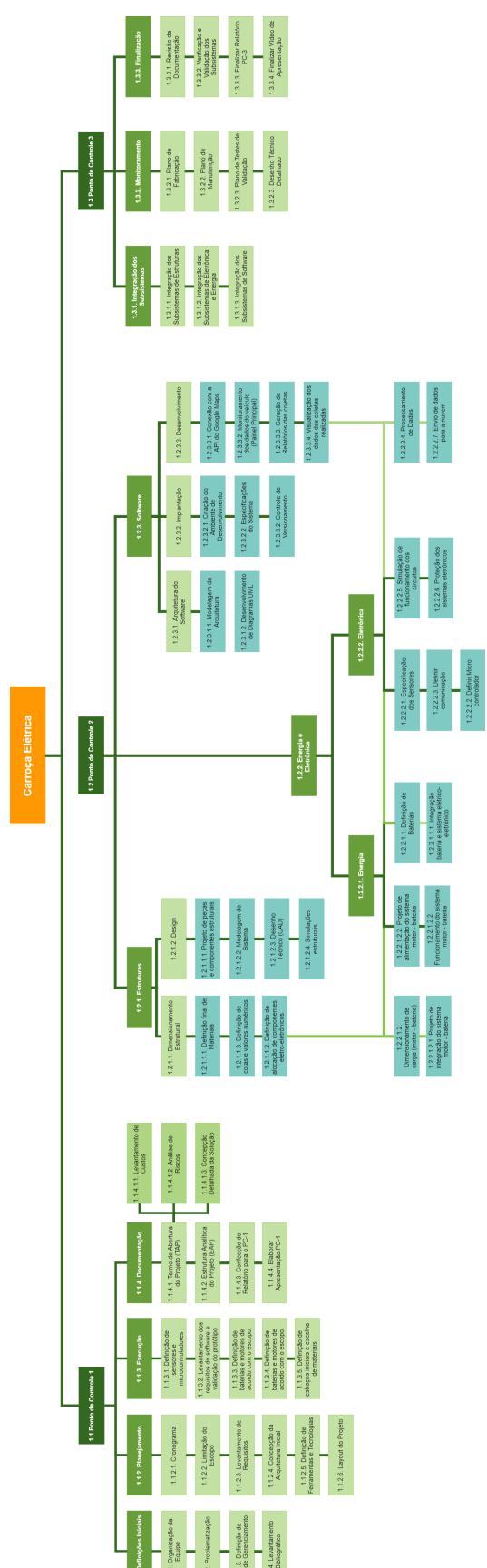


Figura 126 – Estrutura Analítica de Projeto. Fonte: Autores.

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 29 – 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 30 – Reuniões Gerais Fonte: Autores.

C.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 29.

C.6 Reuniões

C.6.0.1 Reuniões Gerais

As reuniões gerais estão programadas conforme a Tabela 30.

C.6.0.2 Reuniões da Gerência

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

C.6.0.3 Reuniões de Estruturas

Reuniões semanais às segundas-feiras, 17h, entre os membros da Equipe, para alinhamento de projeto.

C.6.0.4 Reuniões de Eletrônica

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

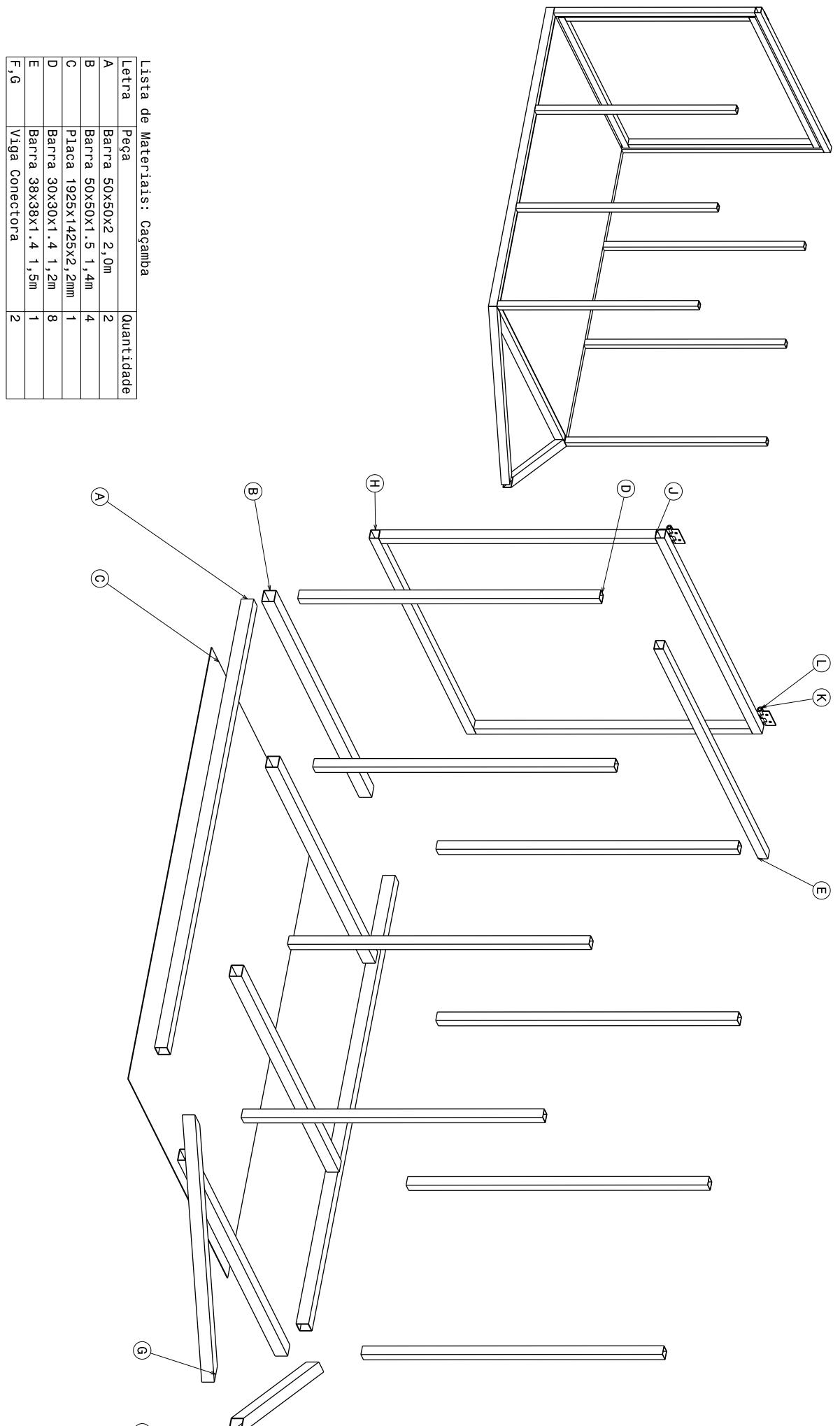
C.6.0.5 Reuniões de Energia

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

C.6.0.6 Reuniões de Software

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

APÊNDICE D – Estruturas - Desenhos Técnicos



Lista de Materiais: Caçamba

Letra	Peça	Quantidade
A	Barra 50x50x2 2,0m	2
B	Barra 50x50x1,5 1,4m	4
C	Placa 1925x1425x2,2mm	1
D	Barra 30x30x1,4 1,2m	8
E	Barra 38x38x1,4 1,5m	1
F, G	Viga Conectora	2

TRAMO: A2
ESCALA: 1:15 PESO (kg): 22.42
PROJ.: Caçamba

FEITO POR: LUIZ Henrique F.
DATA: 20/10/2021

USINAS: ALUMÍNIO UNIDADES: MM
FEITO POR: LUIZ Henrique F.
DATA: 24/10/2021

1

2

3

4

5

6

7

8

H

H

G

G

F

F

W

W

D

D

C

C

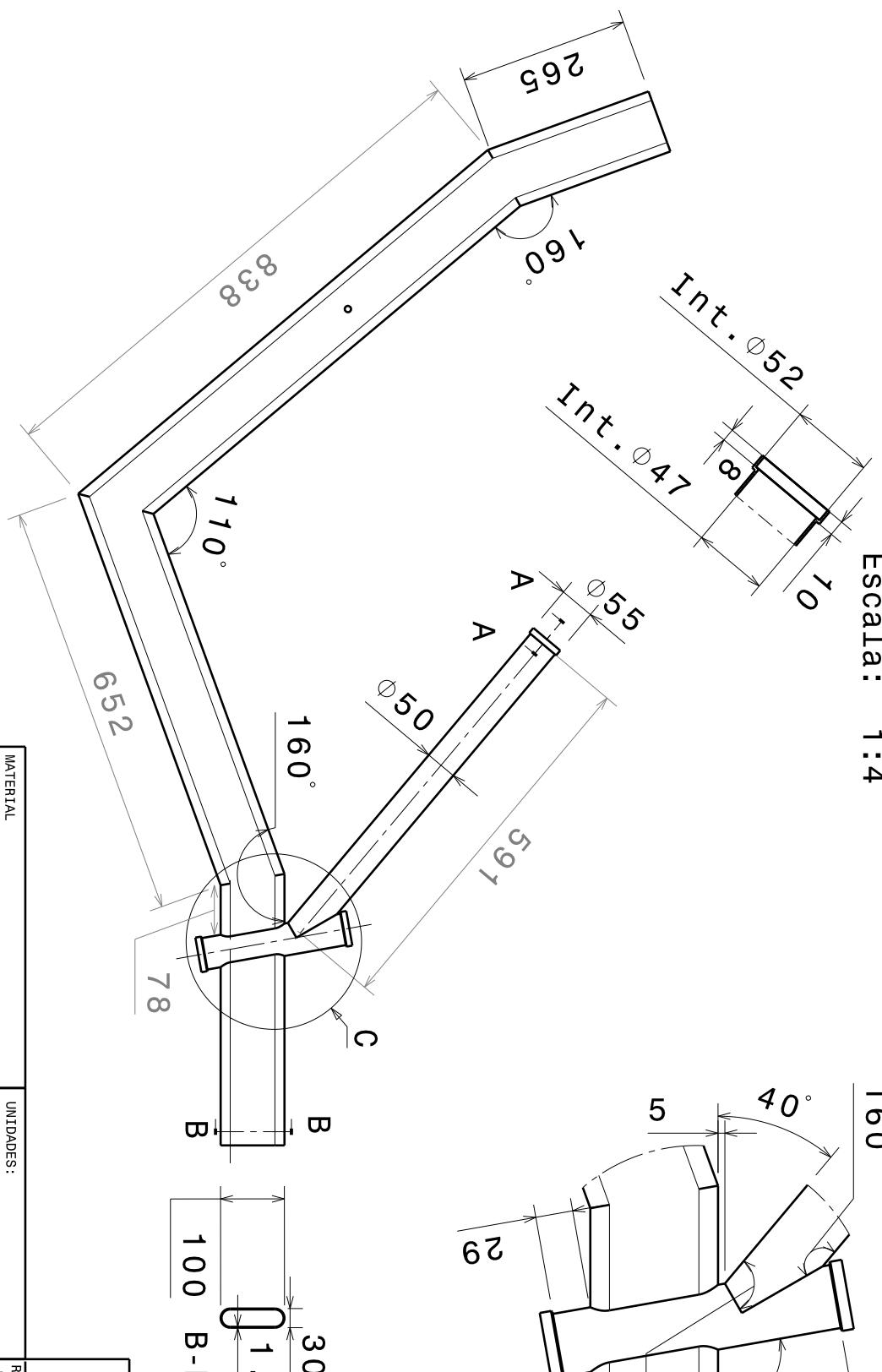
B

B

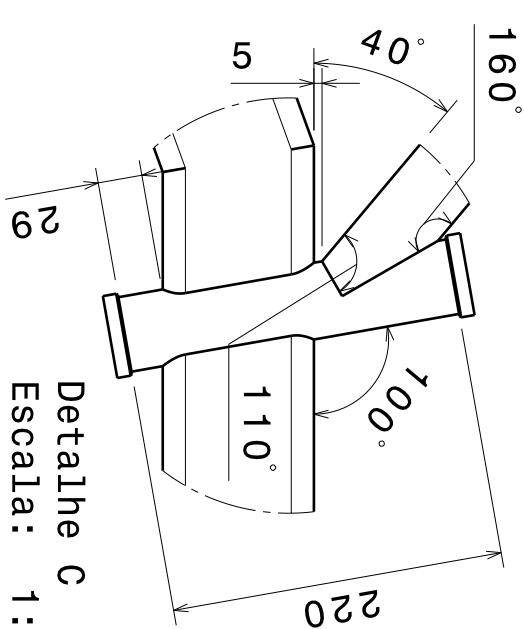
A

A

Seção A-A
Escala: 1:4



Detalhe C
Escala: 1:5



TAMANHO:
A4

Universidade de Brasília

ESCALA: PESO (kg):

