



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Projeto Integrador de Engenharia 2

Track Cooler

Autores: Antonio Lucas Suzuk Aguiar, Bhia Cardoso, Byron Kamal, Bruno Carvalho, Douglas Silva, Gabriela Cristina Cardoso, Gabriel Henrique Chules, Gabriel Rolim, Gabriel Firmino, Igor Guimarães, Jennifer Gladys, João Victor Braz, Lucas Oliveira, Matheus de Andrade, Sannya Arvelos

Brasília, DF

2020



Antonio Lucas Suzuk Aguiar, Bhia Cardoso, Byron Kamal, Bruno Carvalho,
Douglas Silva, Gabriela Cristina Cardoso, Gabriel Henrique Chules, Gabriel
Rolim, Gabriel Firmino, Igor Guimarães, Jennifer Gladys, João Victor Braz,
Lucas Oliveira, Matheus de Andrade, Sannya Arvelos

Track Cooler

Trabalho submetido à disciplina de Projeto Integrador de Engenharia 2 referente ao **Ponto de Controle 1**, na Universidade de Brasília.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Alex Reis, Guillermo A. Bestard, Ricardo M. Chaim,
Rhander Viana e Paolo Gessini

Brasília, DF

2020

Listas de abreviaturas e siglas

ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
API	<i>Application Programming Interface</i>
BMS	<i>Battery Management System</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CC	Corrente contínua
DC	Corrente Contínua
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EAR	Estrutura Analítica de Risco
GPS	<i>Global Positioning System</i>
LCD	<i>Liquid-Crystal Display</i>
PIN	<i>Personal Identification Number</i>
PLA	Poliácido Láctico
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PVC	Policloreto de Vinila
RPM	Rotações por Minuto
TPU	Poliuretano Termoplástico
Vca	Tensão em Corrente Alternada
Vdc	Tensão em Corrente Contínua

Listas de ilustrações

Figura 1 – Esteira montada com seus mecanismos	18
Figura 2 – Mecanismos do sistema de locomoção sem a esteira	18
Figura 3 – CAD do pinhão	20
Figura 4 – Pinhões presos ao eixo	21
Figura 5 – Simulação	22
Figura 6 – Imagem do tensionador, rolamento e eixo	22
Figura 7 – Sistema de gangorra	23
Figura 8 – Simulação de carga aplicada no braço da gangorra	24
Figura 9 – Tensinador com rolamento no eixo	24
Figura 10 – Posição do rolamento no eixo	25
Figura 11 – Simulação de tensão de Von-Mises da sapata	27
Figura 12 – Visão das tensões em torno dos furos da sapata	27
Figura 13 – Deformação da sapata	28
Figura 14 – Dimensões da Roda dentada pela norma ANSI	30
Figura 15 – Visão do CAD da cantoneira	30
Figura 16 – Cantoneiras com as barras de reforço	31
Figura 17 – Simulação de tensão de von-Mises	31
Figura 18 – Simulação de tensão de von-Mises	32
Figura 19 – Simulação de deformação	32
Figura 20 – Força de Resistência a Rolagem	33
Figura 21 – Forças atuantes em um plano inclinado	34
Figura 22 – Força de Resistência Inercial	35
Figura 23 – Engrenagem Planetária	38
Figura 24 – Caixa de Redução	38
Figura 25 – Posição do motor e redutor na estrutura	38
Figura 26 – Imagem do freio eletromagnético	39
Figura 27 – imagem explodida do freio eletromagnético	40
Figura 28 – freios instalados no sistema de locomoção	40
Figura 29 – Desenho técnico do coxim selecionado	41
Figura 30 – Módulos de Young (E_0) para borrachas com dureza GIBD (Grau Internacional de Dureza de Borrachas)	42
Figura 31 – Dureza Shore A vs. IRDH (ou GIDB)	43
Figura 32 – Modelo simplificado do formato geométrico do coxim	43
Figura 33 – Mola solicitada à compressão	44
Figura 34 – Influência de diferentes valores de fator de amortecimento na vibração .	47
Figura 35 – Geometria do modelo sem amortecimento	48

Figura 36 – Seis primeiros modos de vibração para modelo sem amortecimento	48
Figura 37 – Geometria do modelo com amortecimento	49
Figura 38 – Seis primeiros modos de vibração para modelo com amortecimento	50
Figura 39 – Caixa térmica com tampa	51
Figura 40 – Detalhe da espessura das paredes do cooler	52
Figura 41 – Interior da caixa térmica	52
Figura 42 – Centro de gravidade	53
Figura 43 – Representação das forças que atuam no CG	54
Figura 44 – Circuito térmico da transferência de calor através das paredes do cooler.	56
Figura 45 – Simulação do fluxo de calor por condução nas paredes da caixa térmica.	57
Figura 46 – Distribuição de temperatura na tampa da caixa térmica	59
Figura 47 – Distribuição de temperatura na caixa térmica aberta.	59
Figura 48 – Estágios durante o carregamento de baterias de Li-Íon. Fonte:(1)	61
Figura 49 – Circuito bivolt com comutação automática	62
Figura 50 – Circuito retificador de tensão	62
Figura 51 – Circuito de carregamento da bateria	64
Figura 52 – Simulação do comportamento da corrente e tensão (no eixo abcissa) durante o carregamento da bateria realizado no software Proteus	65
Figura 53 – Exemplo de circuito de proteção BMS. Fonte:(2)	65
Figura 54 – Diagrama unifilar do projeto	66
Figura 55 – CAD da fonte de carregamento do Track cooler	68
Figura 56 – Modelo do conversor DC-DC escolhido	68
Figura 57 – Placa de peltier à esquerda e avaliações do produto à direita	69
Figura 58 – Fluxograma de eletrônica	70
Figura 59 – Microcontrolador ESP-WROOM-32.	71
Figura 60 – Diagrama de blocos que constituem o microcontrolador.	71
Figura 61 – Representação do termômetro digital com resolução de 1-fio DS18B20.	73
Figura 62 – Configuração da conexão do termômetro DS18B20 em modo de alimentação externa com o microprocessador ESP32.	75
Figura 63 – Configuração dos pinos da ESP-WROOM-32	75
Figura 64 – Display de cristal líquido 16x2 - LM016L.	76
Figura 65 – Módulo PCF8574, Expansor de 8 bits para interface I ² C	76
Figura 66 – Conexão entre o módulo expansor e o LCD	77
Figura 67 – Circuito do sistema de aferição da temperatura	77
Figura 68 – Circuito do sistema de indicação de nível de bateria na ESP32.	78
Figura 69 – Circuito do sistema de aferição de temperatura e indicação do nível de bateria.	79
Figura 70 – Conexão via Bluetooth ESP32 e Celular	80
Figura 71 – Fluxograma do sistema de seguimento.	81

Figura 72 – Detalhamentos dos pinos da Ponte H BTS7960	82
Figura 73 – Exemplo de funcionamento do sensor ultrassonico	85
Figura 74 – Sensores ultrassonicos para detecção de obstáculos.	86
Figura 75 – Sensores ultrassonicos para detecção de desníveis.	87
Figura 76 – Módulo GPS para seguimento do cooler	88
Figura 77 – Módulo magnetômetro bússola para auxiliar no direcionamento do cooler	88
Figura 78 – Triângulo Esférico	89
Figura 79 – Código Conexão GPS Celular	90
Figura 80 – Definição dos pontos necessários para seguir	91
Figura 81 – Ângulo de Declinação	92
Figura 82 – Variável Deslocamento	92
Figura 83 – Circuito do sistema de seguimento	93
Figura 84 – Sistema eletrônico completo, composto pelas 2 ESP32	93
Figura 85 – Diagrama de integração travis Ci e Github.	95
Figura 86 – Diagrama de integração React Native e AsyncStorage.	96
Figura 87 – Diagrama de Integração.	97
Figura 88 – Tela Principal do Aplicativo.	98
Figura 89 – Tela de Configurações do Aplicativo. Fonte:	99
Figura 90 – Tela de Informações do Cooler.	100
Figura 91 – Tela de Conexão ao Cooler.	101
Figura 92 – Tela Quem Somos.	102
Figura 93 – Tela Sobre o Projeto.	103
Figura 94 – Diagrama de casos de uso.	105
Figura 95 – Diagrama Arquitetural de Software.	110
Figura 96 – Diagrama de Sequência - Fluxo Inicial.	111
Figura 97 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Informação.	112
Figura 98 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Acessibilidade.	113
Figura 99 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Configuração.	114
Figura 100 – Diagrama de Estado.	115
Figura 101 – Diagrama de Estado.	115
Figura 102 – Diagrama de Pacotes.	116
Figura 103 – Diagrama de Comunicação.	116
Figura 104 – Exemplo do funcionamento do GitFlow. Fonte: Autor	131
Figura 105 – Eixos do pinhão e tensionadores	134
Figura 106 – Tensionadores	135
Figura 107 – Caixa térmica	136
Figura 108 – Pinhão	137
Figura 109 – Braço da gangorra	138
Figura 110 – Cantoneira	139

Figura 111–Barra da cantoneira	140
Figura 112–Caixa dos componentes de eletrônica	141
Figura 113–Carregador	142
Figura 114–Sapatas	143

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela dos materiais que compõe o sistema de locomoção	20
Tabela 2 – Tabela com as tensões de escoamento	20
Tabela 3 – Dados do rolamento 626-Z.	25
Tabela 4 – Coeficientes de resistência a rolagem	34
Tabela 5 – Informações do fabricante sobre o freio eletromagnético	40
Tabela 6 – Informações sobre o coxim selecionado.	42
Tabela 7 – Amortecimento em função da razão de vibração e da vibração transmitida	46
Tabela 8 – Frequência e deslocamento para modelo sem amortecimento	49
Tabela 9 – Frequência e deslocamento para modelo com amortecimento	51
Tabela 10 – resultados de inclinação máxima do cooler em variadas condições . . .	54
Tabela 11 – Propriedades dos materiais isolantes	55
Tabela 12 – Quadro de demanda de carga do projeto	60
Tabela 13 – Algumas especificações ESP-WROOM-32	72
Tabela 14 – Algumas especificações Módulo Termômetro DS18B20	73
Tabela 15 – Algumas características técnicas do Display LCD LM016L	76
Tabela 16 – Ligações dos pinos do circuito do sistema de aferição de temperatura e indicação do nível de bateria.	78
Tabela 17 – Ligações da ponte h para controle do motor 1	82
Tabela 18 – Ligações da ponte h para controle do motor 2	82
Tabela 19 – Ligações dos pinos dos sensores ultrassônicos para detecção de obstáculos	87
Tabela 20 – Ligações dos pinos dos sensores ultrassônicos para detecção de desníveis	87
Tabela 21 – Ligações dos pinos do GPS	88
Tabela 22 – Ligações dos pinos da Bússola	89
Tabela 23 – Tabela de custos do projeto	144

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
2	REQUISITOS	14
2.1	Requisitos Estrutura	14
2.2	Requisitos Eletrônica	15
2.3	Requisitos Software	16
3	ESTRUTURAS	17
3.1	Sistema de locomoção	18
3.1.1	Materiais utilizados no sistema de locomoção	19
3.1.2	Pinhões	20
3.1.2.1	Simulação	21
3.1.3	Tensionadores	22
3.1.3.1	Simulação	23
3.1.3.2	Dimensionamento dos rolamentos	24
3.1.4	Esteira lagarta	26
3.1.4.1	Simulação	26
3.1.4.2	Dimensionamento das correntes	28
3.1.5	Chassi	30
3.1.5.1	Simulação	31
3.1.6	Dimensionamento do motor	32
3.1.6.1	Força de Resistência a Rolagem	33
3.1.6.2	Forças em um Plano Inclinado	34
3.1.6.3	Força de Resistência Inercial	35
3.1.6.4	Potência Total do Sistema	36
3.1.6.5	Escolha do motor	37
3.1.7	Freios	39
3.2	Dimensionamento do coxim	41
3.2.0.1	Dimensionamento estático	43
3.2.0.2	Dimensionamento dinâmico	45
3.3	Análise computacional de vibração	47
3.3.0.1	Modelo sem amortecimento	48
3.3.0.2	Modelo com amortecimento	49
3.4	Caixa Térmica	51
3.5	Estabilidade	53
3.6	Isolamento térmico e Transferência de calor	55

3.6.1	Estudo da Transferência de Calor	55
3.6.1.1	Condução	55
3.6.1.2	Convecção	57
3.6.1.3	Radiação	57
3.6.1.4	Absorção de calor pelo material isolante	58
3.6.1.5	Análise térmica	58
3.7	Sistema de alimentação	59
3.7.1	Banco de baterias e autonomia	59
3.7.2	Fonte de carregamento	60
3.7.2.1	Círculo bivolt	61
3.7.2.2	Círculo retificador	62
3.7.2.3	Círculo de carregamento	63
3.7.3	BMS - <i>Battery Management System</i>	65
3.7.4	Sistema elétrico	66
3.7.5	Círculo em placa PCB	66
3.7.6	Conversor DC-DC Step Down	68
3.8	Sistema de refrigeração	68
4	ELETRÔNICA	70
4.1	Sistema Eletrônico	70
4.2	ESP32	71
4.3	Aferição da Temperatura	73
4.3.1	Interface Gráfica para temperatura	75
4.3.1.1	<i>Liquid Crystal Display(LCD)</i>	75
4.3.1.2	Módulo PCF8574 - Interface I ² C	76
4.4	Indicação do Nível de bateria	78
4.5	Envio dos Dados para o aplicativo	79
4.6	Sistema de seguimento	80
4.6.1	Acionamento e controle dos motores	80
4.6.2	Detecção de obstáculos e desníveis	85
4.6.3	Uso do GPS e bússola no seguimento ao usuário	87
4.7	Esquemático Sistema Eletrônico	93
5	SOFTWARE	94
5.1	Arquitetura da Informação	94
5.1.1	Tecnologias utilizadas	94
5.1.1.1	React Native	94
5.1.1.2	Android	94
5.1.1.3	Travis CI	94
5.1.1.4	Bluetooth	94