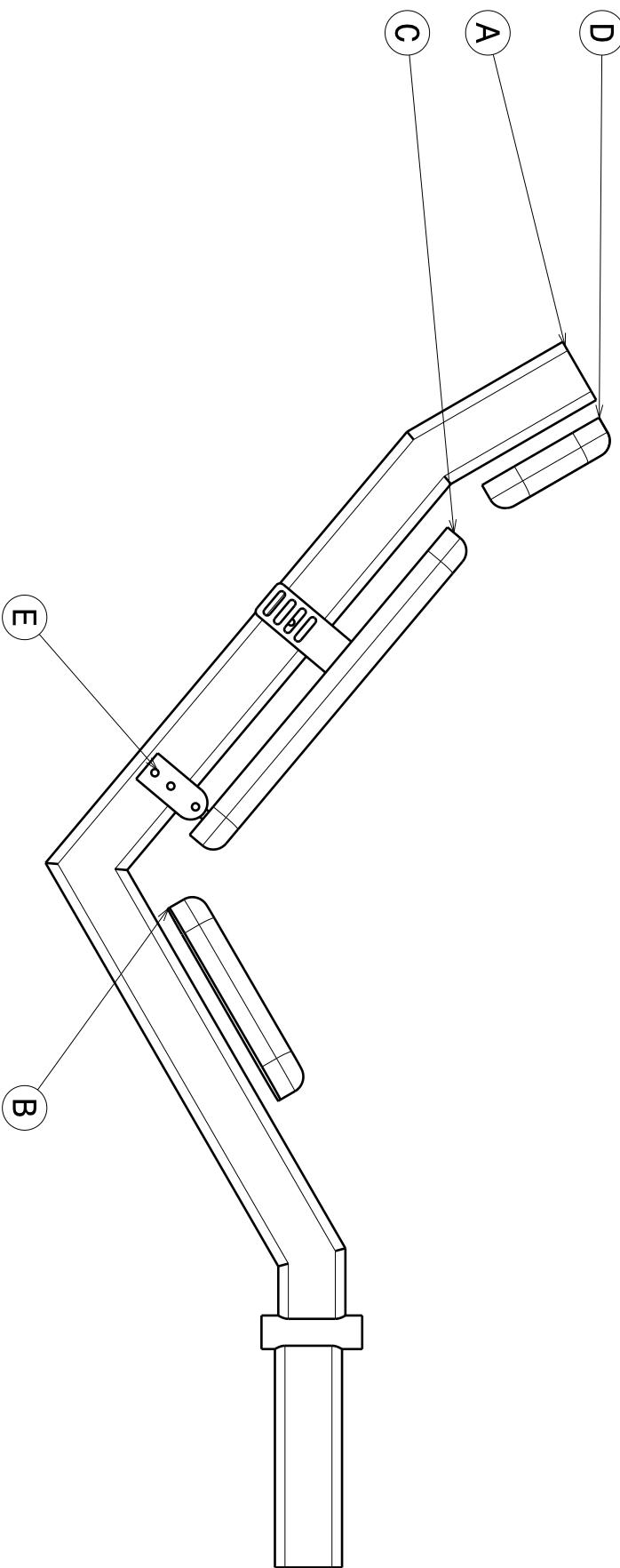
1:10 2.22

PEÇA:

Quadro

FEITO POR:
Luiz Henrique F.
DATA:
20/10/2021

REVISTADO POR:
Luiz Henrique F.
DATA:
24/10/2021



Lista de Materiais: Frente

Letra	Peça	Quantidade
A	Quadro	1
B	Assento	1
C	Encosto	1
D	Apoio	1
E	Encaixe do Encosto	1

TAMANHO:
A4

ESCALA: PESO (kg): PEÇA:

1:10 **3.5**

Universidade de Brasília

Frente

FEITO POR:
LUIZ Henrique F.
DATA:
9/19/2021
UNIDADES:
mm

D

A

1

1

2

3

4

D

C

B

A

4

D

C

B

A

50

50

4

2

Seção Transversal

Escala: 1:1

3

2

1

4

3

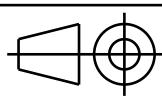
2

1

FEITO POR:
Luiz Henrique F.
DATA:
9/19/2021

UNIDADES

mm

TAMANHO:
A4

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

ESCALA:

1:4

PESO(kg)

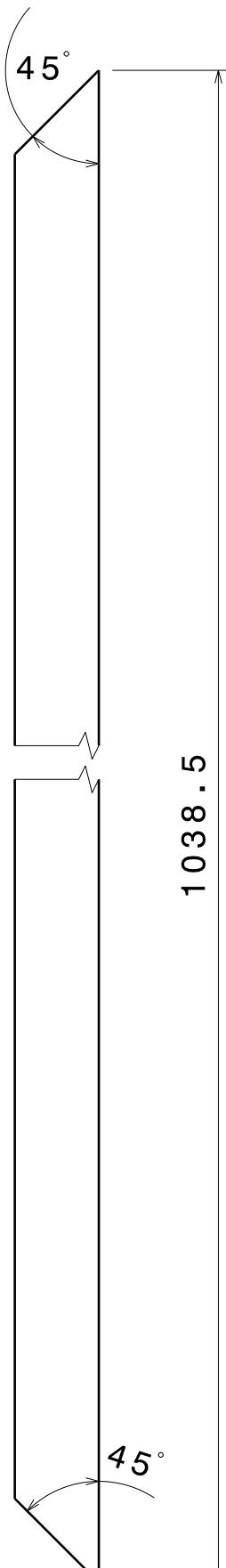
1.03

PEÇA:

Viga Conectora

D

A



Vista Lateral

D

C

B

A

4

3

2

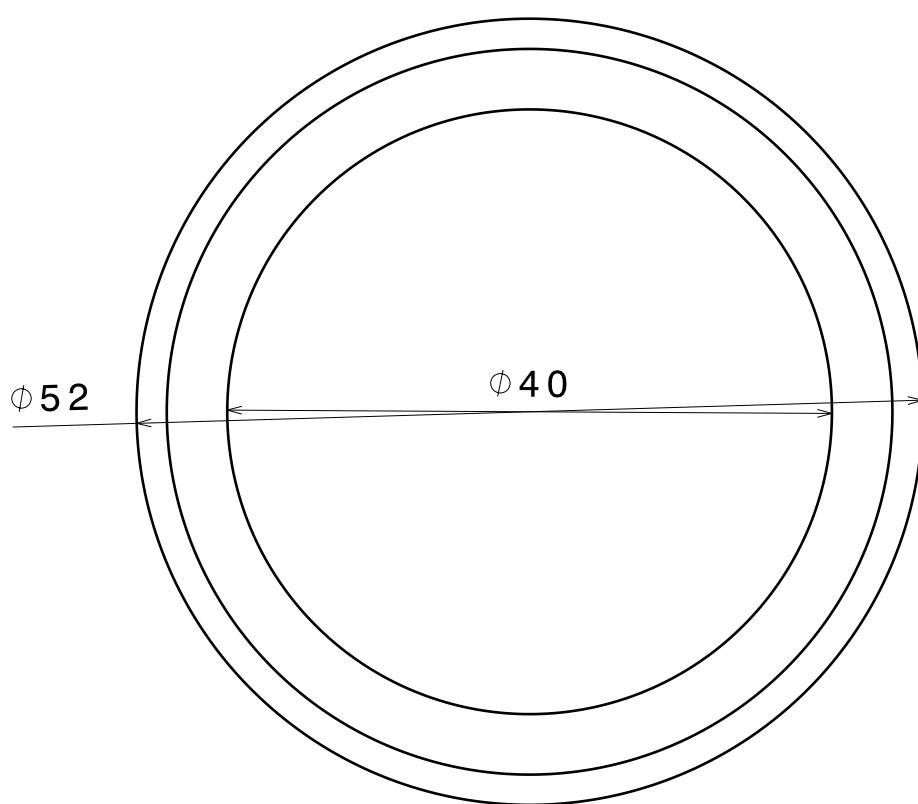
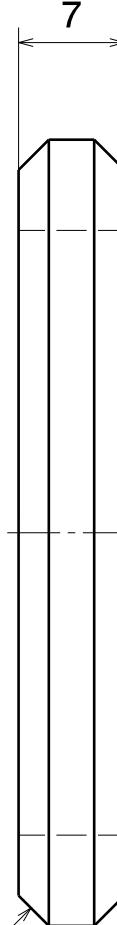
1

4

3

2

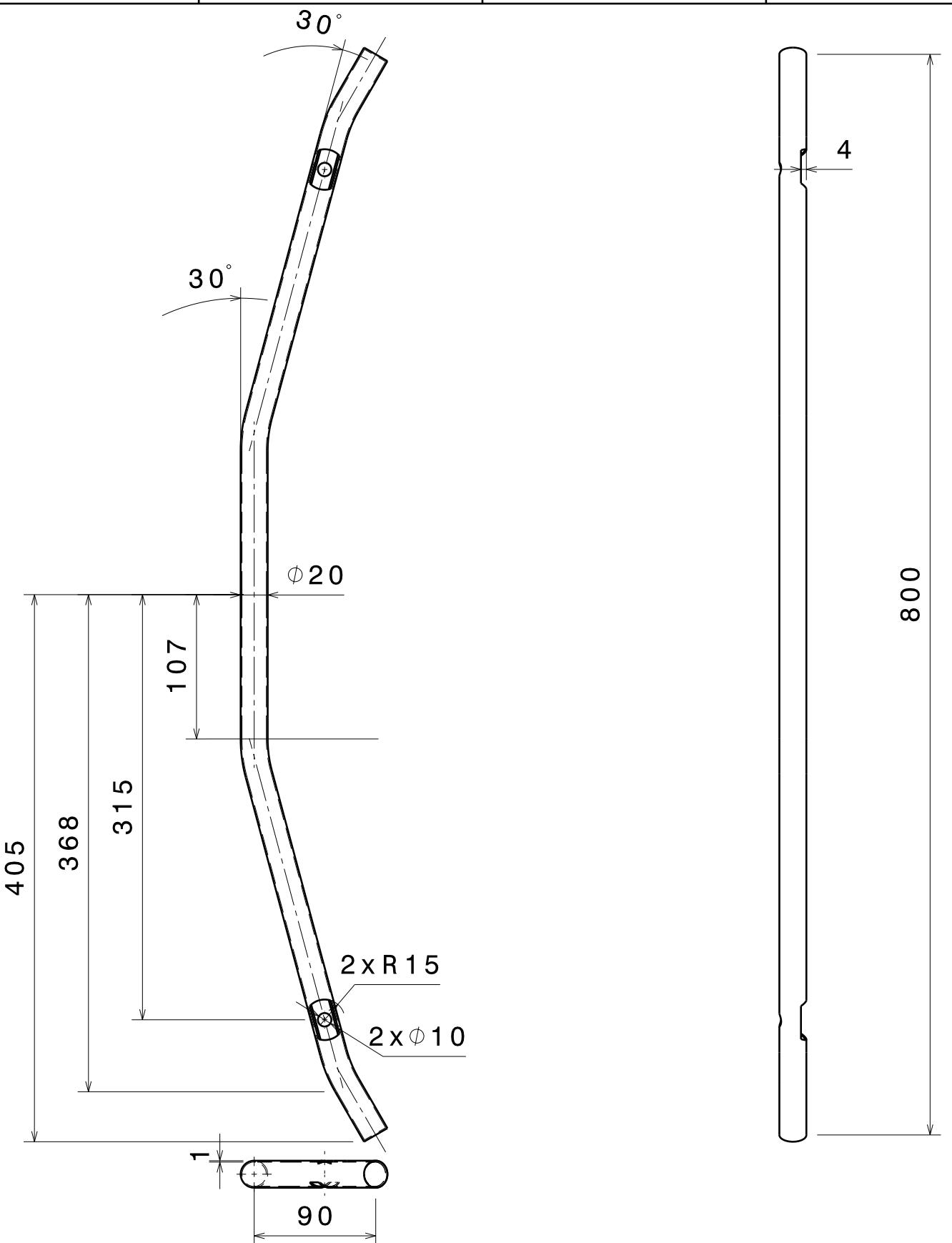
1

 $2 \times 45^\circ$ 

FEITO POR: Luiz Henrique F.	REVISADO POR: Luiz Henrique F.	UNIDADES mm	
DATA: 20/10/2021	DATA: 20/10/2021		
TAMANHO: A4		UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	
ESCALA: 1 : 1	PESO(kg) 0.04	MATERIAL Aço 1010	PEÇA: Rolamento de direção