5.1.1.5	Reconhecimento de voz	95
5.1.1.6	AsyncStorage	95
5.1.2	Comunicação das Tecnologias	95
5.1.2.1	Travis CI e github	95
5.1.2.2	Integração React Native e AsyncStorage	95
5.1.2.3	Integração bluetooth entre celular e sistema embarcado	96
5.1.3	Manutenção	97
5.1.4	Manual de Uso	97
5.1.5	Protótipo	97
5.1.5.1	Validação do Protótipo - Usuários Daltônicos	103
5.2	Modelagem de Requisitos	104
5.2.1	Visão de Casos de Uso	104
5.2.1.1	UC01 - Cadastrar nome do usuário	105
5.2.1.2	UC02 - Ver informações do Cooler	105
5.2.1.3	UC03 - Atualizar as informações do cooler	106
5.2.1.4	UC04 - Conectar com o Bluetooth do Cooler	106
5.2.1.5	UC05 - Ligar/Desligar o Cooler	107
5.2.1.6	UC06 - Abrir configurações GPS e Bluetooth	107
5.2.2	Especificação Suplementar	107
5.2.2.1	Escopo	108
5.2.3	Objetivo	108
5.2.4	Metodologia	108
5.2.5	Módulos	108
5.2.5.1	Usabilidade	108
5.2.5.2	Confiabilidade	108
5.2.5.3	Desempenho	109
5.2.5.4	Suportabilidade	109
5.2.6	Conclusão	109
5.3	Arquitetura do Software	109
5.3.1	Definição Arquitetural	109
5.3.1.1	Descrição do Sistema	110
5.3.2	Modelagem de Dados	110
5.3.2.1	Diagrama de Sequência	110
5.3.2.1.1	Fluxo Inicial	111
5.3.2.1.2	Fluxo de Informação	112
5.3.2.1.3	Fluxo de Acessibilidade	113
5.3.2.1.4	Fluxo de Configuração	114
5.3.2.2	Diagrama de Estado	114
5.3.2.2.1	Cadastro	115

5.3.2.2.2	Usuário padrão	115
5.3.2.3	Diagrama de Pacotes	115
5.3.2.4	Diagrama de Comunicação	116
5.4	Inovação	117
	REFERÊNCIAS	118
	APÊNDICES	122
	APÊNDICE A – PRINCIPAIS TOMADAS DE DECISÕES DE SOFTWARE	123
	APÊNDICE B – FUNCIONALIDADES IMPLEMENTADAS DE SOFTWARE	124
	APÊNDICE C – PLANO DE TESTES - ESPECIFICAÇÃO DAS HISTÓRIAS DE TESTE	125
C.1	US01 - Cadastrar nome do usuário	125
C.2	US02 - Ver informações do cooler	125
C.3	US03 - Atualizar informações do cooler	126
C.4	US04 - Conectar com bluetooth do cooler	126
C.5	US05 - Poder ligar/desligar o cooler	127
C.6	US06 - Abrir configurações (gps e bluetooth)	127
C.7	US07 - Exibir alerta caso o cooler se desconecte	128
C.8	US08 - Exibir alerta caso o cooler não consiga seguir a pessoa	128
C.9	US09 - Mudança de contraste no aplicativo	128
C.10	US10 - Alterar tamanho da fonte da letra	129
	APÊNDICE D – PLANO DE GERÊNCIA E CONFIGURAÇÃO DE SOFTWARE	130
D.0.1	Políticas	130
D.0.1.1	Política de Commits	130
D.0.1.2	Política de Branches	130
D.0.1.3	Política de Aprovação do Código	131
D.0.2	Uso de Issues	132
D.0.3	Ferramentas	133
D.0.3.1	Integração das Ferramentas	133
	APÊNDICE E – DESENHOS TÉCNICOS	134

	APÊNDICE F – CUSTOS	144
F.1	Estimativa de custos	144
	APÊNDICE G – AVALIAÇÃO INTERNA DO GRUPO	146
	ANEXOS	147
	ANEXO A – REPOSITÓRIOS DO PROJETO	148
	ANEXO B – DESENHOS TÉCNICOS	150
B.1	Freio	150
B.2	Redução	151
B.3	Coxim	151
B.4	Rolamento	152
B.5	Corrente	152
B.6	Pinhão	153
B.7	Motor	154

1 Introdução

O projeto "Track Cooler" consiste no desenvolvimento de um cooler robô, capaz de monitorar a temperatura interna, seguir o usuário de forma autônoma e fornecer informações por celular via aplicativo. Será projetado todo o sistema de alimentação elétrica, estrutural e o sistema embarcado, tanto software como eletrônica.

A busca pela otimização e personalização da experiência do usuário é a finalidade deste projeto, oferecendo um produto recreativo comum em eventos, porém inteligente, o que busca atender o comportamento de consumo de integração tecnológica, com recursos que vão desde o monitoramento da temperatura interna até a possibilidade de movimentação de forma autônoma, seguindo o usuário.

Por meio de metodologias de gestão de projeto e o levantamento de vários aspectos para o desenvolvimento de um produto que solucione o problema apresentado, foi-se levado em consideração o atendimento da proposta de ação da equipe, assim como questões de recursos financeiros, humanos, tempo de execução, e restrições para o sucesso de execução do projeto.

2 Requisitos

2.1 Requisitos Estrutura

- Deverá permitir o carregamento das baterias:

O usuário poderá recarregar a bateria tendo acesso a um ponto de tomada comum em baixa tensão 220 Vca ou 110 Vca.

- O sistema de alimentação deve atender à demanda:

O sistema de alimentação deve ser projetado de forma a garantir o correto funcionamento de todo o circuito eletroeletrônico.

- Deverá garantir a integridade e segurança do projeto:

Todo o dimensionamento do sistema de alimentação deverá seguir as normas técnicas vigentes a fim de garantir a proteção dos usuários e integridade de todos os componentes.

- O cooler deve ter uma boa capacidade de manter a temperatura interna:

Deve ser projetado para conseguir manter a temperatura dos ítems dentro da caixa por um tempo alto o suficiente comparado aos coolers disponíveis no mercado.

- Suportar carga total da caixa térmica cheia:

Deve suportar e se locomover com facilidade considerando o caso de a caixa térmica estar totalmente cheia, permitindo uma variedade de utilizações, seja cheia de gelo apenas ou gelo e garrafas e/ou latas.

- Possibilidade de movimentação em terrenos planos e de baixa erosão:

Deve se locomover sem dificuldade, enquanto está carregado e sem carga, em terrenos planos, com baixa erosão e com poucas ou nenhuma inclinação, cobrindo todas as possíveis utilizações do produto em ambiente urbano.

- Resistência a pequenas quedas, tombamentos ou choques mecânicos:

Deve ter uma resistência mínima para suportar casos que podem ocorrer em situações normais, como uma pequena queda na hora de manusear o produto, ou não tornar-se inutilizável após um tombamento devido ao uso em algum terreno com inclinação não apropriada.

- Velocidade equivalente ao andar de uma pessoa:

Deve conseguir seguir uma pessoa em velocidade de caminhada em terreno plano e em terrenos inclinados, mas não terá velocidade para acompanhar pessoas em velocidade de corrida.

- Movimentação em ambas as direções e giro de até 360 graus para curvas:
Deve conseguir manobrar em torno do próprio eixo em 360 graus a fim de contornar obstáculos evitando colisão do produto, permitindo que continue seguindo o usuário em qualquer ambiente.
- Absorver as vibrações causadas por irregularidade no terreno:
Deve garantir que as vibrações provenientes de irregularidades do solo, não causem danos ao conteúdo que esteja no interior do cooler.

2.2 Requisitos Eletrônica

- Seguir o usuário e localizar o cooler através do módulo GPS:
A função de seguimento do Track Cooler ocorrerá por meio da comparação entre os posicionamentos entre o cooler e o *Smartphone* do usuário, caso o usuário escolha através do aplicativo que o protótipo não o siga, ainda haverá a possibilidade de localizar o cooler em relação a latitude, longitude, data e hora através do celular.
- Conectar o Cooler ao aplicativo a partir por módulo bluetooth:
Os dados dos sensores de temperatura, GPS estarão disponíveis através do aplicativo, para isso será necessário que o usuário mantenha sempre o Bluetooth ligado. Com essa conexão o usuário poderá saber através do aplicativo, se o cooler conseguiu identificar o seu sinal GPS.
- Aferir a temperatura do cooler:
Para melhorar a experiência do usuário com o protótipo será possível verificar qual a temperatura interna do cooler, que será mostrada em um display e no aplicativo.
- O protótipo deve identificar desníveis:
Com o intuito de evitar que o cooler caia em algum buraco ou outro desnível, será usado um sensor ultrassônico para alertar o usuário que há o terreno é irregular para a passagem do protótipo e desviá-lo de lá.
- O protótipo deve funcionar com o aplicativo ligado:
A fim de evitar que qualquer pessoa se conecte ao módulo bluetooth do cooler, será feito um aplicativo que só permita que o cooler ligue quando o mesmo é acionado.
- O Protótipo deve seguir o usuário à partir de uma determinada distância:
Para evitar que o cooler fique andando atrás do usuário quando o mesmo estiver perto e o siga apenas quando ocorrendo um determinado afastamento.

2.3 Requisitos Software

- Cadastrar o nome do usuário:

Eu, como usuário, desejo ter meu nome na aplicação para personalizar o meu aplicativo.

- Ver informações do cooler:

Eu, como usuário, desejo ver as informações do Track Cooler para que eu possa monitorá-lo.

- Atualizar informações do cooler:

Eu, como usuário, desejo atualizar as informações do Track Cooler para ter um maior controle.

- Conectar com bluetooth do cooler:

Eu, como usuário, desejo me conectar ao Track Cooler por bluetooth para que ele possa me acompanhar.

- Poder ligar/desligar o cooler:

Eu, como usuário, desejo poder ligar/desligar o Track Cooler para controlar quando ele pode ou não me seguir.

- Poder travar/destravar o cooler:

Eu, como usuário, desejo ligar e desligar o gps e bluetooth para que o Track Cooler saiba onde eu estou e possa me acompanhar.

- Exibir alerta caso o cooler se desconecte:

Eu, como usuário, desejo receber um alerta caso o Track Cooler tenha o bluetooth desconectado abruptamente para que eu possa tomar as devidas providências.

- Exibir alerta caso o cooler não consiga seguir a pessoa:

Eu, como usuário, desejo receber um alerta caso o Track Cooler não consiga me acompanhar para que eu possa tomar as devidas providências.

- Comandos por voz:

Eu, como usuário, desejo poder dar comandos de voz ao aplicativo para melhor integração e acessibilidade com o Track Cooler.

- Mudança de contraste no aplicativo:

Eu, como usuário, desejo alterar o contraste do aplicativo para melhor visualização das informações na tela do aparelho celular.

- Alterar tamanho da fonte da letra:

Eu, como usuário, desejo alterar o tamanho da letra para melhor adequação ao meu tipo de leitura.

3 Estruturas

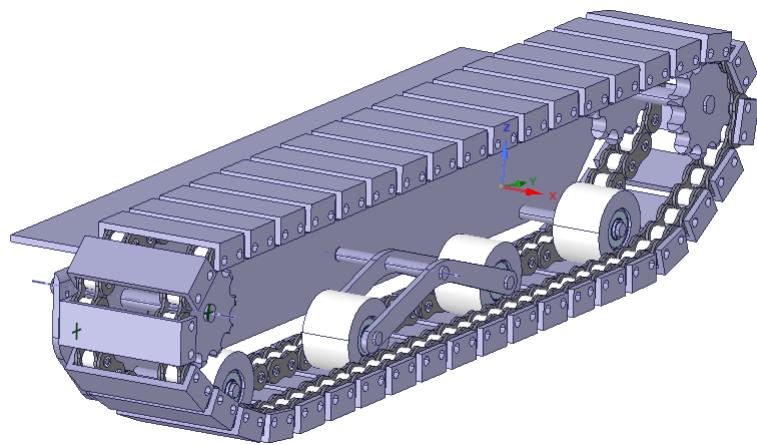
Para a realização das atividades do ponto de controle 2, os integrantes de automotiva e aeroespacial ficaram responsáveis pelas modelagens do CAD, desenhos técnicos, pesquisa de materiais, além dos dimensionamentos e simulações de toda parte estrutural. Os integrantes de engenharia de energia, ficaram responsáveis pelo dimensionamento do banco de baterias, circuitos da fonte, dimensionamento do sistema de alimentação e simulações de transferência de calor.

Comparado com o relatório do ponto de controle 1, foi necessário realizar algumas alterações nas ideias do projeto que estavam definidas até então. Essas alterações serão discutidas nos tópicos a seguir, junto com novas soluções, suas justificativas e maiores detalhes consolidados após o ponto de controle 1.

Nos tópicos a seguir, também serão apresentadas imagens do CAD, simulações estruturais, de vibração e de transferência de calor, além de cálculos de dimensionamento, para comprovar a viabilidade.

Após a modelagem em CAD de todos os ítems que vão compor a esteira e a definição de seus respectivos materiais, o software CATIA V5R21 estimou um peso aproximado de 15 kg sem nenhuma carga sendo transportada. Para a realização dos cálculos, foi considerado a utilização do Track Cooler em condição de uso extremo, como por exemplo, considerar o interior do cooler completamente cheio de água, dando um valor de 34 kg de carga, e tendo assim um peso total aproximado de 49 kg. Porém, outros fatores inesperados podem ocorrer levando ao aumento do peso total do cooler, como por exemplo a utilização de objetos mais densos no interior da caixa térmica, aumentando o peso de carga transportada. Dessa forma, será considerado um fator de segurança de 1,2 para garantir o bom dimensionamento em condições não previstas, e os cálculos e simulações, serão feitos considerando o cooler com uma massa de 60 kg.

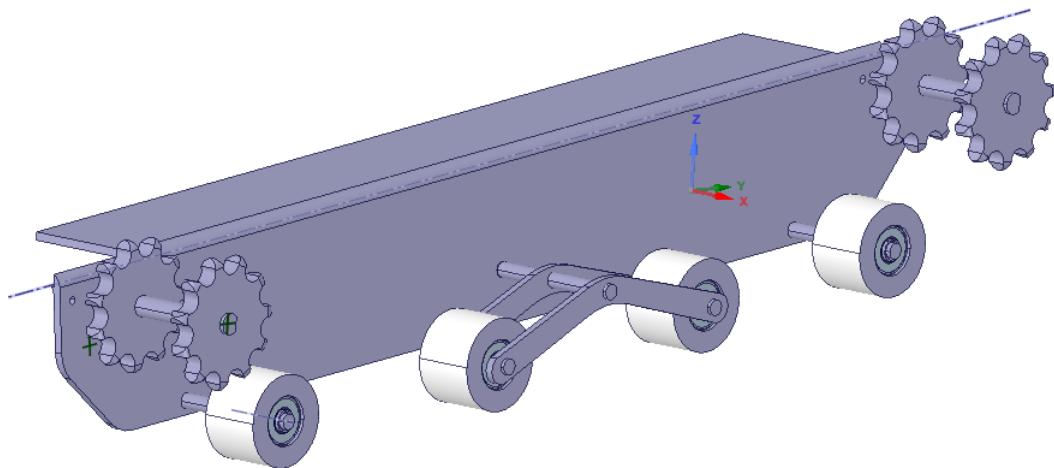
3.1 Sistema de locomoção



Fonte: Autor

Figura 1 – Esteira montada com seus mecanismos

Na figura, é possível observar a esteira e seus mecanismos completamente montados. A esteira lagarta é composta por duas correntes que vão estar unidas por sapatas feitas em impressora 3D, presas com o mesmo pino que fecha o elo das correntes.