D

A



FEITO POR: Luiz Henrique F. DATA: 20/10/2021	REVISADO POR: Luiz Henrique F. DATA: 24/10/2021	UNIDADES mm
---	--	-----------------------

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

TAMANHO:	A4		UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
ESCALA:	1 : 4	PESO (kg) 0.13	MATERIAL Alumínio

D

C

B

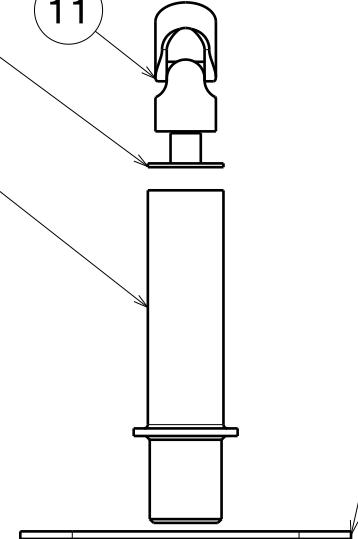
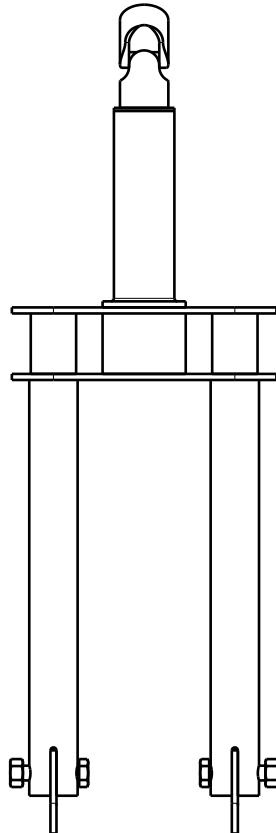
A

1

10

11

2



3

4

3

2

1

Lista de Materiais

Número	Peça	Quant.
1	Placa do Garfo-A	1
2	Tubo do Garfo	1
3	Placa do Garfo-B	1
4	Espaçador Ø30x40x1	2
5	Espaçador Ø55x40x1.5	1
6	Tubo Lateral	2
7	Pinça	2
8	Parafuso M10x45	2
9	Porca M10	2
10	Conector para DIN808	1
11	Junta DIN808	1

FEITO POR:

Luiz Henrique F.
DATA:
20/10/2021

REVISADO POR:

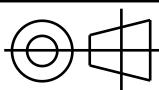
Luiz Henrique F.
DATA:
24/10/2021

UNIDADES

mm

TAMANHO:

A4



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

ESCALA:

1:4

PESO(kg)

2.15

MATERIAL

Aço 1010

PEÇA:

Garfo

8

1

9

7

5

8

D

A

D

C

B

A

4
3
2
14
3
2
1

A

2

2

A

 $\phi 40$ $\phi 38$ $\phi 34$ $\phi 38$ $\phi 55$

Seção A-A

FEITO POR:

Luiz Henrique F.
DATA:
20/10/2021

REVISADO POR:

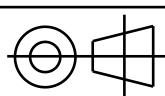
Luiz Henrique F.
DATA:
20/10/2021

UNIDADES

mm

TAMANHO:

A4



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

ESCALA:

1 : 1

PESO(kg)

0.27

MATERIAL

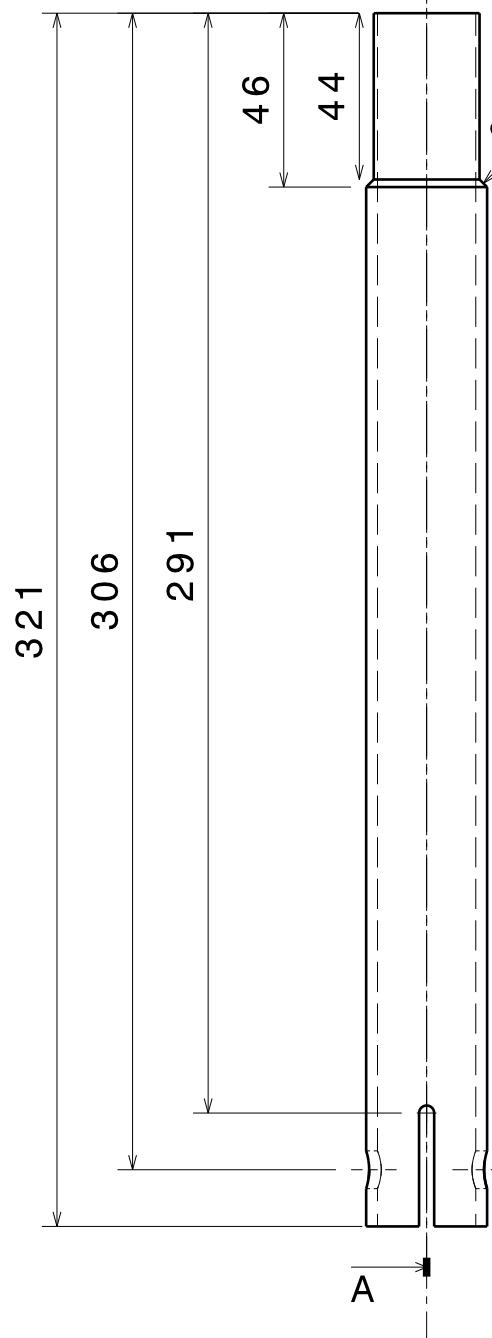
Aço 1010

PEÇA:

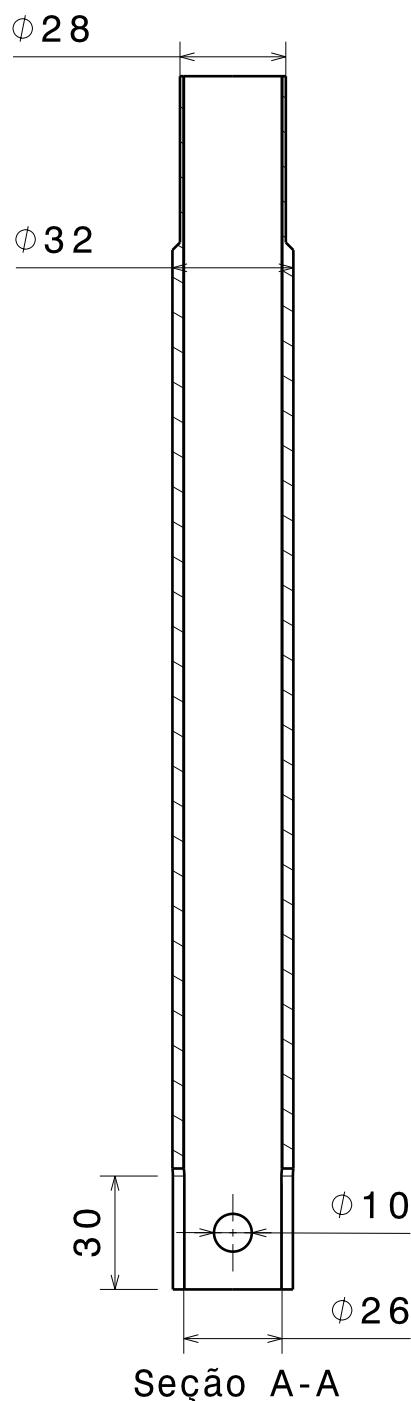
Tubo do Garfo

D

A



ch2



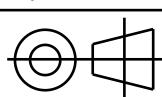
Seção A-A

FEITO POR:
Luiz Henrique F.
DATA:
20/10/2021

REVISADO POR:
Luiz Henrique F.
DATA:
24/10/2021

UNIDADES
mm

TAMANHO:
A4



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

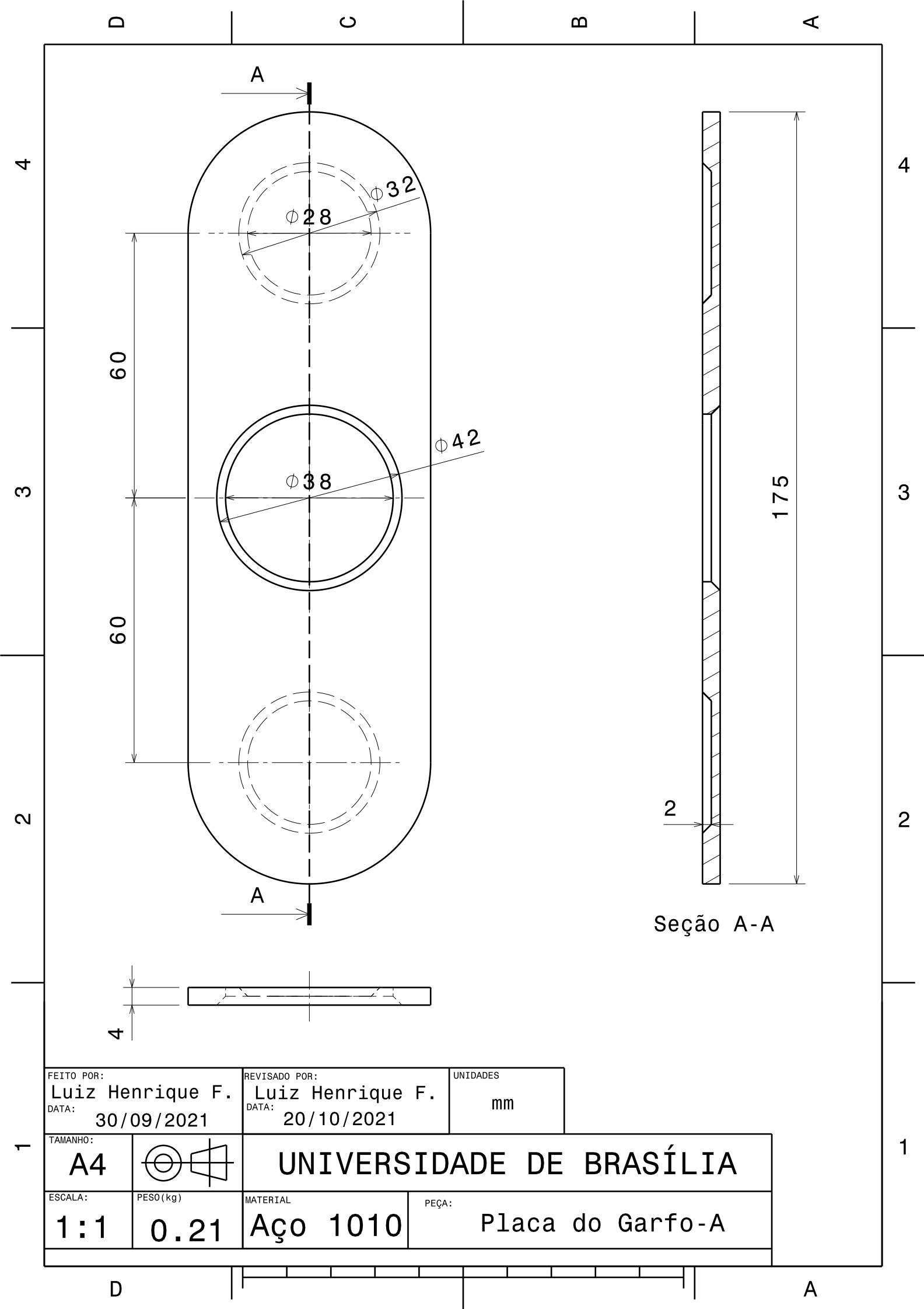
ESCALA:
1 : 1

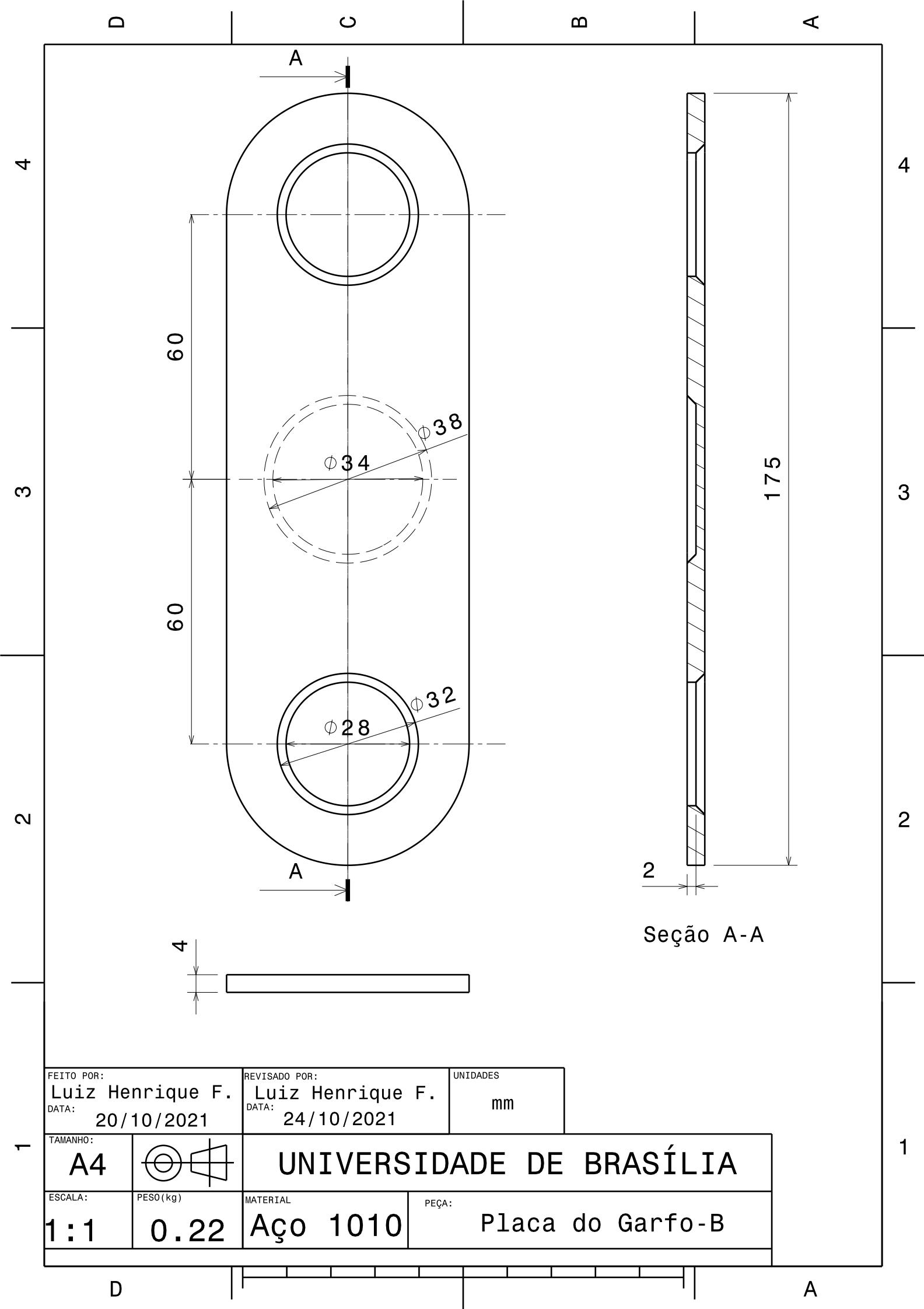
PESO(kg)
0.61

MATERIAL
Aço 1010

PEÇA:

Tubo Lateral





D

C

B

A

4

4

3

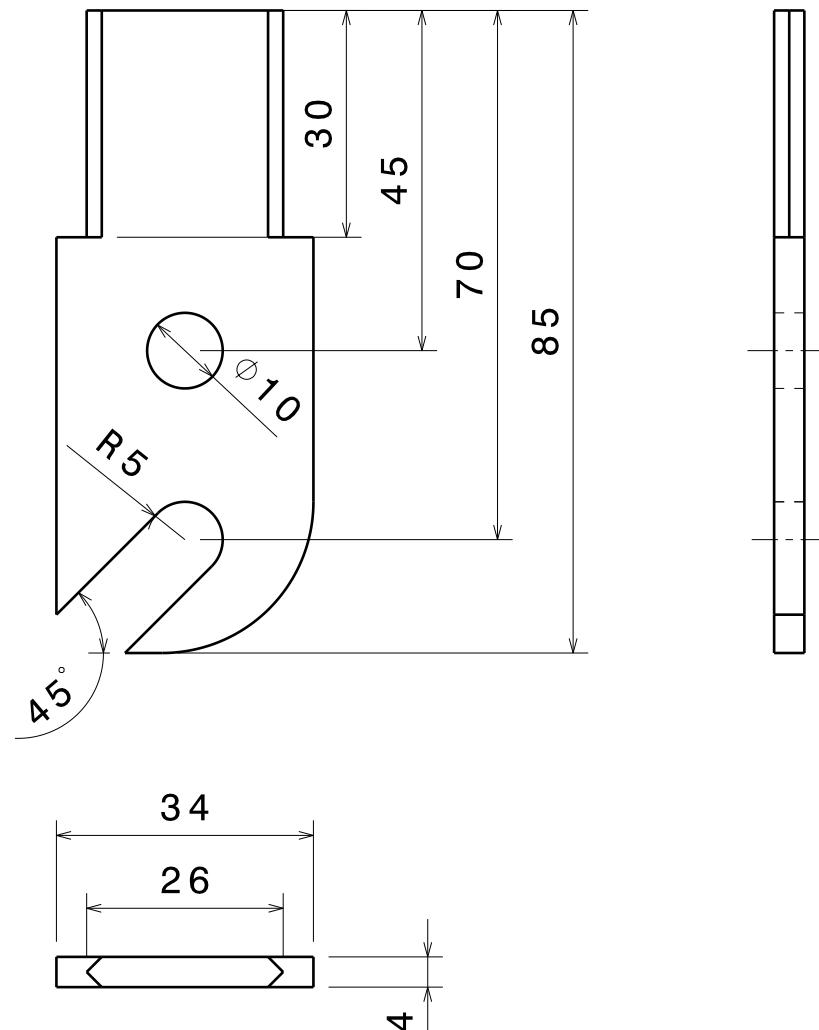
3

2

2

1

1



FEITO POR:

Luiz Henrique F.
DATA:
20/10/2021

REVISADO POR:

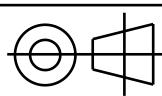
Luiz Henrique F.
DATA:
24/10/2021

UNIDADES

mm

TAMANHO:

A4



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

ESCALA:

1 : 1

PESO(kg)

0,07

MATERIAL

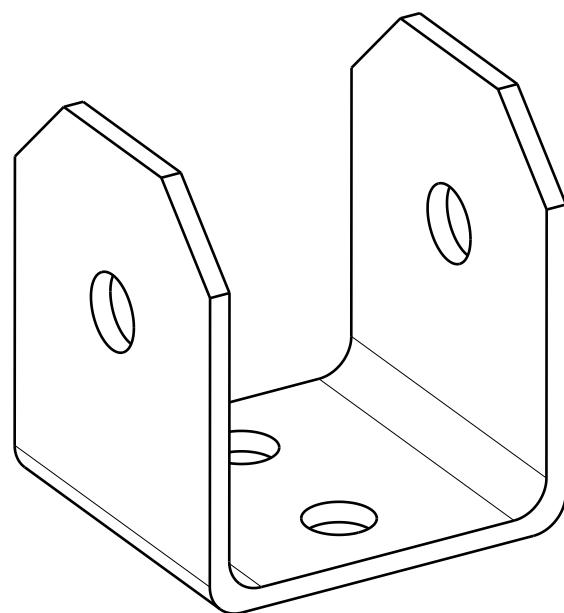
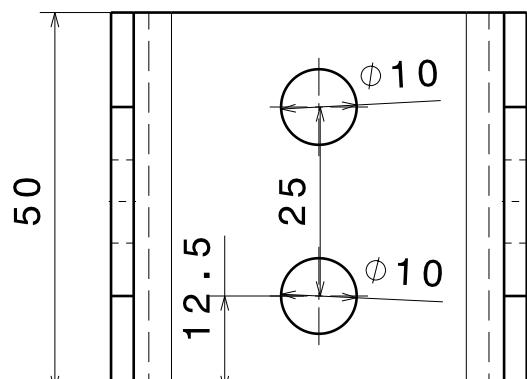
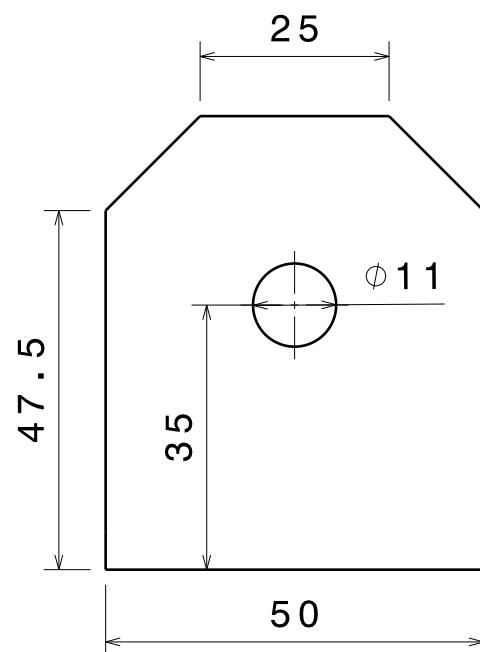
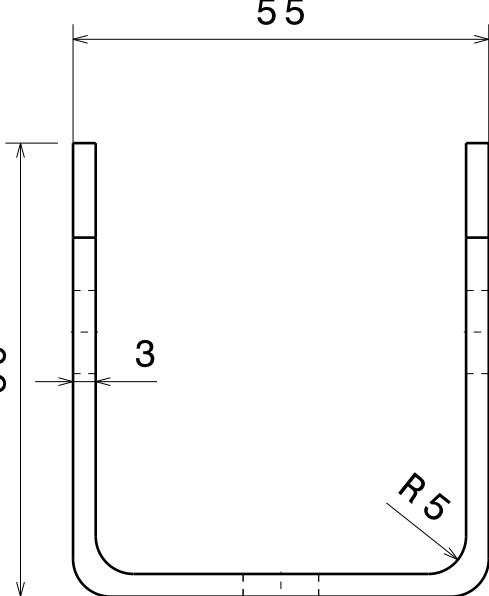
Aço 1010

PEÇA:

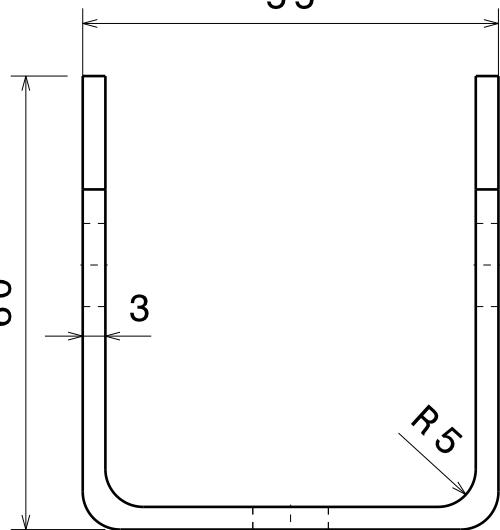
Pinça

D

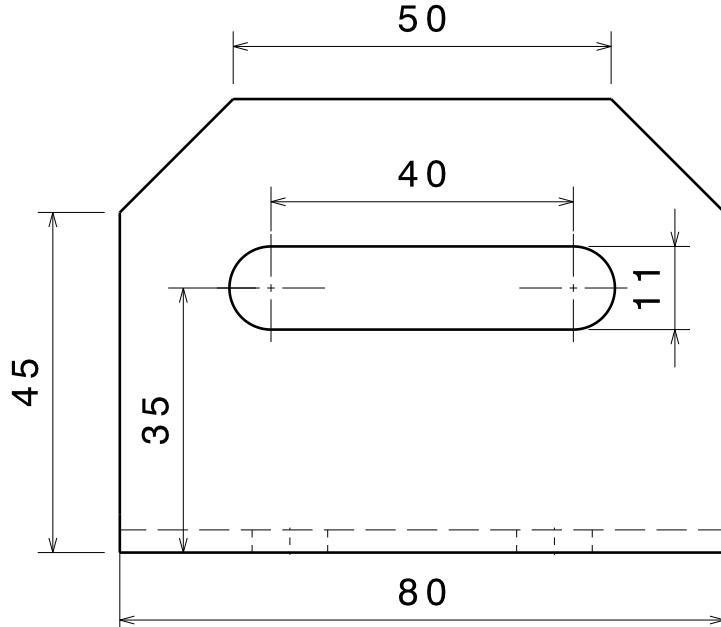
A



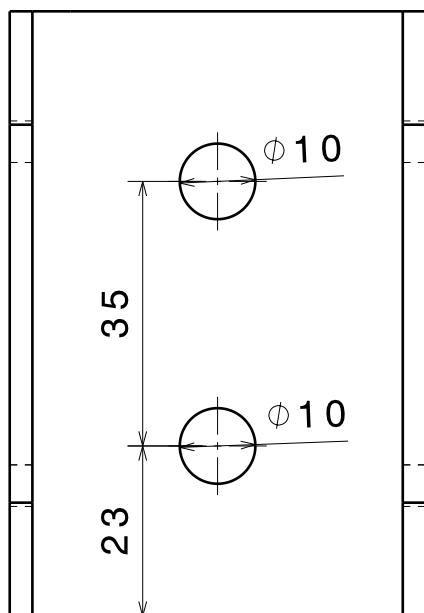
FEITO POR: Luiz Henrique F.	REVISADO POR: Luiz Henrique F.	UNIDADES mm
DATA: 20/10/2021	DATA: 24/10/2021	
TAMANHO: A4		UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
ESCALA: 1:1	PESO(kg) 0.18	MATERIAL Aço 1010
		PEÇA: Conector da Mola



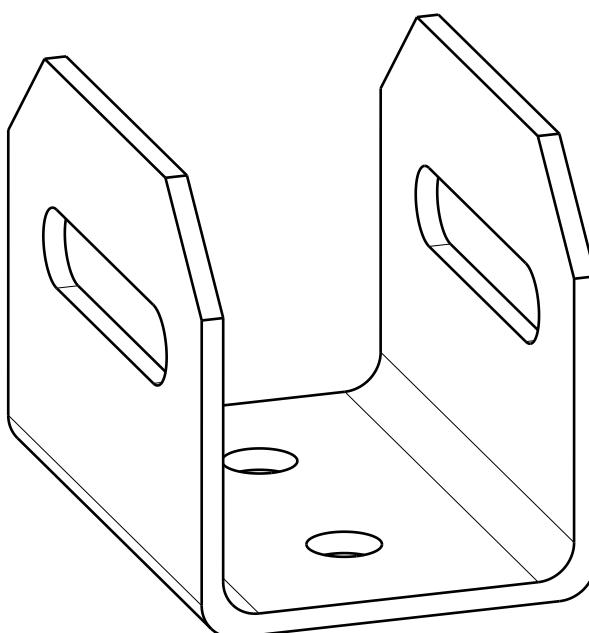
Front view
Scale: 1:1



Left view
Scale: 1:1



Top view
Scale: 1:1



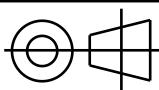
Isometric view
Scale: 1:1

FEITO POR:
Luiz Henrique F.
DATA:
9/19/2021

REVISADO POR:
Luiz Henrique F.
DATA:
24/11/2021

UNIDADES
mm

TAMANHO:
A4



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

ESCALA:
1:1

PESO(kg)

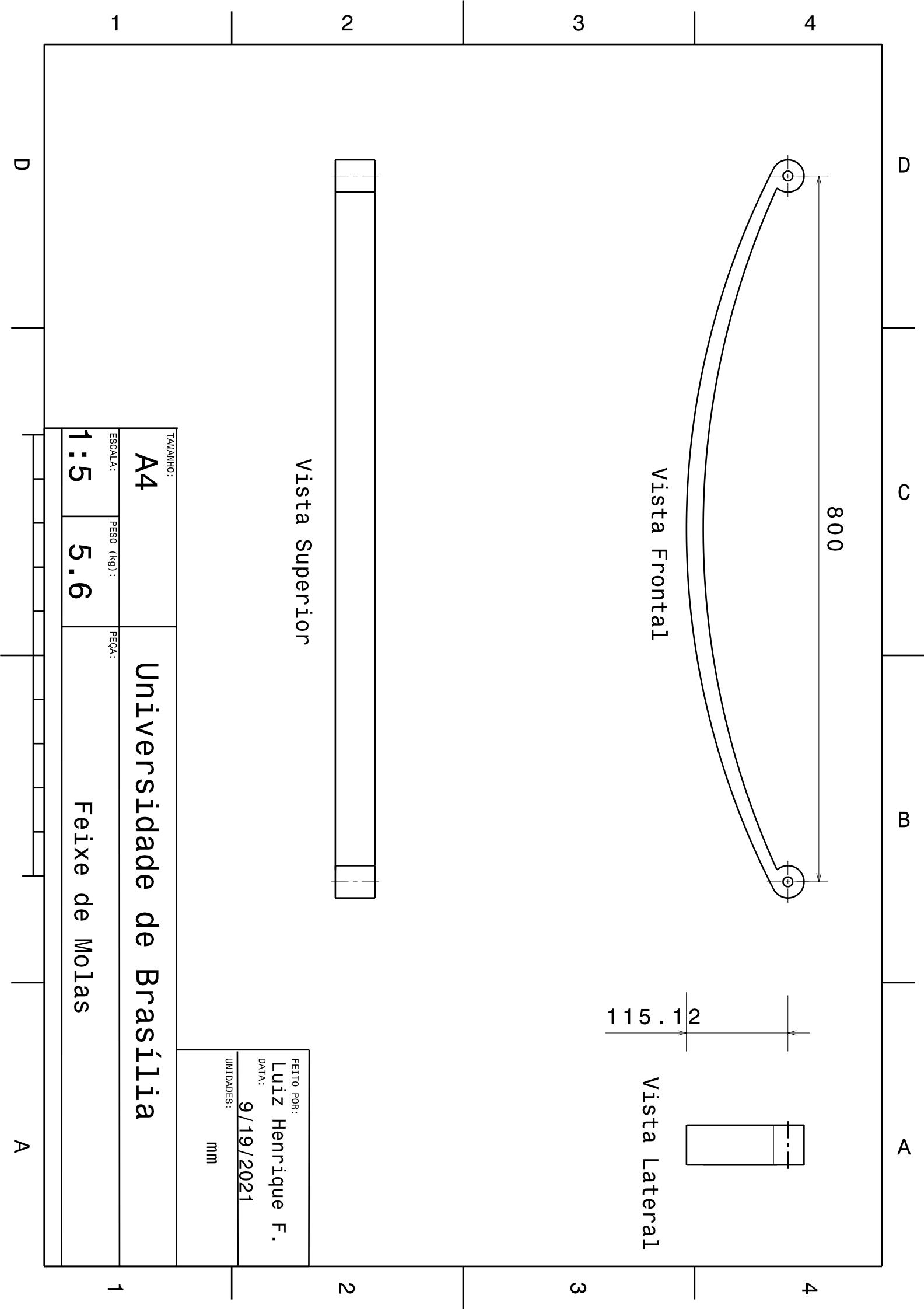
MATERIAL

PEÇA:

0.28

Aço 1010

Corredor da Mola



1

2

3

4

D

D

Universidade de Brasília

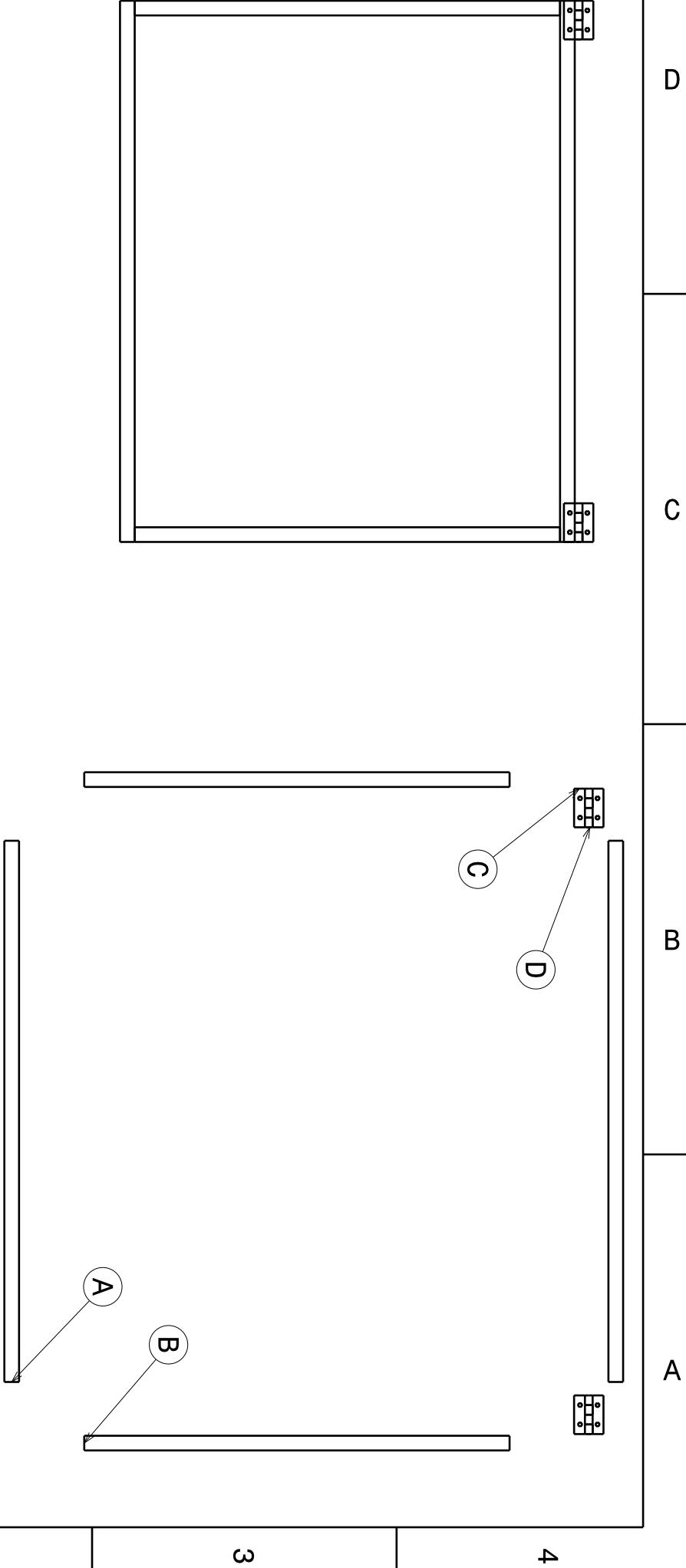
TAMANHO:	A4
ESCALA:	1:15
PESO (kg):	2.87

PEÇA:

A

Lista de Materiais: Porta

Letra	Parte	Quantidade
A	MolduraPortaA	2
B	MolduraPortaB	2
C,D	Dobraça	2



APÊNDICE E – Esquemáticos Eletroeletrônicos

Escrita sobre o Esquemático.

E.1 Esquemático Geral dos Componentes Eletroeletrônicos

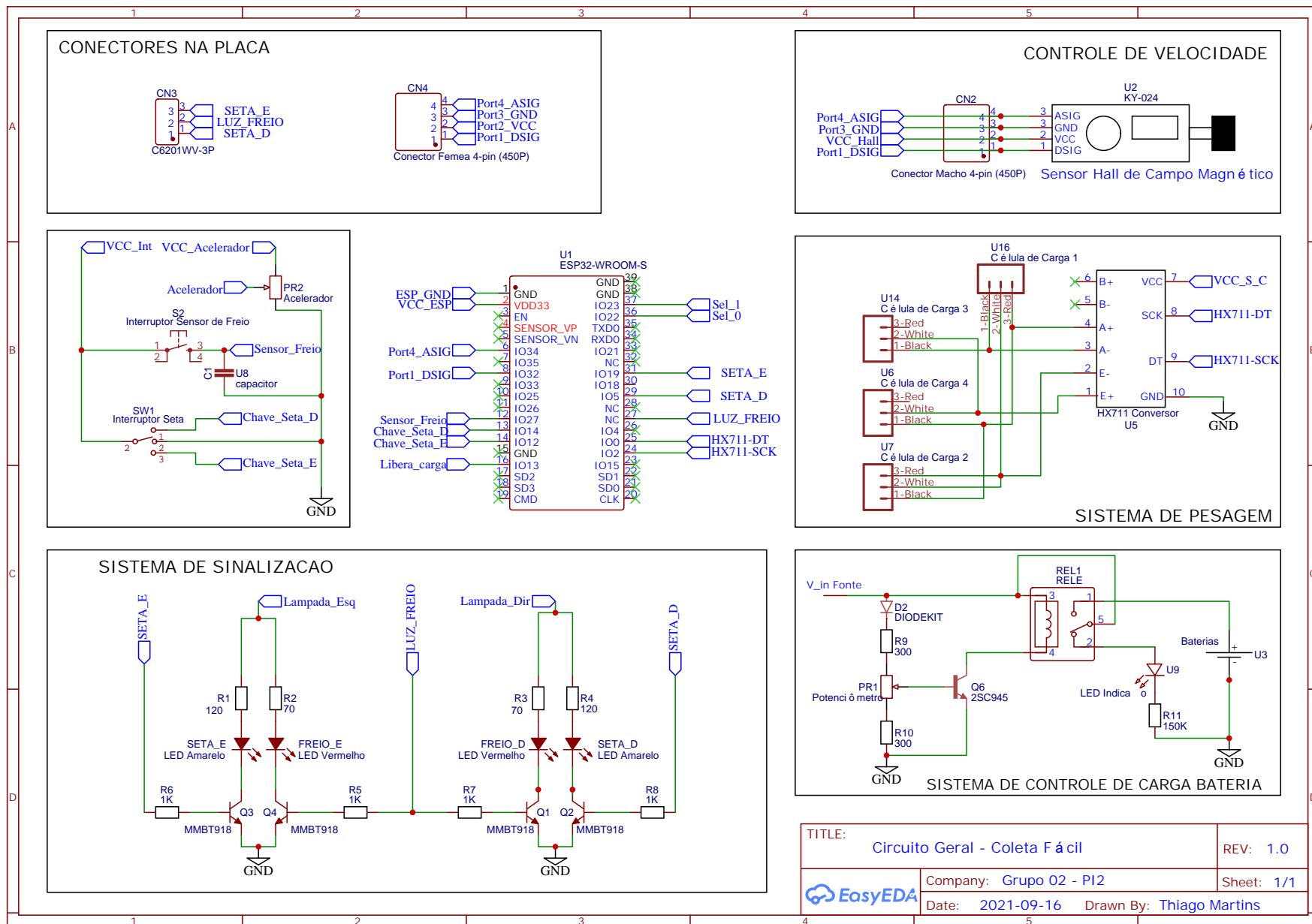


Figura 127 – Esquemático Geral dos Componentes Eletroeletrônicos - Página 1

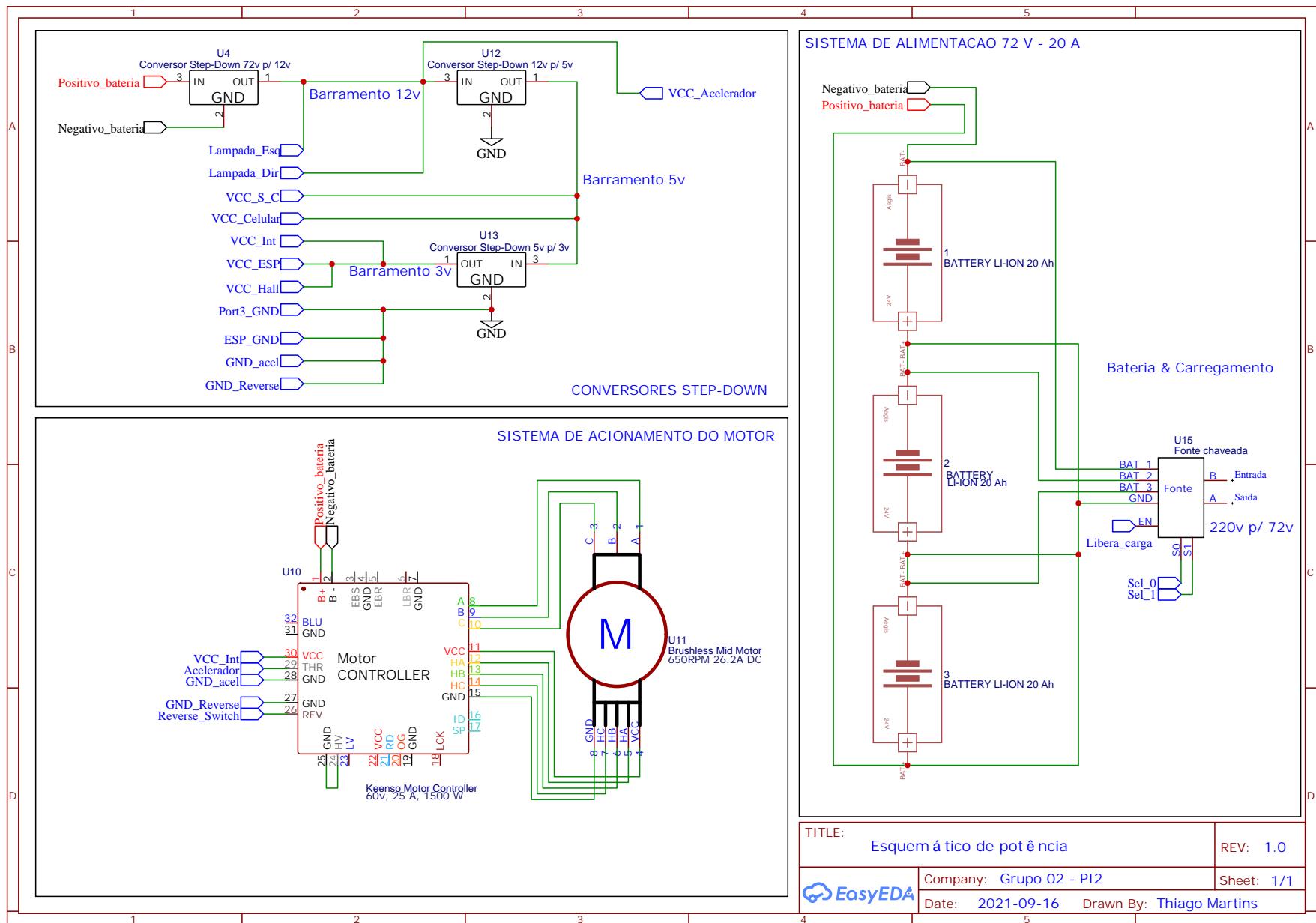


Figura 128 – Esquemático Geral dos Componentes Eletroeletrônicos - Página 2

E.2 Diagrama Unifilar da Alimentação dos Componentes

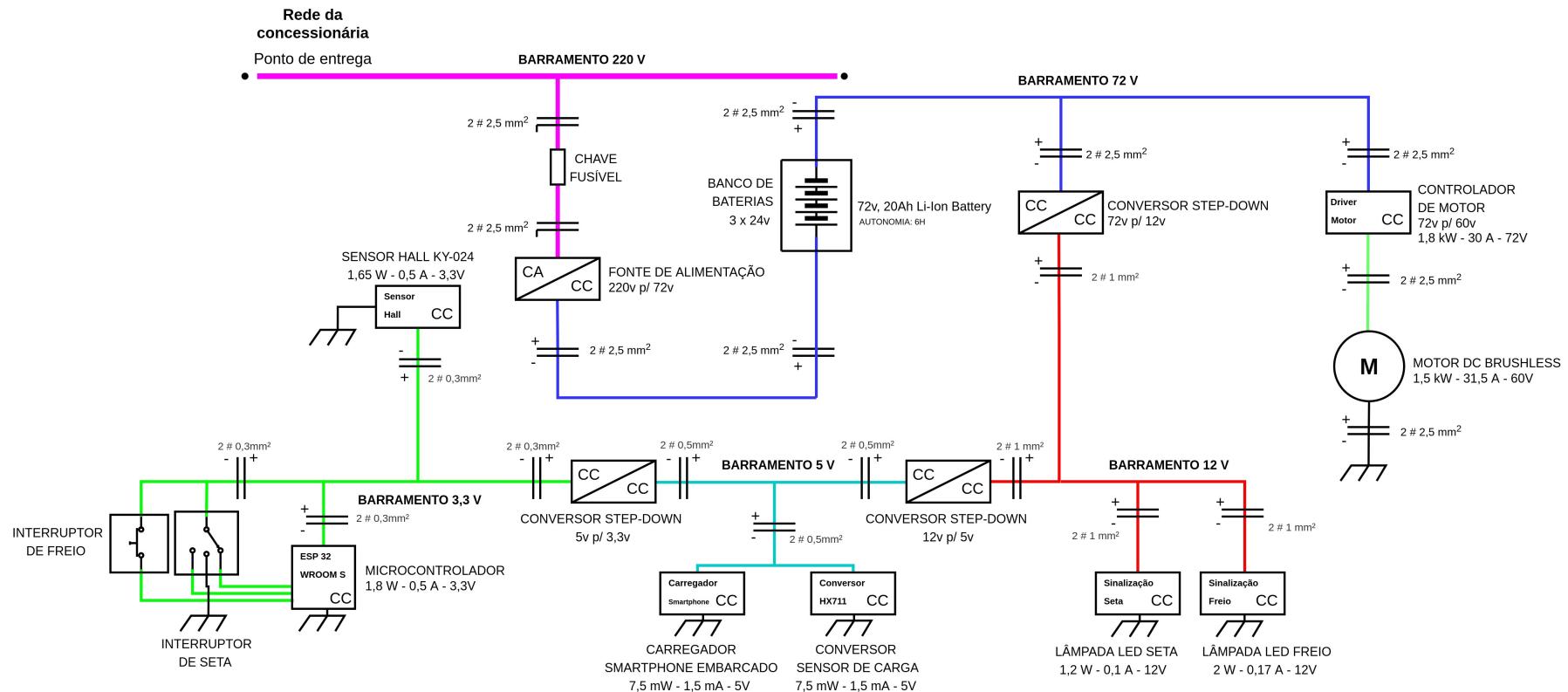


Figura 129 – Esquemático Geral dos Componentes Eletroeletrônicos

APÊNDICE F – Memorial de Cálculos das Soluções do Produto

F.1 Memorial de cálculo das soluções dos sistemas eletrônicos

F.1.1 Cálculo para aquisição do dado e processamento para a velocidade do veículo no microcontrolador

Para conseguirmos determinar a velocidade do veículo é necessário ter os dados do RPM (rotação por minuto) da roda. Para isso antes necessitamos calcular o RPS (rotação por segundo), ela é 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. Utilizando a equação (F.1) em que inicialmente se obtém o RPM da roda. É sabido que a cada volta será gerado um pulso de tensão, em seguida será mensurado quantas revoluções está sendo medida pelo cálculo da equação (F.1).

$$RPM = RPS \times 60 \quad (F.1)$$

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 (F.2).

$$Velocidade\ instantânea = (\text{diâmetro da roda}) \times \pi \times (RPS) \times 3,6 \quad (F.2)$$

E assim será executado o algoritmo programado a ESP32 para a aferição da velocidade.

F.1.2 Cálculo de dimensionamento dos componentes utilizados a para acionamento das lâmpadas

Para fornecimento da tensão e corrente necessária para o acendimento das lâmpadas de sinalização foi utilizada a equação (F.3) 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.

$$R = \frac{V_{alimentação} - V_{lâmpada}}{I_{lâmpada}} \quad (\text{F.3})$$

$$R = \frac{V_{GPIO}}{I_{Base}} \quad (\text{F.4})$$

Para o dimensionamento do transistor e sua respectiva resistência de base foi escolhida a equação (F.4), em que a tensão do GPIO da ESP 32 é de 3,3 V portanto será aplicado uma resistência de 1 kΩ para que o transistor esteja na região de saturação quando nível lógico alto for mandado pela ESP32.

APÊNDICE G – Placa do Circuito Impresso Central

G.1 Vistas da Placa

As vistas da placa foram geradas pelo programa do Easy EDA. Na figura ?? podemos ver a vista 3D gerada da placa central.