Fonte: Autor

Figura 2 – Mecanismos do sistema de locomoção sem a esteira

Na imagem acima, foi retirado a esteira para melhor visualização dos mecanismos. Nessa imagem, é possível observar dois pinhões em cada extremidade, onde os mesmos estão fixos em um eixo. Um desses eixos está conectado diretamente a redução do motor, sendo esse o responsável por transferir o torque do motor para os pinhões, enquanto o outro eixo, estará diretamente conectado a um freio magnético. Foi necessário alterar o diâmetro do eixo que liga a redução do motor aos pinhões, que mudou dos 10 mm cotados

no relatório do PC1 para 8 mm. Essa mudança foi necessária para se adequar ao diâmetro do eixo da redução.

Podemos observar também os 4 tensionadores, responsáveis por sustentar o peso do Track Cooler no chão e servir como um guia para que a esteira se movimente da forma correta. Além disso, dois desses quatro tensionadores estarão presos em um mesmo eixo fazendo um movimento semelhante a uma gangorra, e serão responsáveis por moldar a parte central da esteira às irregularidades do solo.

3.1.1 Materiais utilizados no sistema de locomoção

Os principais materiais que compõe o sistema de locomoção são o Aço 1045, 1020, PLA (ácido polilático) e o TPU (poliuretano termoplástico). O aço 1045, compõe todos os eixos presentes no sistema de locomoção, devido a facilidade de se encontrar eixos feitos desse material no mercado, além de se adequar perfeitamente aos requisitos estruturais do Track Cooler.

Os pinhões, braços de gangorra e cantoneiras são feitos de aço 1020 devido seu preço e seu valor de tensão de escoamento, que se adequa perfeitamente as necessidades do cooler, como será observado nas seções a seguir.

As sapatas são feitas do polímero termoplástico PLA, muito utilizado em impressoras 3D devido sua resistência mecânica e facilidade para se trabalhar. Seu valor médio de tensão de escoamento se encaixa dentro dos requisitos determinador por meio de simulações.

Para extender a vida útil das sapatas, as mesmas serão revestidas utilizando TPU, que foi escolhido pelas suas características físicas que lhe dão uma resistência maior a abrasão além de ser um material levemente elástico, sendo utilizado por exemplo na fabricação de sapatos, que são itens que tendem a sofrer bastante desgaste por estarem em constante contato com superfícies abrasivas. O material pode ser feito tanto por meio de impressão 3D quanto por moldes, o que permite que sejam fabricados em pequena e larga escala com facilidade.

Tabela 1 – Tabela dos materiais que compõe o sistema de locomoção

Componente	Material
Sapatas	PLA
Pinhões	Aço ABNT 1020
Eixos dos pinhões	Aço ABNT 1045
Eixos dos tensionadores	Aço ABNT 1045
Braço da gangorra	Aço ABNT 1020
Cantoneira	Aço ABNT 1020
Barras de reforço	Aço ABNT 1020
Tensionadores	Nylon
Revestimento das sapatas	TPU

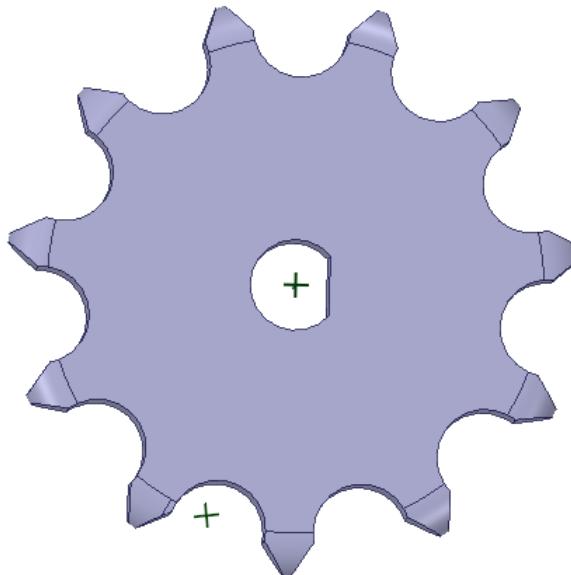
Fonte: Autor

Tabela 2 – Tabela com as tensões de escoamento

Material	Tensão de escoamento (MPa)
PLA	24,8
Aço ABNT 1020	330
Aço ABNT 1045	385

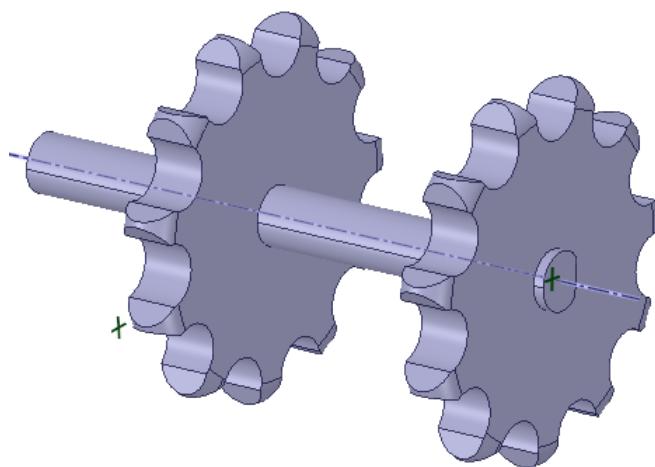
Fonte: (3) (4) (5)

3.1.2 Pinhões



Fonte: Autor

Figura 3 – CAD do pinhão



Fonte: Autor

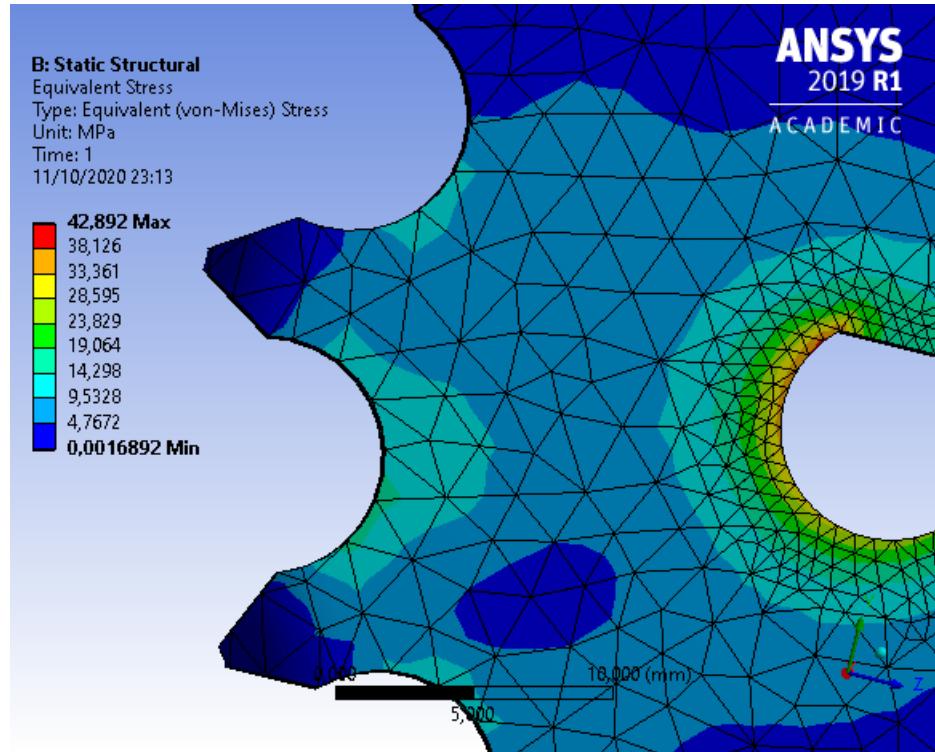
Figura 4 – Pinhões presos ao eixo

Os pinhões são os responsáveis por transmitir o torque do motor para a esteira lagarta, permitindo que o cooler entre em movimento. Serão feitos de aço 1020, possuindo 11 dentes e um diâmetro de 45,08 mm. Estarão presas por um eixo de aço 1045 de um diâmetro de 8 mm.

Diferentemente do que foi cogitado no ponto de controle 1, o pinhão será uma peça fabricada sob medida, para facilitar o acoplamento ao padrão do eixo da redução. Por isso foram realizadas simulações para constatar que o seu design conseguirá suportar cargas em condições adversas.

3.1.2.1 Simulação

Para comprovar a eficiência do design do pinhão, foi considerado um caso extremo, onde a força causada pelo torque máximo que pode ocorrer na saída da redução, que é de aproximadamente 15 N.m, era aplicada em um único dente. Considerando que o diâmetro do pinhão é de 50,87 mm, foi aplicada uma força de cerca de 610 N em um dos dentes. Com essa condição, foi possível observar que a tensão de Von-Mises ocorre próxima ao furo onde o eixo ficará preso, e é de aproximadamente 42 MPa, que é bem abaixo do limite de escoamento do aço 1020 que é de aproximadamente 330 MPa (4), dando um fator de segurança aproximadamente igual a 8.

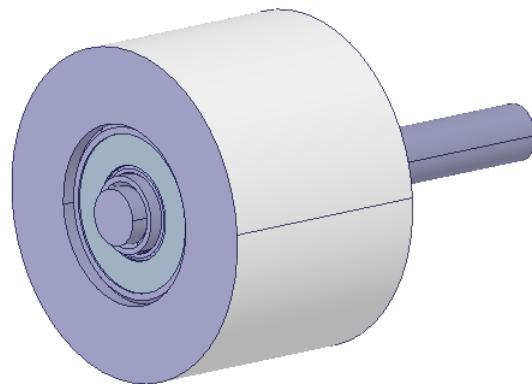


Fonte: Autor

Figura 5 – Simulação

3.1.3 Tensionadores

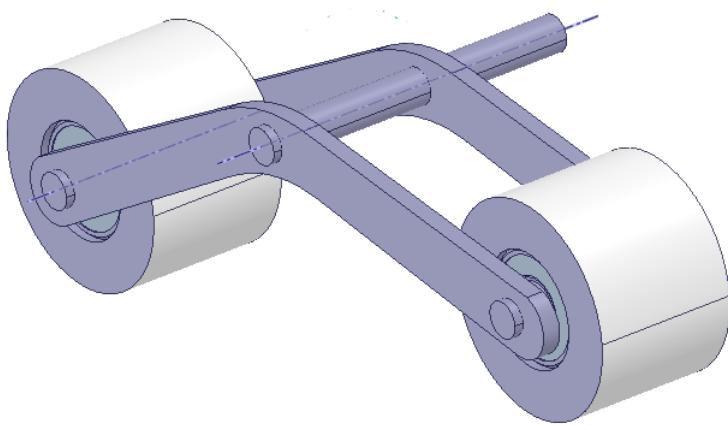
Os tensionadores serão feitos a partir de tarugos de nylon, que serão cortados em peças de 24 mm de largura e 35,2 mm de diâmetro, com furos central de 19 mm de diâmetro. Nesse furo, será utilizado o rolamento 626-Z da SKF com um diâmetro interno de 6 mm, que receberá um eixo também de 6 mm interligando o tensionador a cantoneira.



Fonte: Autor

Figura 6 – Imagem do tensionador, rolamento e eixo

Além dos tensionadores individuais, tem-se o conjunto de dois tensionadores que serão os responsáveis por realizar um movimento semelhante ao de uma gangorra, por isso esse conjunto de peças foi nomeado de "gangorra". A movimentação desse conjunto permite que a esteira se molde às irregularidades do solo, garantindo em muitos casos que ela tenha um bom contato com o solo, mesmo em terrenos de condições adversas. Esse componente é feito por dois braços de aço 1020 que serão fabricados sob medida, e que vão ser os responsáveis por sustentar os tensionadores com o auxílio de dois pinos de 6mm de diâmetro. Esses braços, juntos com os tensionadores, serão presos a cantoneira por meio de um eixo também de 6mm feito de aço 1045.



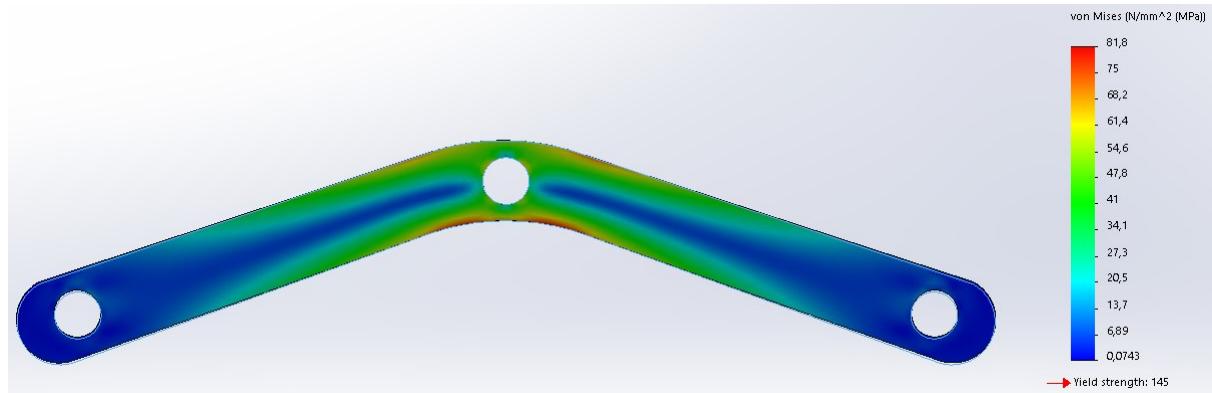
Fonte: Autor

Figura 7 – Sistema de gangorra

Como já foi dito anteriormente, os tensionadores terão como principal função sustentar todo o peso do cooler no chão. Sabendo disso, pode-se concluir que os braços que compõe a "gangorra", podem sofrer riscos de deformação elástica ou ruptura se não forem corretamente dimensionados. Para impedir que isso ocorra, foi necessária a realização de simulação de esforços aplicados ao braço da gangorra. Além disso, também foi realizado um dimensionamento de rolamentos para definir um modelo que melhor se encaixe com as condições que o Track Coller vai enfrentar.

3.1.3.1 Simulação

Na simulação da figura 8, foi considerado um caso extremo onde todo o peso do cooler que uma única esteira sustenta está sendo apoiado apenas pelos dois tensionadores da gangorra. Neste caso, considerando que a massa susentada por cada esteira (nas condições estabelecidas para cálculos e simulações) seja de 30 kg e a força peso seja de 294,3 N, cada braço estaria recebendo uma força de 73,5 N em cada uma das extremidades da peça, e foi exatamente isso que foi simulado.



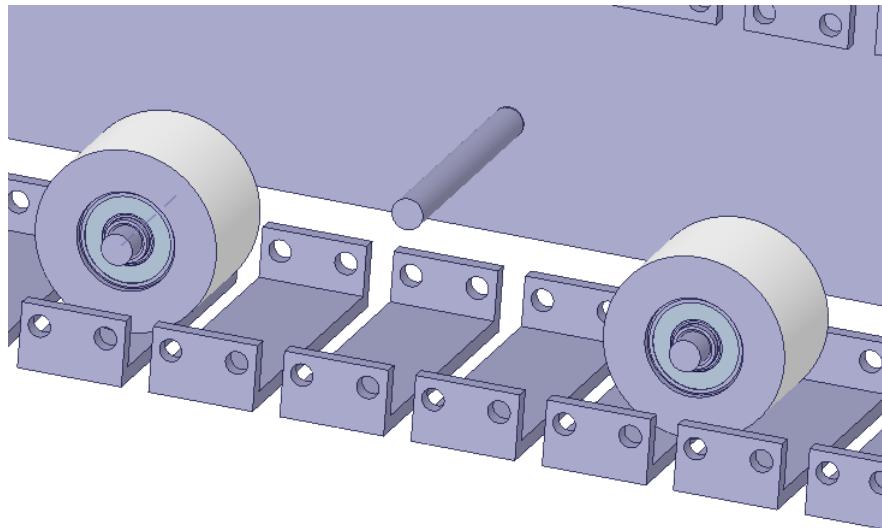
Fonte: Autor

Figura 8 – Simulação de carga aplicada no braço da gangorra

Com os resultados da simulação, a tensão máxima de Von Mises é de 81,8 MPa. Abaixo dos 330 MPa da tensão média de escoamento da tabela 2, entregando um fator de segurança de valor 4.

3.1.3.2 Dimensionamento dos rolamentos

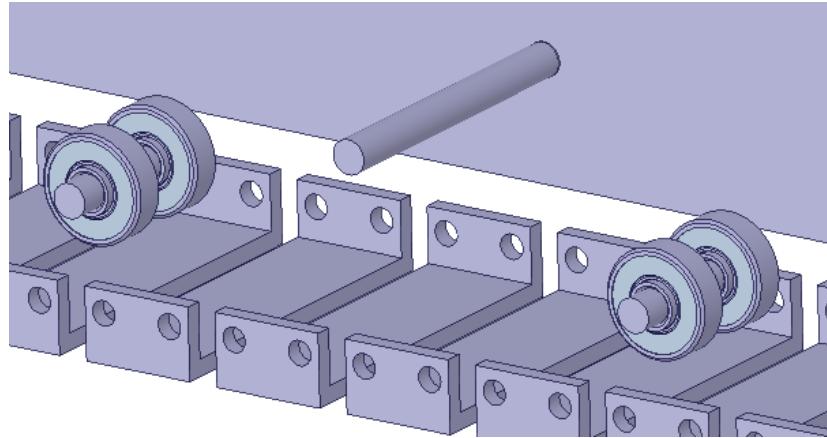
Para permitir que os tensionadores girem em torno do eixo de apoio, serão utilizados dois rolamentos em cada tensionador, localizados, cada um, em uma das extremidades do tensionador.



Fonte: Autor

Figura 9 – Tensionador com rolamento no eixo

Para o projeto, foi selecionado um rolamento rígido de esferas da fabricante SKF, por acomodar cargas tanto radiais como axiais e por apresentar baixo ruído e vibração, segundo a fabricante. Além disso, apresenta menor necessidade de manutenção quando comparado à outros tipos de rolamento.



Fonte: Autor

Figura 10 – Posição do rolamento no eixo

O modelo escolhido foi o SKF 626-Z, e suas características estão listadas na tabela a seguir:

Tabela 3 – Dados do rolamento 626-Z.

Diâmetro interno (d)	6 mm
Diâmetro externo (D)	19 mm
Largura (B)	6 mm
Carga dinâmica básica (C_r)	2,34 kN
Carga estática básica (C_o)	0,95 kN
Limite de carga de fadiga	0,04 kN
Velocidade limite	50000 RPM
Massa do rolamento	0,0088 kg

fonte: (6)

Para encontrar a vida nominal em horas de operação para rolamentos de esferas para esforços radiais, foram utilizados os cálculos analíticos (7) descritos abaixo.

Fator de rotação f_n :

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33.3}{n}} = 0,27 \quad (3.1)$$

n = rotação do rolamento = 543,57 rpm

Fator de vida f_h :

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P_r} = 17,17 \quad (3.2)$$

P_r = carga radial em cada rolamento = 36,78 kN

Por fim, a carga básica nominal L_{10h} pode ser obtida:

$$L_{10h} = 500f_h^3 = 2500000 \text{ h} \quad (3.3)$$

Dessa forma, conclui-se que o rolamento proposto suportará a 2500000 horas de operação.

3.1.4 Esteira lagarta

É composta por duas correntes ANSI ASA 40-1 que são unidas por sapatas de material PLA feitas em impressora 3D. Essas sapatas serão presas as correntes através do próprio pino que fecha o elo da corrente. Cada sapata tem 3 mm de espessura nas abas laterais e 6 mm de espessura na parte inferior. Foi necessário aumentar a espessura da parte inferior da sapata, de 3 mm (cotados no relatório do PC1) para os 6 mm atuais, devido a necessidade de se conseguir um menor valor de tensão máxima, para que o material escolhido para as sapatas consiga suportar com segurança os esforços provocados nas situações de operação.

Além disso, entre o solo e as sapatas terá uma camada de TPU, que vai ser responsável por diminuir o desgaste das sapatas, aumentando sua vida útil. Para a fabricação dessa camada de proteção, também será utilizado impressora 3D devido a facilidade de fabricação.

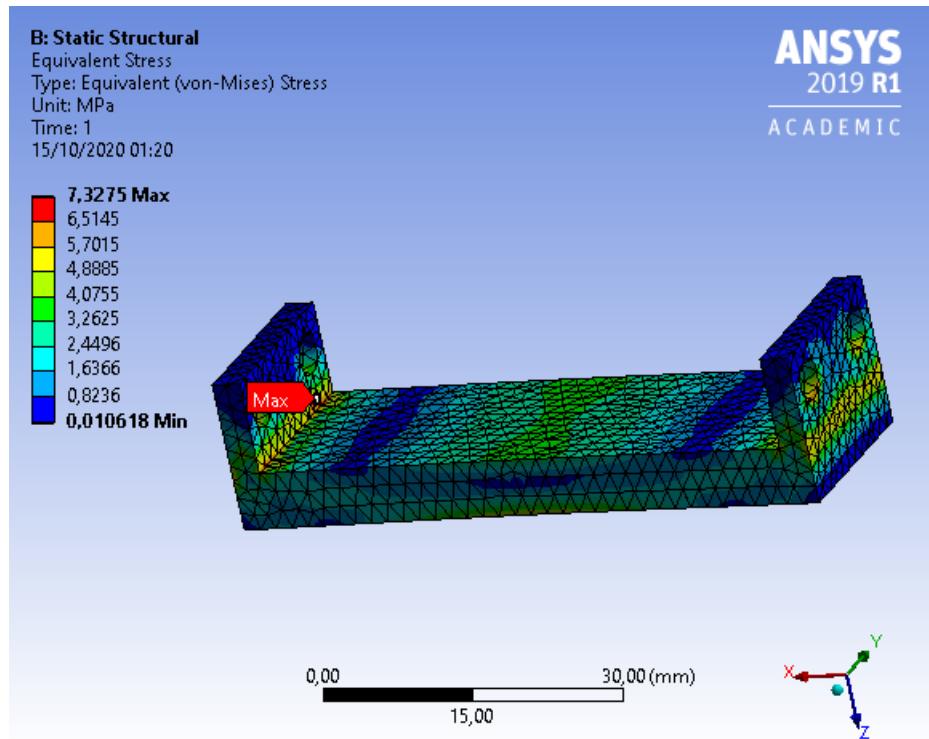
Para garantir que as correntes e as sapatas vão aguentar as cargas impostas a elas, foram realizadas simulações para saber se o material das sapatas vai suportar as cargas nas piores condições imaginadas. Também foram realizados cálculos de dimensionamento das correntes, que estarão disponíveis em um dos tópicos a seguir.

3.1.4.1 Simulação

Para simular as cargas nas sapatas, foi considerado uma condição extrema e difícil de acontecer, mas que pode ocorrer em algum momento da utilização do Track Cooler. Essa condição, seria que todo o peso sustentado por uma das esteiras esteja concentrado em apenas duas, das 40 sapatas presentes em um único lado do cooler, onde cada uma dessas duas sapatas, recebem uma força de 147 N na sua face inferior.

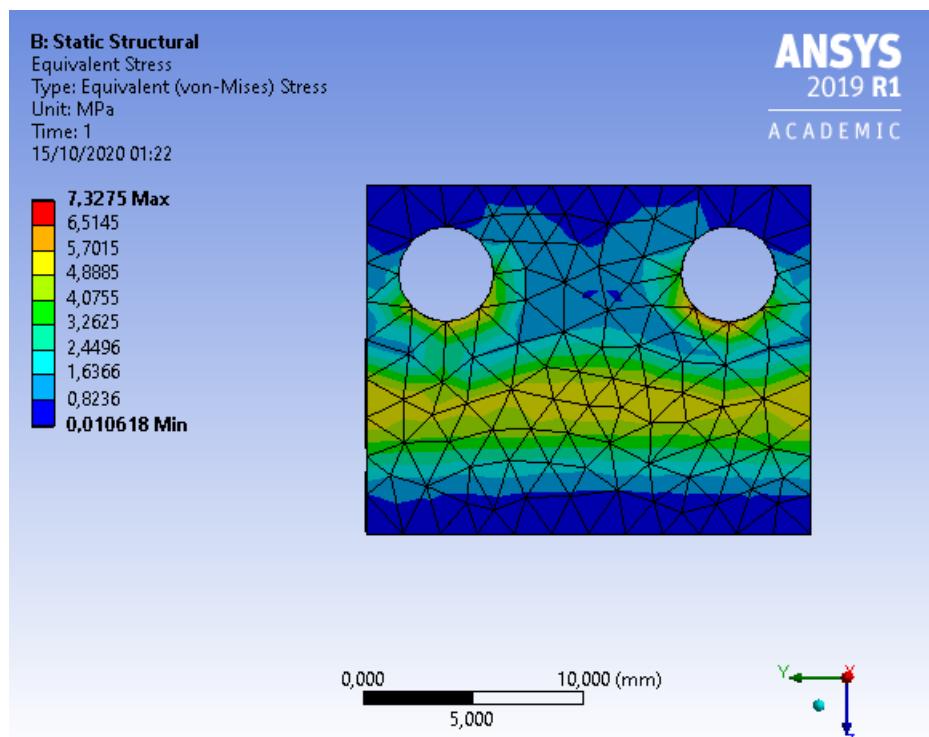
De acordo com a figura 11, esse pior cenário considerado, causa uma tensão de von-Mises máxima de 7,33 MPa, bem abaixo da tensão de escoamento do PLA que é de aproximadamente 24,8 MPa (5). Essa diferença da um fator de segurança no valor de 3,38.

A deformação máxima é de 0,18702 mm, um valor muito pequeno que não vai causar problemas para o funcionamento correto da esteira.



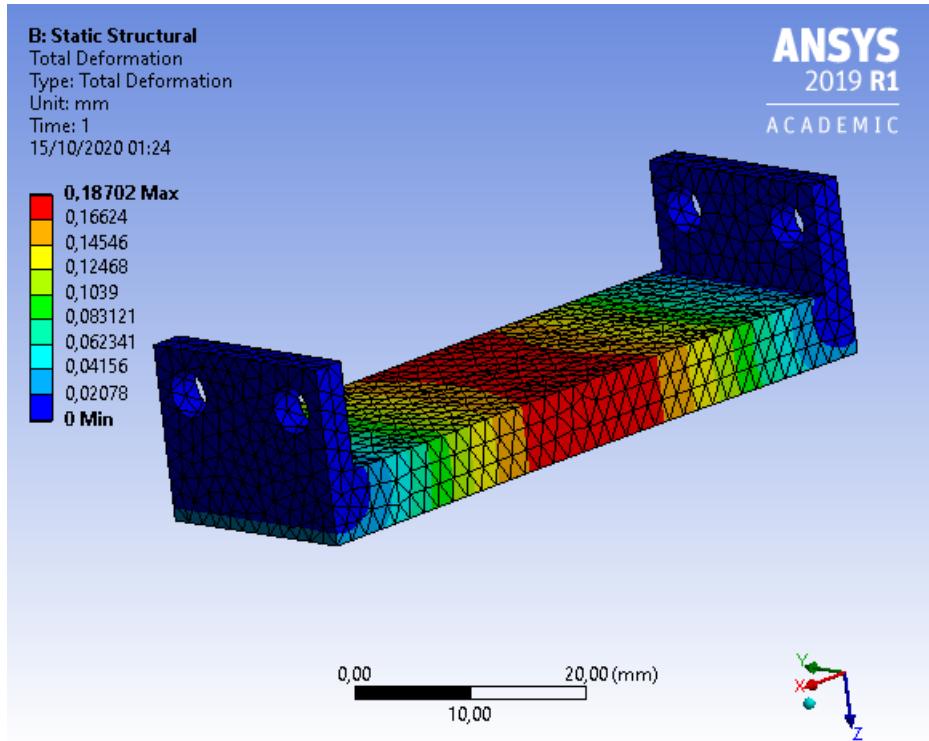
Fonte: Autor

Figura 11 – Simulação de tensão de Von-Mises da sapata



Fonte: Autor

Figura 12 – Visão das tensões em torno dos furos da sapata



Fonte: Autor

Figura 13 – Deformação da sapata

3.1.4.2 Dimensionamento das correntes

Para a corrente do sistema de esteiras, optou-se por uma corrente de rolos ANSI ASA 40-1, por se tratar de uma corrente amplamente utilizada no mercado, de fácil reposição, com 12,7 mm de passo facilitando a fabricação das sapatas e com roletes que proporcionam um menor desgaste devido ao contato deslizante.

Para dimensionar a corrente deve-se calcular a:

- Velocidade periférica da corrente, para garantir que o valor será menor que 11 m/s.

$$V_p = \frac{N \cdot p}{60} \rightarrow V_p \cong 1,0 \text{ m/s} \quad (3.4)$$

Onde,

N = Número de dentes da roda dentada;

p = Passo da corrente;

n = Velocidade da roda dentada em revoluções por minuto.