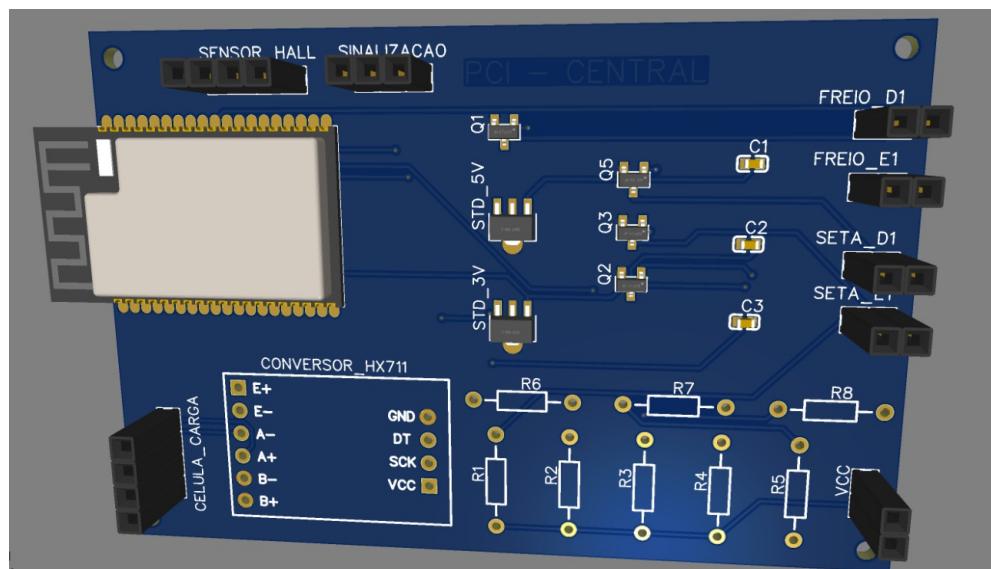


Figura 130 – Vista da placa do circuito central em 3 dimensões.

G.1.1 PCI - Central

As Figuras 131, abaixo, apresentam a placa de circuito impresso que foi desenvolvida no software Easy EDA. O desenho também foi estilizado com o nome do projeto e furos de fixação com tamanho M3, para encaixe na estrutura do veículo.

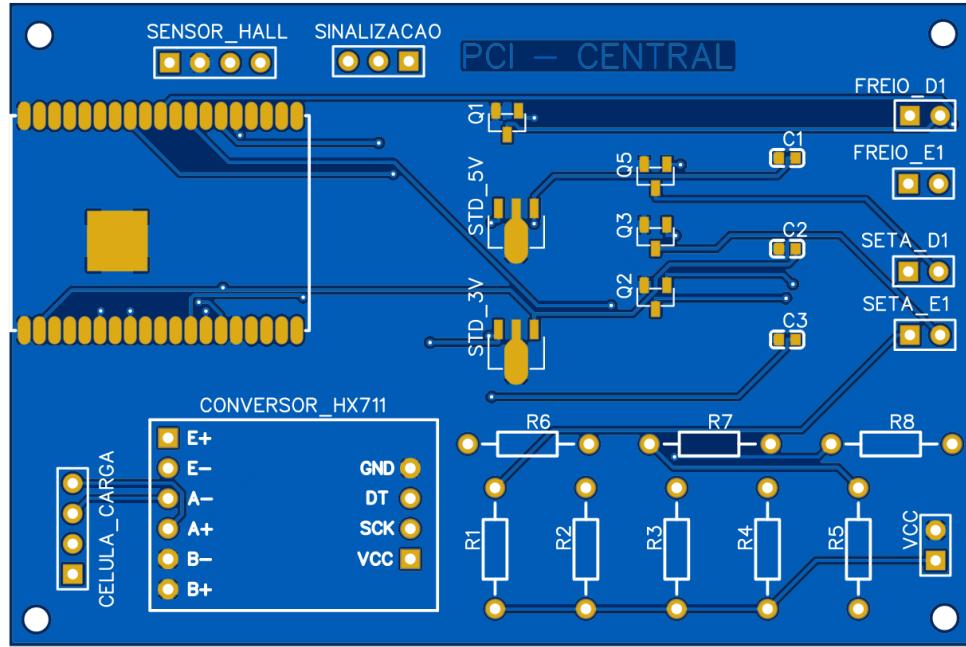


Figura 131 – Vista da placa do circuito central em 2 dimensões.

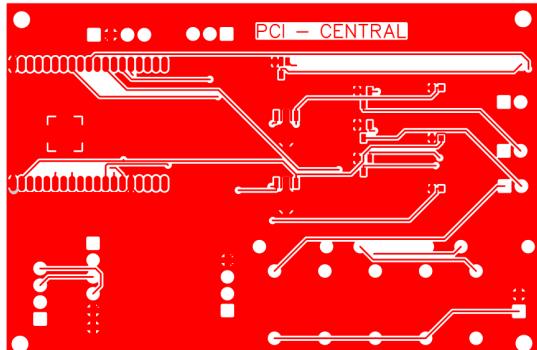


Figura 132 – Detalhamento da máscara de topo aplicada.

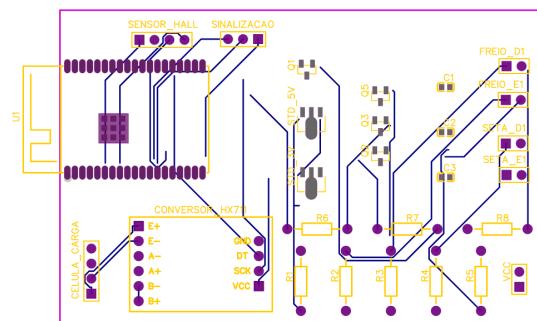


Figura 133 – Detalhamento da máscara inferior aplicada.

Figura 134 – Máscaras de aplicação para a produção das PCI's..

APÊNDICE H – Software

H.1 Repositório

O código para a aplicação se encontra no seguinte repositório:

- <https://github.com/LGomees/PI2-Carroca-Eletrica>

H.2 Principais decisões do projeto

Durante todo o decorrer do projeto o arquitetura e o desenvolvimento foi questionado para entendermos se aquilo que estava sendo proposto realmente iria auxiliar no propósito da Carroça Elétrica. Após a reunião com um cooperativa localizada na cidade do Guará/DF, entendemos um pouco mais o objetivo que a cooperativa tinha com a coleta seletiva da região e como isso poderia impactar os demais stakeholders.

Após a decisão conjunta do grupo de o foco ser voltado para a cooperativa, principalmente por conta do custo de aquisição que ela terá, definimos um escopo voltado para principalmente a análise de dados, afim de trazer um maior entendimento de como está sendo feita a coleta, além de facilitar a locomoção dos catadores vinculados à cooperativa.

- Arquitetura de software e BLE: Um dos pontos cruciais definidos pela equipe ao que se diz respeito o projeto foi a escolha da arquitetura e tecnologia do software proposto.

Como era necessário uma conexão com um microcontrolador que passaria todas as informações dos sensores implementados na carroça, nos deparamos com a possibilidade de desenvolver um software em código C para ser apresentado a um display conectado à ESP32. Porém, mesmo essa proposta possibilitando uma resposta vezes mais rápida para o usuário e comunicação mais veloz com o microcontrolador, limitaria o desenvolvimento no quesito de inovação e agregação para o usuário, além de ser impactado pelo fator da nossa mão de obra para eletrônica estivesse focada nos itens que seriam adicionados à carroça. Por conta disso, foi escolhida a linguagem React Native para implementação, visando um maior leque de possibilidades para agregar na experiência do catador, além de ser uma linguagem mais adaptável a qualquer outra proposta que fosse apresentada.

O React Native permite a implementação de um código que servirá tanto para sistemas Android quanto iOS. Como o objetivo era possuir um projeto eficiente e

o menos custoso, decidimos realizar o desenvolvimento focando principalmente nos sistemas Android, por conta de existir celulares de baixo custo com esse sistema, porém ainda sim eficientes para tal proposta.

- Conexão com a ESP32 via BLE: Por conta do cenário em que vivemos na matéria, tendo um ensino a distância, não foi possível realizar a aquisição de uma ESP32 para que fossem feitos testes de conexão através da biblioteca react-native-ble-manager. Porém, para testar os componentes implementados no aplicativo, foi desenvolvida uma função que estabelece valores aleatórios e os passa como parâmetro para cada componente desenvolvido. Através disso, conseguimos simular o funcionamento de cada um, dando um feedback de maneira rápida para o usuário da velocidade, carga e autonomia da bateria, freio, peso e setas.
- QRCode: Foi sugerida a implementação de um QRCode afim de identificar a carroça, porém de acordo com a análise que fizemos sobre o desenvolvimento do aplicativo e a proposta que estaríamos apresentando, o aplicativo não poderia permitir a qualquer um fazer login/cadastro na aplicação, visando um controle maior por parte da cooperativa sobre os dados de cada carroça (pois através do cadastro adquirimos o email que será vinculado para o envio dos relatórios de coleta), mitigar o possível risco de o catador alterar os dados do aplicativo e também impossibilitar a troca de itens (celular) entre as carroças sem o consentimento do responsável na cooperativa.
- Rede Social: Foi sugerido o desenvolvimento de uma rede social para que moradores em suas próprias casas pudessem solicitar a coleta seletiva, afim de facilitar a comunicação com a cooperativa que cuida dessa coleta em sua região. Tendo em vista a decisão conjunta do grupo em focar o produto final para as cooperativas, essa não seria uma ideia que agregaria aos objetivos identificados, gerando um custo de manutenção posterior e necessidade de capital intelectual/técnico e de trabalho que não conseguiriam ser facilmente mantidos pela cooperativa. Além disso, o próprio relatório de coletas que é gerado pelo aplicativo já auxilia nessas coletas, por apresentar uma visualização holística de como está sendo a coleta em cada ponto, possibilitando futuros projetos em conjunto com condomínios e casas visando um crescimento no número/quantidade das coletas.
- Deploy da aplicação: A ideia inicial era utilizar a ferramenta Bitrise para a integração e deploy contínuo, porém após estudarmos um pouco mais a ferramenta e principalmente o modo de deploy da Play Store (Android), vimos que era necessário adquirir os seguintes itens: ANDROID KEYSTORE FILE, Keystore password, Keystore alias, Private key password e JSON key file, artefatos que são disponibilizados pela google ao começar o processo de publicação do aplicativo.

Levando em consideração o tempo de desenvolvimento da equipe, foi tomada a decisão de não continuar o processo de deploy, tento em vista que já é possível testar a aplicação através da geração de um APK e posteriormente enviado para o celular através de um cabo USB.

- Gerenciamento de Usuários: Foi identificada a necessidade de uma página para gerenciamento de todos os usuários do aplicativo para haver um maior controle por parte da cooperativa. Porém por conta da identificação tardia desse requisito juntamento ao tempo de desenvolvimento que a equipe teria, essa funcionalidade não foi desenvolvida.
- Google Maps API: A ideia inicial da proposta era limitar o acesso à utilização da Google Maps API para apenas dentro do aplicativo, visando uma maior facilidade de utilização por parte do usuário. Porém ao estudarmos um pouco mais a fundo a API, vimos que para utilizar a aplicação de maneira completa dentro do aplicativo, seria cobrado um valor estipularia o valor disponibilizado gratuitamente pela Google, assim como limitar a quantidade de requisições feitas do catador de maneira quase completa. Por conta disso, decidimos apresentar a rota dentro do aplicativo e se o usuário desejar iniciar a rota guiada pela API, será redirecionado para o aplicativo Google Maps do celular, sendo necessária voltar para o aplicativo posteriormente.