- Força Tangencial

$$F_t = \frac{P}{V_P} = 101,53 \text{ N} \quad (3.5)$$

Onde,

P = Potência;

V_p = Velocidade periférica.

- Fator de operação

$$k = k_s * k_l * k_{po} = 1,3 \quad (3.6)$$

Onde,

k_s = Fator de serviço, 1,0 para operação intermitente;(8)

k_l = Fator de lubrificação, 1,3 para lubrificação periódica;(8)

k_{po} = Fator de posição, 1,0 para inclinação de serviço até 45º.(8)

- Carga de ruptura da corrente, que deve ser menor que 17000 kg (9), valor estabelecido pelo fabricante da corrente

$$F_{Rup} = F_t * N_s * k = 1135,2N \cong 115,75 \text{ kg} \quad (3.7)$$

Onde,

F_t = Força tangencial;(8)

N_s = Fator de segurança, 8,4 para 400 RPM em uma corrente com 12,7 mm de passo;(8)

k = Fator de operação.(8)

Pode-se calcular também a potência nominal suportada pelas placas e pelos roletes, seguindo a publicação da *American Chain Association, Chains for Power Transmission and Materials Handling*.

- A potência suportada pela placa

$$H_1 = 0,003 * N_1^{1,08} * n_1^{0,9} \frac{p^{3-0,07\frac{p}{25,4}}}{25,4} = 1,3977 \text{ kW} \quad (3.8)$$

- A potência suportada pelo rolete

$$H_2 = \frac{746 * K_r * N_1^{1,5} * \frac{p}{25,4}^{0,8}}{n_1^{1,5}} = 3,6162 \text{ kW} \quad (3.9)$$

Onde,

N_1 = Número de dentes da roda dentada;

p = Passo da corrente em milímetros;

n_1 = Velocidade da roda dentada em revoluções por minuto;

K_r = 17, Valor para corrente ASA 40.

Após os cálculos, confirmou-se a escolha da corrente de rolo ANSI ASA 40-1, a qual atendeu aos requisitos preestabelecidos.

Para dimensionar a roda dentada, aqui também chamado de pinhão, baseou-se no diâmetro necessário para atingir a velocidade de 1 m/s, aproximadamente 45 mm. Pela norma ANSI o pinhão que mais se aproximou a dimensão foi o de 11 dentes e passo 12,7 mm.

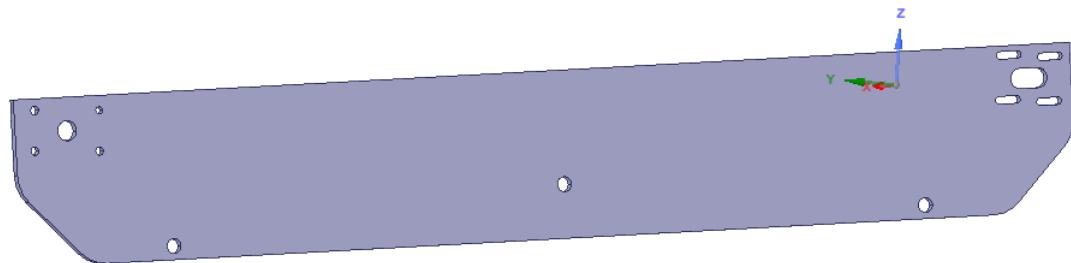


Fonte: Autor

Figura 14 – Dimensões da Roda dentada pela norma ANSI

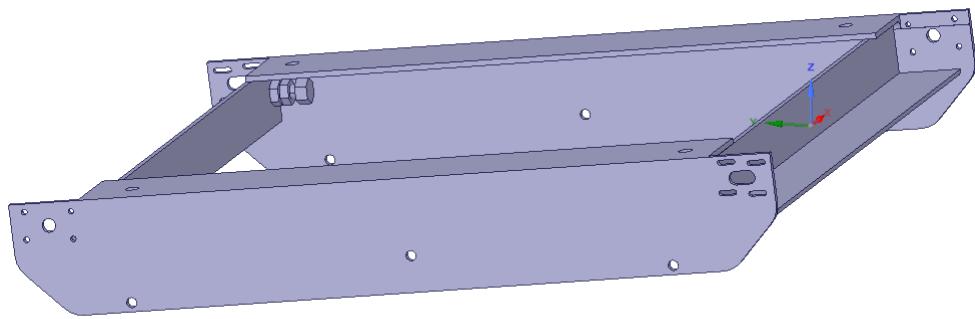
3.1.5 Chassi

O chassi será feito de aço 1020, é a estrutura responsável por sustentar os motores, redução, freios, mecanismos da esteira, e a caixa térmica. O chassi é composto por duas cantoneiras (figura 15) que serão soldadas (figura 16), garantindo maior rigidez e estabilidade para a estrutura.



Fonte: Autor

Figura 15 – Visão do CAD da cantoneira



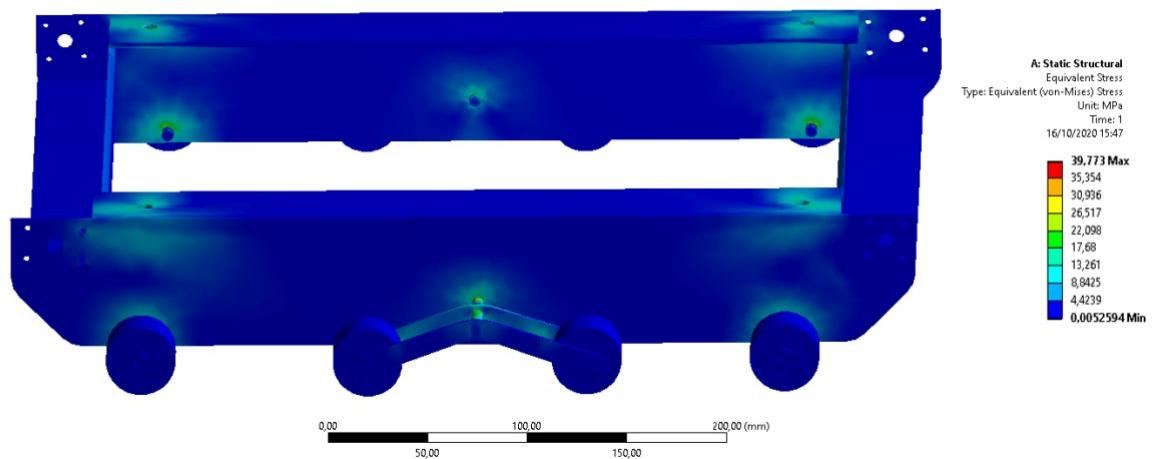
Fonte: Autor

Figura 16 – Cantoneiras com as barras de reforço

3.1.5.1 Simulação

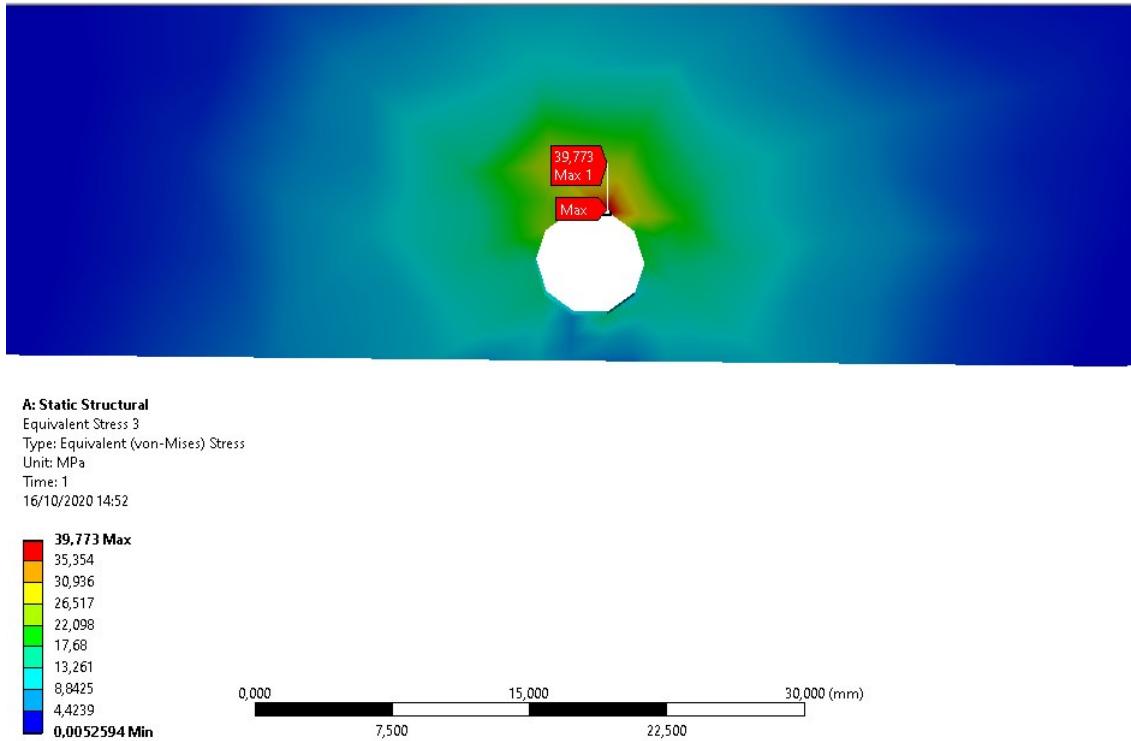
A estrutura do chassi foi simulada para observar as tensões causadas por cargas provocadas pelo peso do Track Cooler, foi considerado forças aplicadas nos furos onde os coxins são presos. As forças aplicadas e cada um dos quatro furos é de 147 N, e os tensionadores serviram como apoio fixo como se estivessem apoiado no solo.

Como pode ser observado na figura 17, a máxima tensão de von mises no chassi é de 39,773 MPa. Ela ocorre na região dos furos onde o eixo dos tensionadores são presos na cantoneira, como pode ser observado na figura 18. O valor de tensão máxima de von mises é bem menor que a tensão de escoamento do aço 1020 que corresponde aproximadamente 330 MPa de acordo com os valores da tabela 2, isso dá um fator de segurança no valor de 8,3.



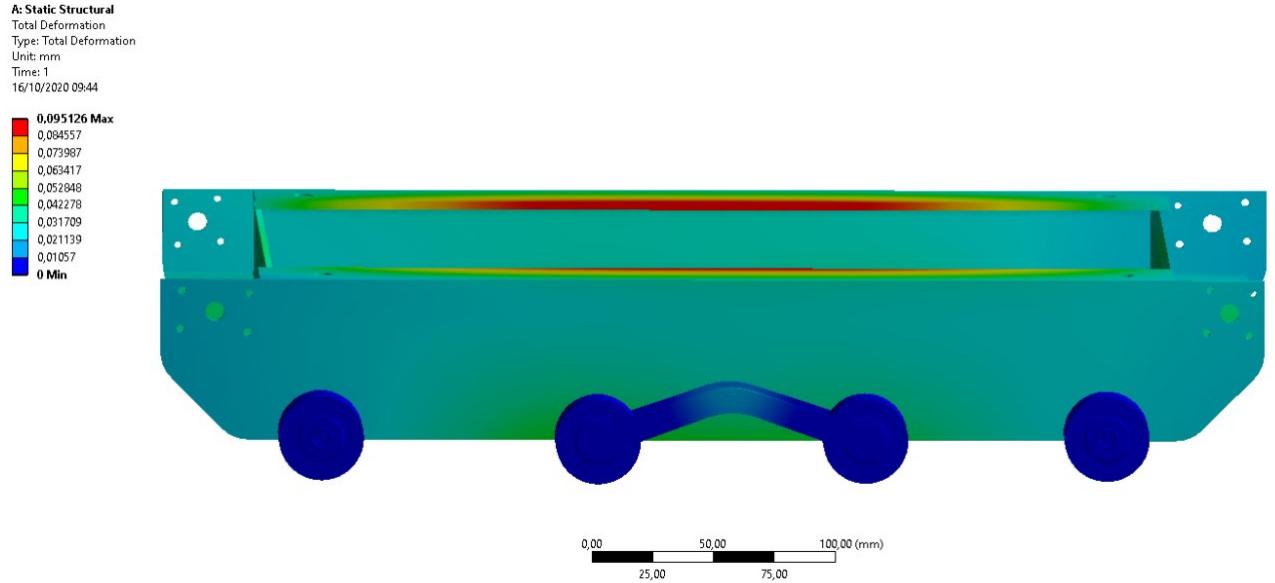
Fonte: Autor

Figura 17 – Simulação de tensão de von-Mises



Fonte: Autor

Figura 18 – Simulação de tensão de von-Mises



Fonte: Autor

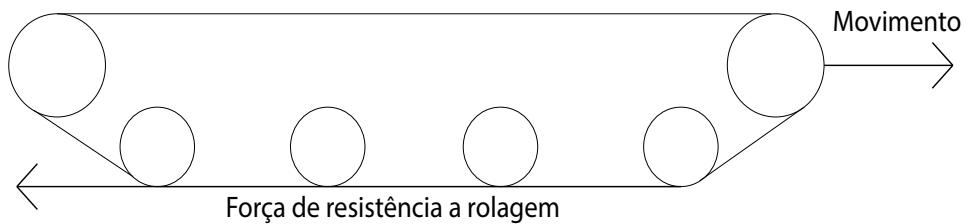
Figura 19 – Simulação de deformação

3.1.6 Dimensionamento do motor

Para o dimensionamento do motor elétrico, foram utilizadas quatro equações principais: três equações para as forças de resistência que agem no cooler e uma para o cálculo da potência total do sistema.

3.1.6.1 Força de Resistência a Rolagem

A primeira força de resistência a ser considerada é a resistência a rolagem, que é uma força que se opõe ao movimento longitudinal de objetos com roda, equiparando-se à força de atrito de blocos em contato direto com a superfície.



Fonte: Autor

Figura 20 – Força de Resistência a Rolagem

Elas consideram a pressão na área de contato entre uma roda e a superfície em que ela está andando, assim como o material de ambas as rodas e a superfície. Em termos mais simples, elas são a força necessária para manter uma roda girando em uma superfície:

$$F_r = m \cdot g \cdot \mu_r \quad (3.10)$$

onde:

F_r = força de resistência a rolagem

m = massa do sistema

g = aceleração da gravidade

μ_r = coeficiente de resistência a rolagem

O coeficiente de resistência a rolagem μ_r é uma função das várias características da roda, ou do pneu caso estes estejam em contato com o chão, e da superfície. Características como massa do sistema, material da roda e da superfície, rugosidade da superfície, estrutura da roda, temperatura da roda, assim como a presença ou não de líquidos na superfície e caso sejam utilizados pneus, a pressão interna dos mesmos também é levada em consideração. Existem tabelas com valores do coeficiente obtidos de forma experimental para situações mais comuns como pneus de borracha em contato com o concreto.

Tabela 4 – Coeficientes de resistência a rolagem

Tipo de veículo	Concreto	Superfície Meio Dura	Areia
Carro de Passageiros	0,015	0,08	0,30
Caminhões Pesados	0,012	0,06	0,25
Tratores	0,02	0,04	0,20

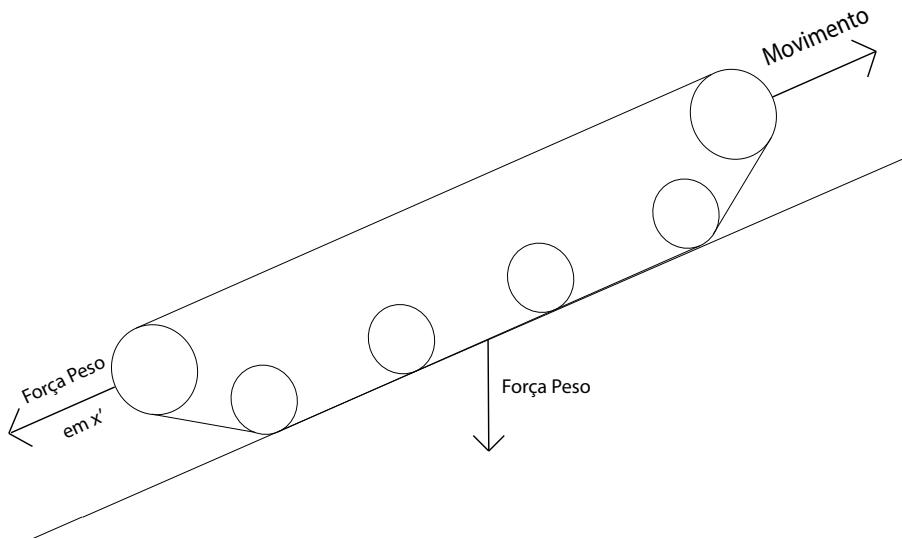
Fonte: Fundamentals of Vehicle Dynamics (1992, p. 117)

Utilizando os valores da tabela assim como a massa total aproximada do cooler com carga, de 60 kg, e aplicando em 3.10 para a obtenção da força de resistência a rolagem, temos que:

$$F_r = 60 \cdot 9,81 \cdot 0,012 = 7,056 \text{ N} \quad (3.11)$$

3.1.6.2 Forças em um Plano Inclinado

Como o cooler também se movimentará em superfícies inclinadas há a necessidade de considerar as forças que atuarão sobre ele em um plano inclinado para um correto dimensionamento do motor. A força peso, sempre estará apontada para o centro da terra, sendo assim, sempre que o veículo entra em um plano inclinado o vetor peso passa a ter uma componente paralela a inclinação, se opondo ao movimento.



x' é o eixo paralelo ao plano inclinado Fonte: Autor

Figura 21 – Forças atuantes em um plano inclinado

Para a obtenção da componente que se opõe ao movimento, é necessário considerar a massa do sistema assim como a inclinação pelo qual o sistema se locomoverá. A equação para o cálculo desta força considera a superfície como não havendo fricção, uma vez que no caso de veículos com roda, o coeficiente de fricção é descartado em favor do coeficiente de resistência a rolagem no cálculo da força de resistência a rolagem, que juntas são

chamadas de resistência de estrada. A equação é definida como:

$$F_{pi} = m.g.\operatorname{sen}(\alpha) \quad (3.12)$$

onde:

F_{pi} = força necessária para mover uma massa em um plano inclinado

m = massa do sistema

g = aceleração da gravidade

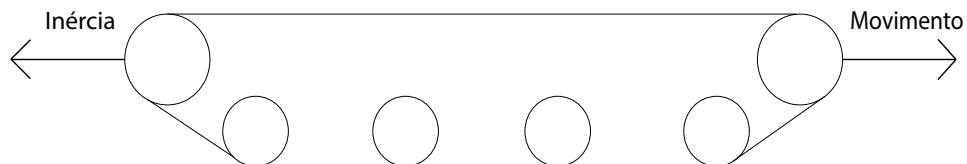
α = inclinação da superfície

Substituindo as variáveis da equação pelas características do sistema, a massa considerada é de 60 kg, e para a inclinação foi escolhido um valor de 12° , um valor superior, como um fator de segurança, ao estabelecido pela NBR 9050, que define uma inclinação máxima de aproximadamente 7° para rampas de acessibilidade:

$$F_{pi} = 60.9,8.\operatorname{sen}(12^\circ) \approx 122,252 \text{ N} \quad (3.13)$$

3.1.6.3 Força de Resistência Inercial

Outra força que deve ser considerada para o dimensionamento correto do motor é a força necessária para tirar o sistema do repouso, uma vez que em situações reais o cooler passará várias vezes pelo ciclo de movimentação e repouso.



Fonte: Autor

Figura 22 – Força de Resistência Inercial

Para o cálculo desta força é utilizado a Segunda Lei de Newton onde é estabelecida uma relação entre força, massa e aceleração, sendo possível saber, desta forma, a força necessária para mover um sistema a uma aceleração desejada:

$$F_i = m.a \quad (3.14)$$

onde:

F_i = força necessária retirar o corpo do repouso

m = massa do sistema

a = aceleração agindo no corpo

Inserindo na equação uma massa de 60 kg e a aceleração desejada de 1 m/s², temos que:

$$F_i = 60 \cdot 1 = 60 \text{ N} \quad (3.15)$$

3.1.6.4 Potência Total do Sistema

Em posse de todas as forças de resistência calculadas, é possível obter a potência que o motor precisará para movimentar o cooler a uma velocidade específica:

$$P = F_{total} \cdot v \quad (3.16)$$

onde:

F_{total} = soma de todas as forças de resistência agindo sobre o sistema

v = velocidade em que se deseja que o sistema de locomova

Para a obtenção da força de resistência total F_{total} , é feito a soma de todas as forças de resistência encontradas anteriormente:

$$F_{total} = F_r + F_{pi} + F_i \quad (3.17)$$

É necessário ressaltar que existe uma quarta força de resistência que age no sistema, que é a força de resistência do ar, mas levando em consideração as pequenas velocidades em que o cooler se locomoverá, assim como a sua área frontal de dimensão pequena, esta força pode ser desconsiderada uma vez que seu valor é muito pequeno para ser considerado no dimensionamento do motor. Sendo assim, temos que a força de resistência total no sistema é de:

$$F_{total} = 7,056 + 122,252 + 60 \approx 189,308 \text{ N} \quad (3.18)$$

A velocidade considerada para a locomoção do sistema foi de 1 m/s, sendo essa, uma velocidade de uma caminhada normal de uma pessoa. Substituindo o valor de 189,308 N em 3.16, temos que a potência necessária para mover todo o sistema nessas condições é:

$$P = F_{total} \cdot v = 189,308 \cdot 1 \approx 189,308 \text{ W} \quad (3.19)$$

Com os dados dos pinhões que serão utilizados assim como da velocidade média do andar de uma pessoa, é possível obter a rotação por minutos necessária para que o cooler possa acompanhar o usuário:

$$RPM = W_r \cdot \frac{60}{2\pi} = \frac{v}{r} \cdot \frac{60}{2\pi} = \frac{1,0}{0,02254} \cdot \frac{60}{2\pi} \approx 423,66 \text{ RPM} \quad (3.20)$$

onde:

W_r = velocidade angular do pinhão

$v = 1,0 \text{ m/s}$ (velocidade média do andar de uma pessoa)

$r = 0,02254 \text{ m}$ (raio do pinhão)

Com os valores da potência e a quantidade de rotações por minuto obtidos anteriormente, é possível também fazer uma relação entre eles e obter o torque necessário para que o sistema se locomova de maneira esperada por meio da seguinte fórmula:

$$T = \frac{P \cdot 9549,29}{RPM \cdot 1000} = 4,267 \text{ N.m} \quad (3.21)$$

Vale ressaltar que os valores de potência e torque, são para a condição que mais demandariam potência como foi o caso de se considerar um plano inclinado de 12° e aceleração de 1 m/s . Em outras condições como aceleração igual zero ou inclinação menor que 12° , a demanda por potência pode diminuir drásticamente.

3.1.6.5 Escolha do motor

Em posse do valor de potência obtido no tópico anterior e levando em consideração que serão necessários dois motores para a locomoção independente das duas esteiras do cooler, este valor foi dividido por dois e assim encontramos uma potência de $93,15 \text{ W}$ em cada um dos motores para que seja possível movimentar todo o sistema.

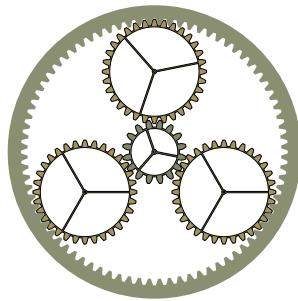
Para a escolha do motor foi levado em conta as perdas que podem ocorrer no sistema, a facilidade de compra, e a prevenção de estresse excessivo durante a utilização. Sendo assim, foram escolhidos dois motores DC RS-895 com potência de 200 W , tensão de 24 V e rotação de 6000 RPM , satisfazendo as necessidades de locomoção do cooler.

Devido a alta taxa de rotação dos motores escolhidos, foi necessário a utilização de uma redução para diminuir esta rotação para níveis mais baixos que permitam ao cooler seguir uma pessoa, além de também multiplicar o torque mandado para o eixo dos pinhões. Para isso foi escolhido um redutor planetário com redução de $14:1$, ou seja, o motor precisa girar 14 vezes para que o eixo do redutor gire 1 vez, reduzindo a rotação para aproximadamente 428 RPM . De acordo com dados do fabricante, a redução escolhida (Figura 24), tem uma queda de eficiência de apenas 15% em relação a eficiência normal

do motor. Sendo assim, considerando uma potência de 200 W entrando na redução, e levando a eficiência da mesma em conta, a potencia de saída seria de aproximadamente 170 W.

Considerando uma potência máxima entregue aos pinhões de cerca de 170 W por motor, é possível concluir que com os dois motores RS-895 o sistema de locomoção tem uma "sobra" de aproximadamente 150 W, o que pode ser considerado como uma margem de segurança para possíveis outras perdas de eficiência que possam ocorrer.

A escolha de um redutor planetário se deu pelo fato de este causar uma perda menor de eficiência se comparado a redutores com engrenagem de eixo paralelo, que é o sistema comumente associado a utilização de engrenagens.



Fonte: Open Clipart



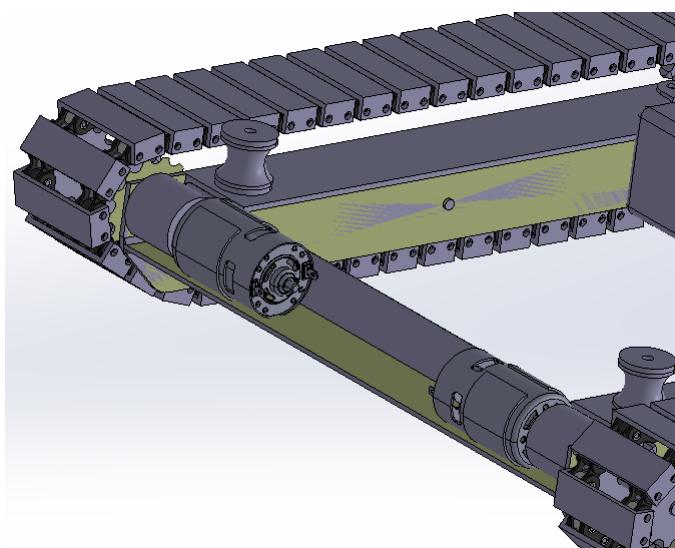
Fonte: AliExpress

Figura 23 – Engrenagem Planetária

Figura 24 – Caixa de Redução

O conjunto composto pelo motor e pela redução será instalado na cantoneira localizada no lado que será considerado a parte frontal da estrutura (Figura 25).

Figura 25 – Posição do motor e redutor na estrutura



Fonte: Autor

3.1.7 Freios

Apesar do Track Cooler andar em baixas velocidades, foi observado a necessidade de se utilizar algum tipo de freio para enfrentar determinadas condições como se manter parado em aclives e declives.

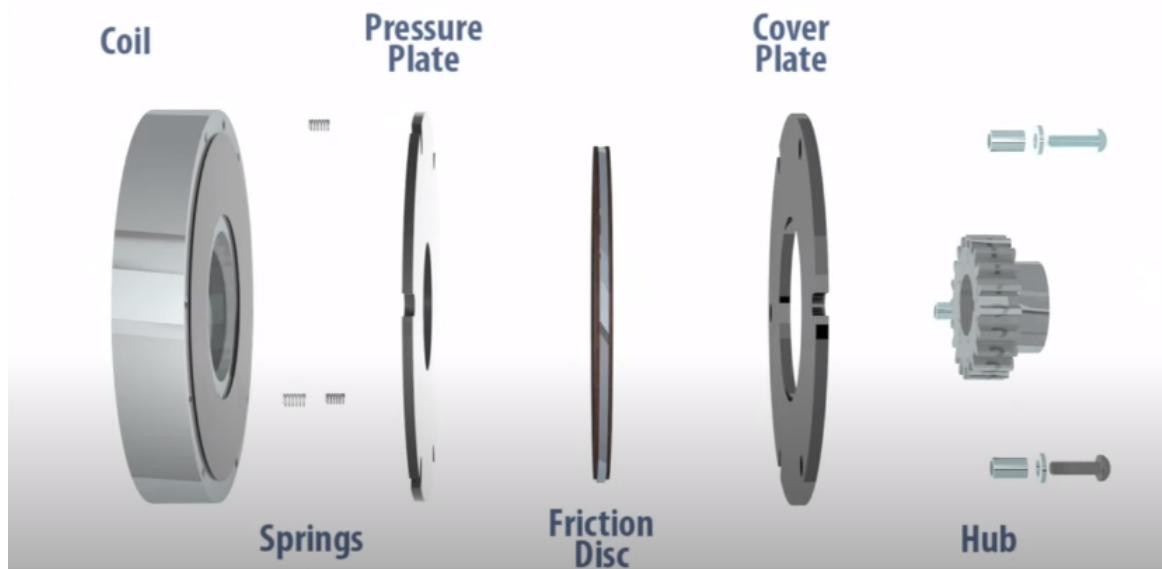
Para atender essa demanda, a solução encontrada foi a utilização de um freio eletromagnético de modelo SWB-03, por ser uma solução simples de implementar, e que apresenta baixa demanda por energia elétrica. O freio vai atuar para garantir que o cooler não vá se deslocar em condição em que ele deveria ficar parado, como por exemplo em um caso onde ele deve ficar completamente parado em um declive.