APÊNDICE I – Esquema funcionamento Microcontrolador

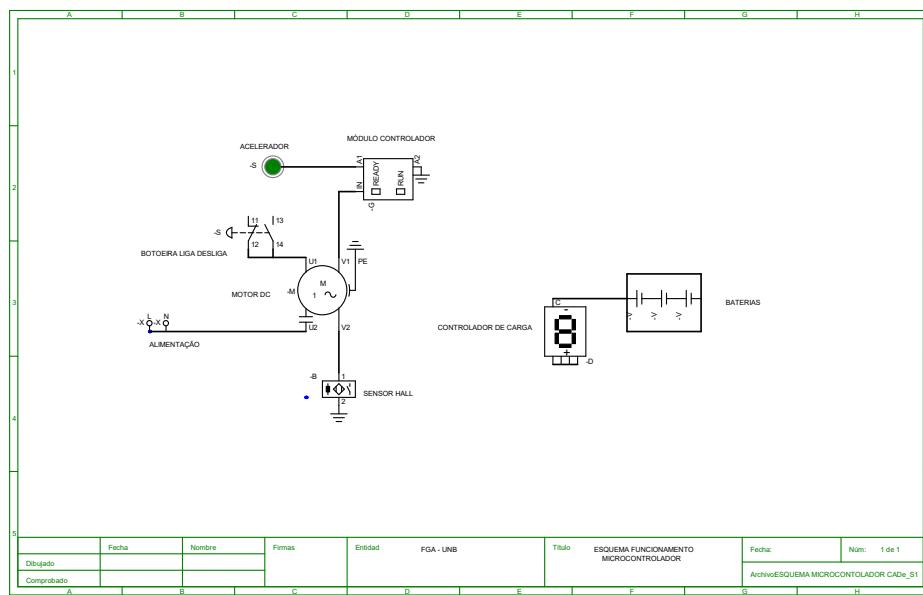


Figura 135 – Diagrama unifiliar energia.Fonte :Autores

APÊNDICE J – Manual do usuário



MANUAL DE USUÁRIO

VEÍCULO PARA RECOLHIMENTO DE
MATERIAIS RECICLÁVEIS.

Bem-vindo a facilidade da coleta, com o
veículo Coleta Fácil.

Obrigado por permitir que nós possamos
auxiliar o seu árduo trabalho, esperamos
que tenha a melhor experiência.

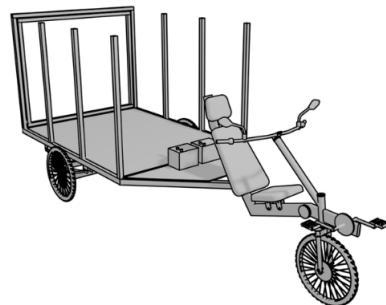
MAIS FACILIDADE, MAIS COLETA.

— Conteúdo —

1. DADOS DO PRODUTO	1
2. ESPECIFICAÇÕES DO VEÍCULO	1-2
• Visão geral do veículo;	
• Indicação de uso;	
• Princípio básico de funcionamento.	
3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	3
4. PRIMEIRO USO	4
• Condições do local de recarga;	
• Instalações elétricas;	
• Usabilidade.	
5. OPERAÇÃO DO VEÍCULO	5
• Inicialização;	
• Utilização.	
5.1 APlicativo	6
6. ADVERTÊNCIAS, PREUCAÇÕES E RESTRIÇÕES	8
7. CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO	9
• Manutenção preventiva;	
• Limpeza;	
• Troca de componentes.	

— 1. Dados do veículo —

O coleta feliz é uma carroça elétrica destinado à catadores e a cooperativas que quiserem utilizar o veículo para facilitar as viagens e gerar mais renda para ambos e há um aplicativo dentro do celular embutido que permite a localizar a carroça e ver os trajetos dentro delas feitos.



— 2. Especificações do Veículo —

VISÃO GERAL DO VEÍCULO

Eletrônica

- Sistema de Pesagem Embarcada
- Controle de Velocidade
- Iluminação

- Proteção dos Sistemas Eletrônicos
- Integração com interface digital
- Carregador de smartphone integrado

Estrutura

- Leve
- Resistente

Energia

- Motor elétrico
- Baterias duradouras
- Carregamento rápido
- Proteção contra sobrecarga elétrica

Software

- Interface de controle digital
- Integração com Google Maps
- Usuário deve fazer download do aplicativo e parear

INDICAÇÕES DE USO

O veículo não anda a mais de 30km/h e o motor elétrico só é acionado se o botão de ligar for pressionado. É indicado usar o veículo se o usuário ter a habilidade de andar de bicicletas. Veículo proibido para fins recreativos.

— 3. Especificações Técnicas —

Microcontrolador - ESP32 Wi-fi + Bluetooth

Sensor de velocidade + Sensor Hall KY024

Células de carga CDI 500 Kg

Conversores A/D HX71

Lâmpadas farol, freio e setas (LED) - 12V 3,5W (x 6)

Motor Elétrico Brushless DC 1200 W

Aegis Battery 24 V 20Ah

Módulo Controlador Keenso

Conversor DC/DC XWST

Motor Elétrico Brushless DC 1200 W

Aegis Battery 24 V 20Ah

Módulo Controlador Keenso

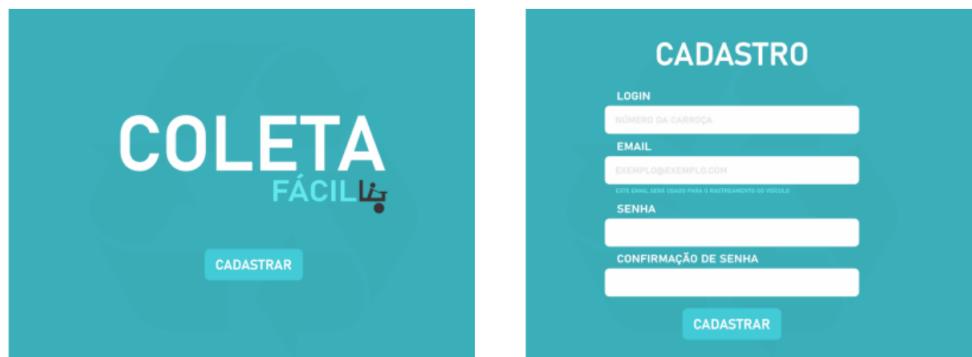
4. Primeiro Uso

- Verificar se a interface está funcionando e carregando
- Verificar se a interface está se comunicando bem com os sistemas eletrônicos e elétricos
- Ajustar o assento e encostos para as distâncias e inclinações ideais
- Ajustar os retrovisores
- Verificar o funcionamento dos freios, setas e outros indicadores
- Verificar baterias;
- Verificar o carregamento das baterias.
- Verificar cabos e conexões antes de dar partida.
- Verificar baterias do aparelho.
- Baixar o aplicativo e instalar no aparelho.

— 5. Operação do Veículo —

- Ligar a interface
- Estabelecer conexão com o microcontrolador (Bluetooth)
- Fique sempre atento ao nível de carga para não exceder o máximo de 250kg.
- Tenha certeza que a porta do compartimento está devidamente fechada antes de conduzir o veículo
- Durante a condução, observe cuidadosamente a presença de veículos de passeio que estejam trafegando na mesma via
- Ligar o motor;
- Verificar a porcentagem de carga da bateria.

5.1 APLICATIVO



1- Com o aplicativo instalado no dispositivo, ao iniciar temos a tela de cadastro. O usuário deve se inserir e-mail e senha para criar o login e começar a utilizar a aplicação.

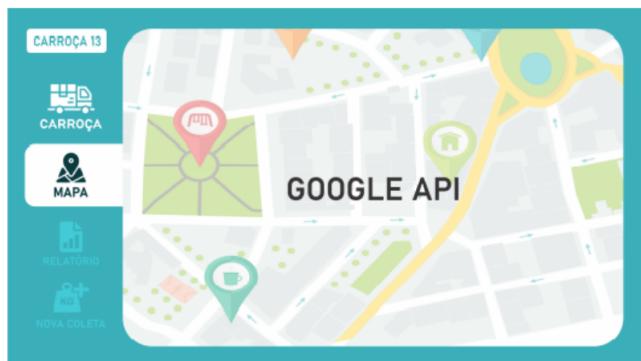


2- Na tela principal é possível ver os dados principais do veículo. No painel é possível verificar o peso, a carga da bateria e a velocidade do veículo.



3- Clicando no ícone de nova coleta é possível iniciar uma nova coleta. Após traçar a rota e realizar a cole-

ta completa, também é possível finalizá-la.



4- Após uma coleta ser iniciada, clicando no ícone de mapa é possível ver a sua localização atual e traçar a rota ideal para efetuar a coleta.



5- Quando o usuário desejar é possível ver o relatório das coletas clicando no ícone *relatório*. Serão exibidos dados como o n.º da coleta, o peso coletado, o local da coleta e a data/hora que foi realizada. Além disso é possível exportar essa planilha para o e-mail.

— 6. Advertências, Precauções e Restrições —

- Atenção ao limite nominal de carga (300 Kg).
- Atenção ao limite de peso do usuário (100 Kg).
- Manter a porta do compartimento de carga fechada durante o transporte.
- Distribuir uniformemente a carga no compartimento.
- Não acionar o motor elétrico caso esteja trafegando por ciclovias.
- Atenção a lombadas e buracos para não danificar o sensor de carga.
- não mexer nas proteções dos equipamentos eletrônicos.
- Atenção com a saúde das baterias.
- Não molhar as baterias.
- Colocar as baterias para carregar em tomada 220v.
- Sempre conferir se as baterias estão com carga antes de dar a partida.

— 7. Conservação e Manutenção —

- Verifique sempre se os freios estão funcionando adequadamente. Faça a revisão periódica.
- Mantenha o estofado limpo.
- Mantenha as engrenagens, rolamentos e demais dispositivos girantes limpos e bem lubrificados
- Caso precise trocar as baterias verificar a voltagem adequada.
- Não desligar os terminais com o motor funcionando.
- Não recarregar a bateria sem desligar os terminais.
- Sempre guardar o veículo em um ambiente fechado, para evitar danos causados por intempéries.
- Em caso de manutenção dos sistemas eletrônicos, verificar se os mesmos estão devidamente protegidos contra humidade e calor.
- Caso precise trocar algum componente danificado, não usar componentes com especificações diferentes dos originais.

— 8. Solução de Problemas —

- Caso seja constatada a presença de rachaduras ou trincas, cessar imediatamente o uso de veículo até que os reparos tenham sido feitos.
- Em caso de mal funcionamento, procurar assistência especializada ou entrar em contato diretamente com os fabricantes.
- Causa comuns de mal funcionamento: Mal contato, componentes danificados, calor excessivo ou humidade nos componentes e alimentação insuficiente (Baterias defeituosas)
- SOBRECARGA: Isso é problema nos reguladores de tensão ou em componentes. A solução será substituir o regulador de tensão.
- AUTO-DESCARGA: Em síntese significa que a bateria está alimentando algum sistema mesmo quando desligada. Fazer chupeta é um procedimento simples que traz a carga de volta, porém vá ao mecânico e cheque a temperatura de armazenagem.

— Sobre o grupo —

Somos um grupo composto por estudantes da Universidade de Brasília, das áreas de engenharia eletrônica, engenharia aeroespacial, engenharia automotiva, engenharia de energia e engenharia de software.

Este projeto foi desenvolvido como uma atividade para a matéria Projeto Integrador 2, com orientação dos professores Alex, Chaim, Felício, Randher e Paolo.

APÊNDICE K – Avaliação individual dos participantes

Integrantes		Pontualidade nas Entregas	Qualidade das Entregas	Auto Avaliação	-2* Nota Alcançada
Nome	Matrícula				
André Lucas Ferreira Lemos de Sousa	15/0005563	9,3	9,0	8,0	8,8
Arthur Da Silva Alves	14/0131035	9,0	9,0	7,7	8,9
Bruno Paiva Alves	15/0007191	10,0	10,0	10,0	10,0
Bruno Pinheiro de Melo Lima	17/0030695	10,0	10,0	8,0	9,5
Felipe Nascimento Dias	14/0188401	7,0	5,7	8,0	6,8
Gabriel de Jesus Lourenço	17/0079503	6,3	6,3	5,7	6,8
Lucas Gomes de Oliveira	15/0137184	10,0	10,0	9,0	9,8
Lucas Pereira Gonçalves	14/0151079	8,0	8,7	8,3	7,8
Lucas Pires De Lima	18/0125923	10,0	10,0	10,0	10,0
Luiz Henrique Ferreira Alves	17/0163130	9,7	9,3	6,3	8,8
Matheus Pereira Morais	15/0018304	10,0	10,0	8,0	9,5
Miguel Henrique de Oliveira Alves	15/0018614	9,0	10,0	6,7	8,8
Raphael de Almeida Southall	17/0080498	9,0	9,7	8,3	8,8
Thiago Martins De Sousa	15/0149999	10,0	10,0	8,0	9,5
Victor Rodrigues Silva	16/0019516	8,0	8,0	8,7	8,4

Tabela 31 – Avaliação dos estudantes