Fonte: Fabricante

Figura 26 – Imagem do freio eletromagnético

O funcionamento do freio eletromagnético consiste em um disco de fricção que rotaciona junto com o eixo em que ele está preso. Como é possível observar na figura 27, o freio possui um eletroímã que, quando ligado, atrai para si um ítem chamado de placa de pressão. A placa de pressão é a responsável pela frenagem causada pelo atrito entre ela e o disco de fricção. Também existe um conjunto de molas que tem o papel de empurrar a placa de pressão quando o eletroímã está desligado, e sendo assim, o freio funciona sempre que o fornecimento de energia é interrompido.



Fonte: Fabricante

Figura 27 – imagem explodida do freio eletromagnético

Tabela 5 – Informações do fabricante sobre o freio eletromagnético

Equipamento	Torque de frenagem (N.m)	Tensão (V)	Potência (W)	massa (kg)
Freio eletromagnético	2,00	24	11,5	0,4

Fonte: (10)

Serão utilizados dois freios eletromagnéticos, que vão ficar presos ao eixo dos pinhões traseiros. Quando forem acionados, vão impedir que esses pinhões se movimentem, restringindo assim o rolamento da esteira.

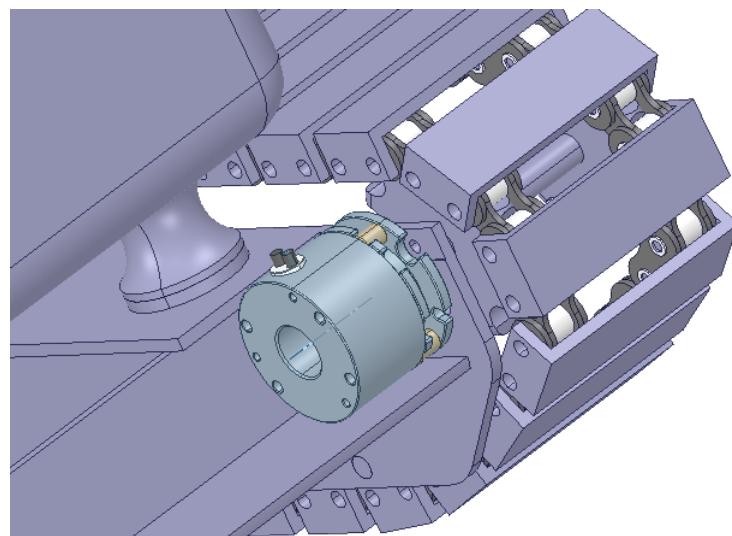


Figura 28 – freios instalados no sistema de locomoção

Para garantir que o freio vá atender a demanda do Track Cooler nas condições em que ele foi projetado, foi considerado um declive de mesma inclinação de 12º utilizada para o dimensionamento do motor. Para os cálculos, será utilizado a força de inclinação gerada pelo peso que uma única esteira sustenta. Para encontrar esse valor, será utilizado o resultado da força de inclinação calculado na equação 3.13. Esse valor será dividido por dois, para encontrar a força que estará influenciando cada uma das esteiras, dando assim, um resultado de aproximadamente 61,126 N.

Essa força, vai provocar um torque no disco de fricção que tem raio (r_{df}) aproximado de 14,3 mm, de acordo com o datasheet do fabricante. Esse torque pode ser calculado pela equação a seguir:

$$\text{Torque} = F_{pi} \cdot r_{df} \approx 0,87 \text{ N.m} \quad (3.22)$$

De acordo com a equação 3.22, cada freio deve conseguir um torque de frenagem maior ou igual a 0,87 N.m, para manter a esteira parada nas condições estabelecidas. O resultado obtido é bem bem abaixo do torque de frenagem de 2,00 N.m que cada um dos freios conseguem gerar.

3.2 Dimensionamento do coxim

Para promover o amortecimento do cooler em relação às irregularidades do solo e garantir que as embalagens no interior do cooler não se danifiquem no trajeto, serão instalados quatro coxins abaixo do compartimento térmico. As informações sobre o coxim escolhido, retirados do catálogo da fabricante, seguem abaixo:

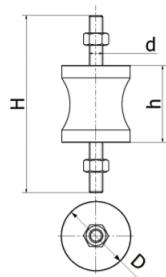


Figura 29 – Desenho técnico do coxim selecionado

Fonte: Fabricante

Tabela 6 – Informações sobre o coxim selecionado.

Capacidade de carga por compressão	70 kg
Capacidade de carga por tração	14 kg
Diâmetro (D)	30 mm
Altura (h)	30 mm
Altura da borracha + parafuso (H)	75 mm
Deflexão	1,4 mm / 70 kg
Parafuso de ajuste (d)	¼" , 5/16"
Dureza	55 Shore A

Fonte: Fabricante

O módulo de elasticidade (módulo de Young) da borracha para dureza GIBD foi determinado através da figura:

Dureza GIDB*	Módulo de Young, E_0 , MPa
30	0,92
35	1,18
40	1,50
45	1,80
50	2,20
55	3,25
60	4,45
65	5,85
70	7,35
75	9,40

Figura 30 – Módulos de Young (E_0) para borrachas com dureza GIBD (Grau Internacional de Dureza de Borrachas)

Fonte: (11)

Por meio da interpretação da figura 31 e as relações de equivalência entre as durezas, podemos assumir o módulo de Young da borracha para dureza Shore A como aproximadamente 3,25 MPa (33,14 kgf/cm²).

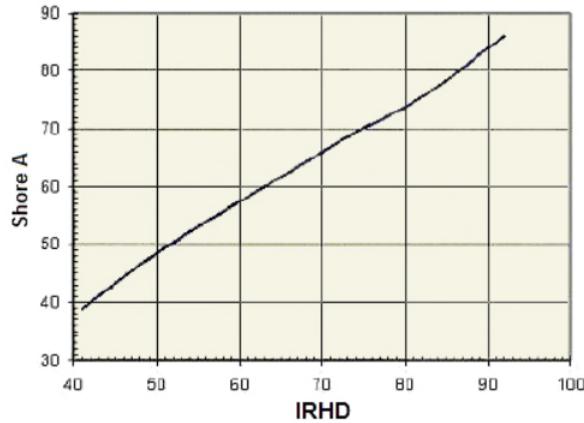


Figura 31 – Dureza Shore A vs. IRDH (ou GIDB)

Fonte:(12)

3.2.0.1 Dimensionamento estático

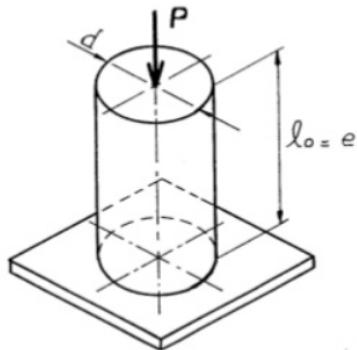


Figura 32 – Modelo simplificado do formato geométrico do coxim

Fonte:(13)

Para definir a rigidez de uma mola, além do módulo de elasticidade, também deve ser considerada como tal mola se opõe à deformação. Para isso, utiliza-se o fator de forma, dado pela equação 3.23.

Utilizando os dados fornecidos na tabela 6, podemos obter:

$$F_f = \frac{A_s}{A_l} = \frac{d}{4 * l_o} = 0,25 \quad (3.23)$$

F_f = fator de forma (adimensional)

A_o = área superficial solicitada pela força (cm^2)

A_l = somatório das áreas livres de força (cm^2)

l_o = altura da mola (cm^2)

d = diâmetro da mola (cm^2)

Tem-se em vista que, para o projeto Track Cooler, o coxim será submetido a basicamente tensões de compressão.

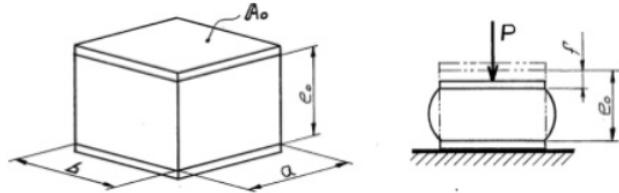


Figura 33 – Mola solicitada à compressão

Fonte:(13)

Área superficial solicitada pela carga (A_o):

$$A_o = \pi \frac{d^2}{4} = 7,07 \text{ cm}^2 \quad (3.24)$$

Tensão de Compressão (σ):

$$\sigma = \frac{P}{A_o} = 9,90 \text{ kgf/cm}^2 \quad (3.25)$$

P = carga atuante

Encruamento devido à solicitação de carga (f):

$$f = \frac{P * e_o}{A_o * E_c} = 0,9 \text{ cm} \quad (3.26)$$

e_o = comprimento inicial antes da solicitação (cm)

E_c = módulo de elasticidade para compressão (kgf/cm²)

Deformação devido a carga (ε):

$$\varepsilon = \frac{f}{e_o} = 0,3 \quad (3.27)$$

Coeficiente de rigidez (K):

$$K = \frac{P}{f} = 77.75 \text{ kgf/cm} \quad (3.28)$$

3.2.0.2 Dimensionamento dinâmico

Como os coxins no Track Cooler têm como principal função filtrar as vibrações oriundas do solo, o dimensionamento dinâmico será voltado à esta questão.

Período de ciclo de frequência natural (T_n):

$$T_n = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 0,19 \text{ s} \quad (3.29)$$

m = massa (utm)

K = coeficiente de rigidez (kgf/cm)

Frequência de oscilação natural (f_n):

$$f_n = \frac{1}{T_n} = 5,25 \text{ Hz} \quad (3.30)$$

Como observado nas equações 3.29 e 3.30, sistemas construídos de massa e mola são oscilantes e apresentam uma frequência natural intrínseca, que pode ser entendida como o número de oscilações efetuadas em unidade de tempo quando esse sistema é excitado por uma solicitação externa. Quando essa solicitação apresenta valor de frequência idêntico à frequência natural do sistema, ocorre o fenômeno de ressonância, onde a razão de vibração x na equação 3.31 é igual a 1.

$$\frac{f_e}{f_n} = x \quad (3.31)$$

f_e = frequência de oscilação excitadora

x = razão de vibração

A ressonância provoca oscilações de alta amplitude, podendo causar sérios danos à estrutura em casos de sistemas não amortecidos. A tabela 7 mostra a vibração transmitida V_t em função da razão de vibração, e como isso se reflete no amortecimento do sistema.

Tabela 7 – Amortecimento em função da razão de vibração e da vibração transmitida

x	Vt	Amortecimento (%)
1,0	Ressonância	Colapso
1,414	100%	0
1,5	80%	20
2,0	33,4%	66,6
3,0	12,5%	87,5
4,0	7%	93

Fonte:(14)

Para encontrar o coeficiente de amortecimento que será utilizado na análise de vibração computacional, será utilizada a equação diferencial de movimento do sistema massa-mola-amortecedor:

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = 0 \quad (3.32)$$

A solução da equação do movimento, após algumas manipulações matemáticas e utilizando a relação de Euler $\theta(t) = \cos \theta + i.(sen)\theta$, tem-se:

$$x(t) = e^{-\xi w_n t} (A \cdot \cos(w_d t) + B \cdot (sen)(w_d t)) \quad (3.33)$$

A partir disso, tem-se a frequência natural não amortecida w_n :

$$w_n = \sqrt{k/m}, \quad (3.34)$$

onde:

m = massa do sistema = 70 kg

k = contante elástica da mola = 73,08 kN/m

Sendo ξ o fator de amortecimento, a frequência natural amortecida w_d é definida como:

$$w_d = w_n \sqrt{1 - \xi^2} \quad (3.35)$$

O fator de amortecimento pode ser definido como quantidade adimensional que expressa o quanto um sistema será amortecido. Na figura 34 abaixo, é possível notar a influência do fator de amortecimento na vibração de sistemas. Foi definido para o projeto Track Cooler $\xi = 0,7$, de forma que haja apenas uma pequena oscilação e antes que o sistema se estabilize.

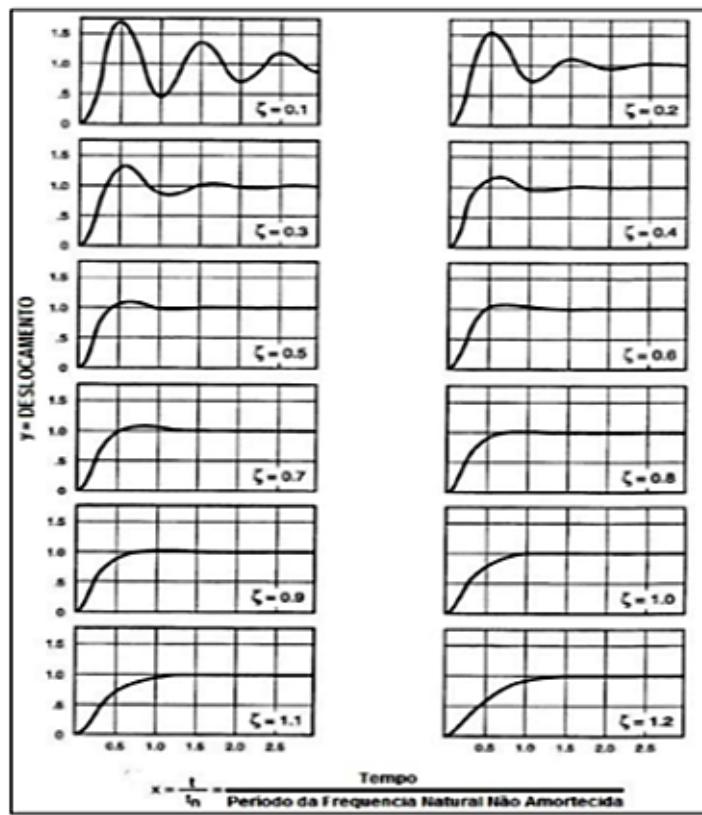


Figura 34 – Influência de diferentes valores de fator de amortecimento na vibração

Fonte: (15)

Sabendo-se que:

$$\xi = \frac{c}{c_{crit}} = \frac{c}{\sqrt{2km}}, \quad (3.36)$$

onde c_{crit} = coeficiente de amortecimento crítico, podemos encontrar o coeficiente de amortecimento c a partir da equação 3.37:

$$c_{crit} = \xi \sqrt{2km} = 0,7 * \sqrt{2 * 73080 * 70} = 2239,04 \text{ N.s/m} \quad (3.37)$$

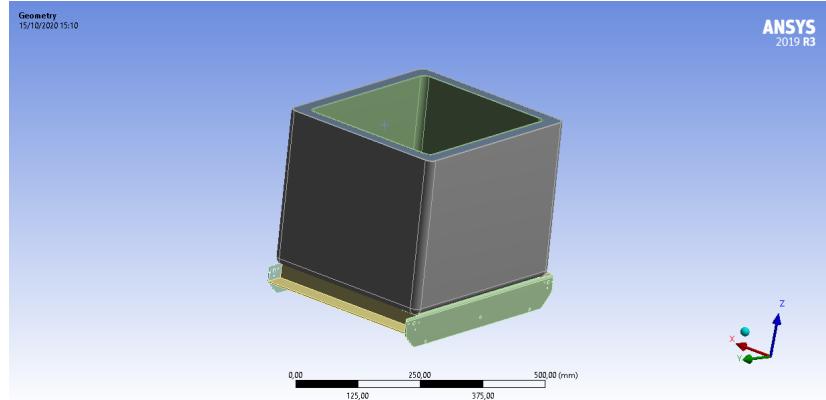
3.3 Análise computacional de vibração

A análise de vibração tem, como principal função, comparar o comportamento da estrutura em função da vibração antes e depois da instalação do sistema de amortecimento, para que se possa, de maneira quantitativa, avaliar a influencia dos coxins na estrutura e seu desempenho.

A ferramenta utilizada foi o software de simulação computacional ANSYS, que usa como base o método de análise estrutural por elementos finitos.

3.3.0.1 Modelo sem amortecimento

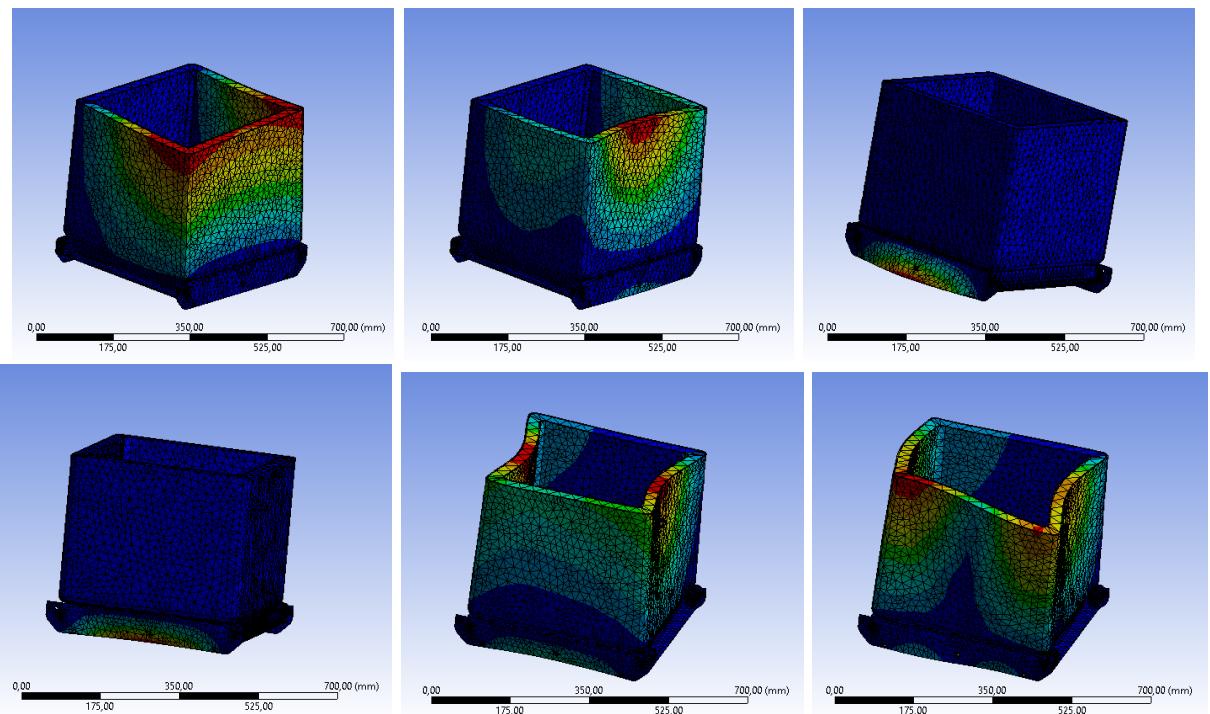
No modelo sem amortecimento, a caixa térmica se encontra unida diretamente ao chassi. O chassi se encontra fixo ao solo, com movimento restrito à vertical.



Fonte: Autor

Figura 35 – Geometria do modelo sem amortecimento

Após a solução da análise modal, foram obtidos os 6 primeiros modos de vibração, com suas respectivas frequências e deslocamentos.



Fonte: Autor

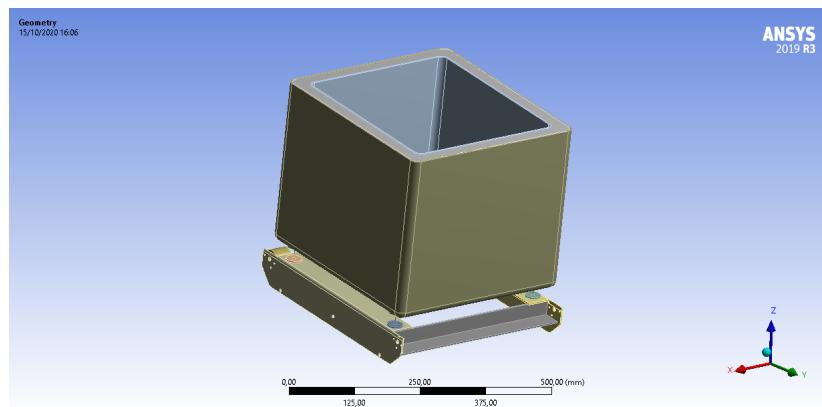
Figura 36 – Seis primeiros modos de vibração para modelo sem amortecimento

Tabela 8 – Frequência e deslocamento para modelo sem amortecimento

Modo de vibração	Frequência (Hz)	Deslocamento (mm)
1 ^o	1731,4	6,99
2 ^o	2044,2	11,17
3 ^o	2805,1	102,51
4 ^o	2813,5	102,53
5 ^o	2944,2	8,45
6 ^o	3270,8	7,55

Fonte: Autor

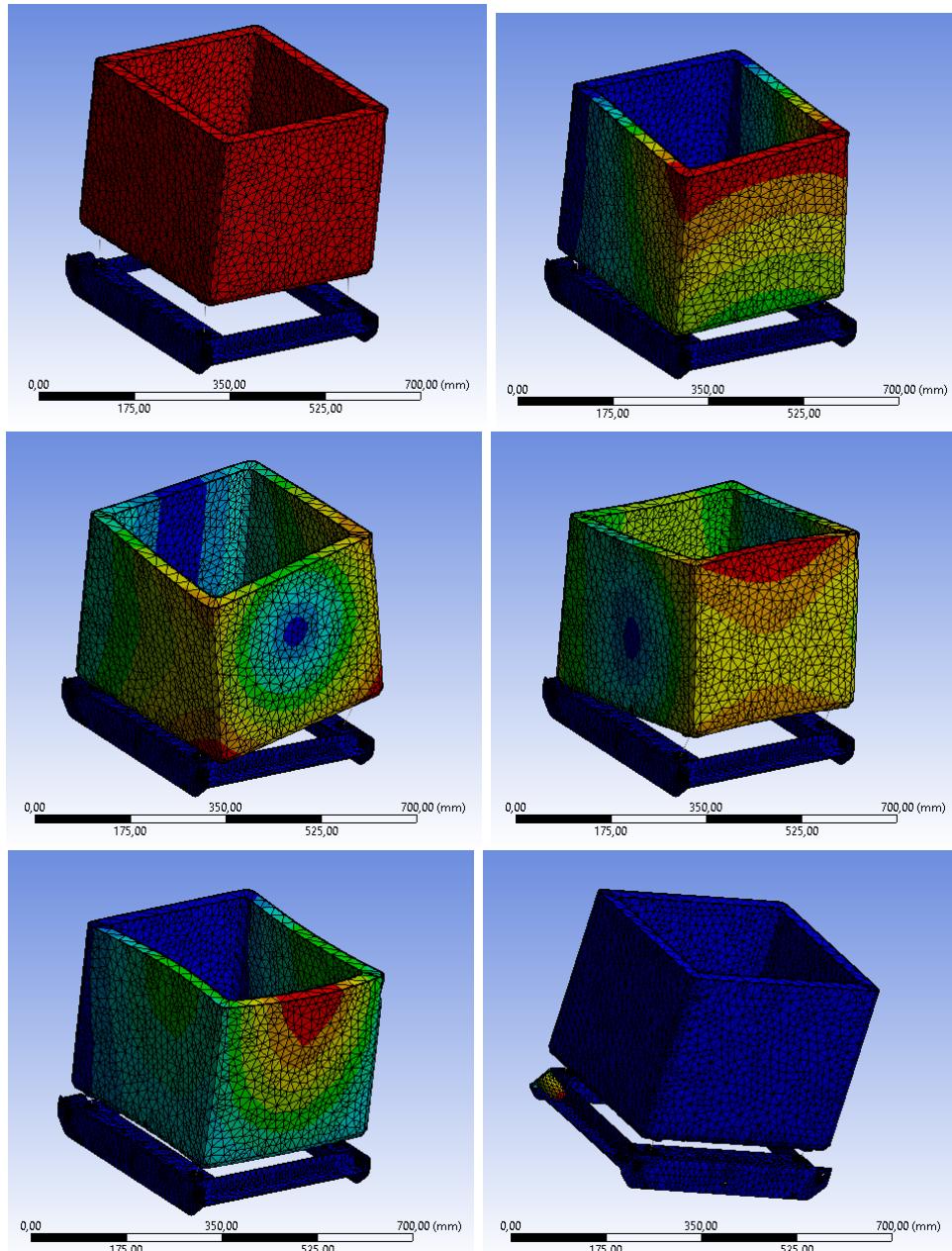
3.3.0.2 Modelo com amortecimento



Fonte: Autor

Figura 37 – Geometria do modelo com amortecimento

No modelo com amortecimento foram inseridos, para simulação, molas com características elásticas referentes ao coxim selecionado previamente. Dessa forma, foram atribuídos os valores para constante elástica da mola de 73,08 kN/m, coeficiente de amortecimento de 2,2239 kN/m, e a distância entre o chassi e a caixa térmica como 30 mm, como visto na figura 37



Fonte: Autor

Figura 38 – Seis primeiros modos de vibração para modelo com amortecimento

As frequências e deslocamentos obtidos com a simulação modal são listados na tabela 9.

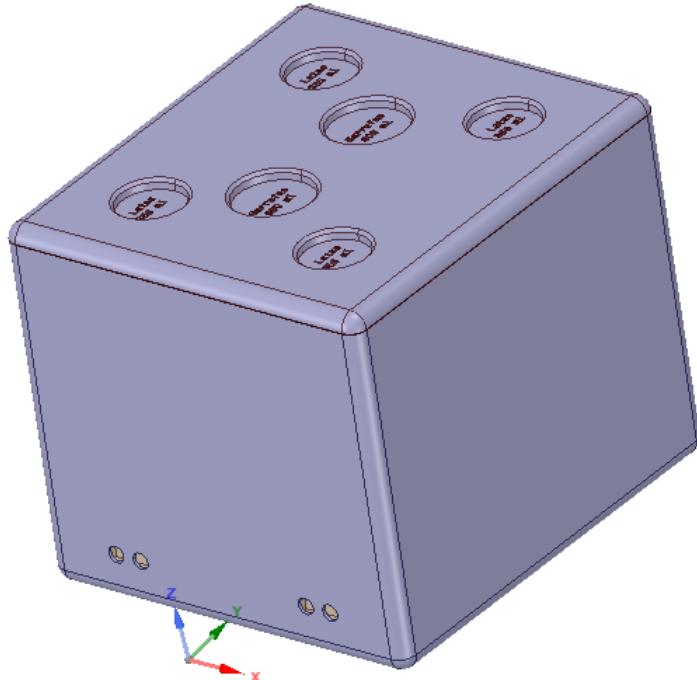
Modo de vibração	Frequência (Hz)	Deslocamento (mm)
1º	7,08	2,63
2º	676,09	5,66
3º	1273,3	5,09
4º	1287,7	4,93
5º	2087,6	7,44
6º	2497,0	134,48

Fonte: Autor

Tabela 9 – Frequência e deslocamento para modelo com amortecimento

Analizando os resultados das simulações, pode-se observar uma diminuição nos valores de frequência e deslocamento após a inserção do sistema de amortecimento, podendo-se concluir que os resultados obtidos foram satisfatórios para os coxins propostos ao projeto.

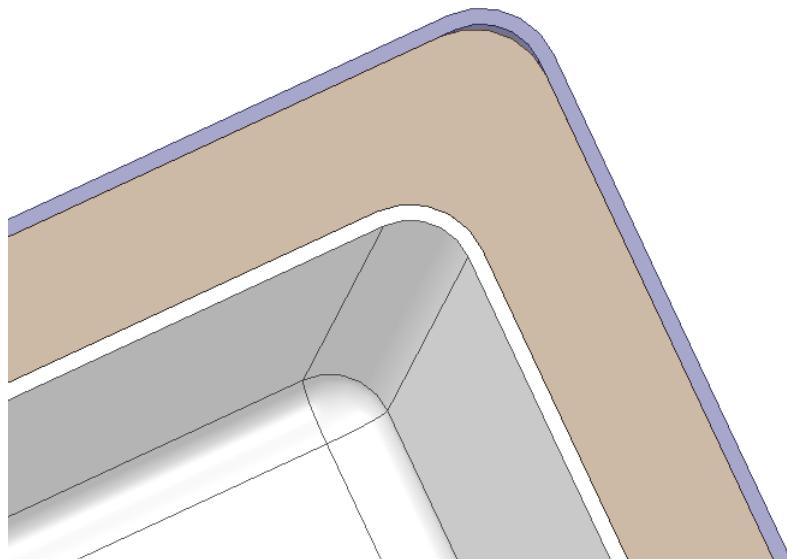
3.4 Caixa Térmica



Fonte: Autor

Figura 39 – Caixa térmica com tampa

A caixa térmica tem uma capacidade de 34 litros, e suas paredes tem uma espessura total de 31 mm, onde 3 mm corresponde a parede extena, 25 mm a parede intermediária e 3 mm para a parede mais interna.



Fonte: Autor

Figura 40 – Detalhe da espessura das paredes do cooler

Tanto a caixa interna, quanto a caixa externa, são feitas de fibra de vidro. A escolha desse material se deve ao fato da facilidade em se moldar a caixa com as dimensões, formatos e detalhes desejados.

Já a parte intermediária, é o principal responsável por diminuir a troca de calor do interior da caixa com o ambiente externo. Essa parte será feita com espuma de poliuretano, fabricada a partir da mistura de dois elementos líquidos (componente A + componente B) que são o poliol e o isocianato.

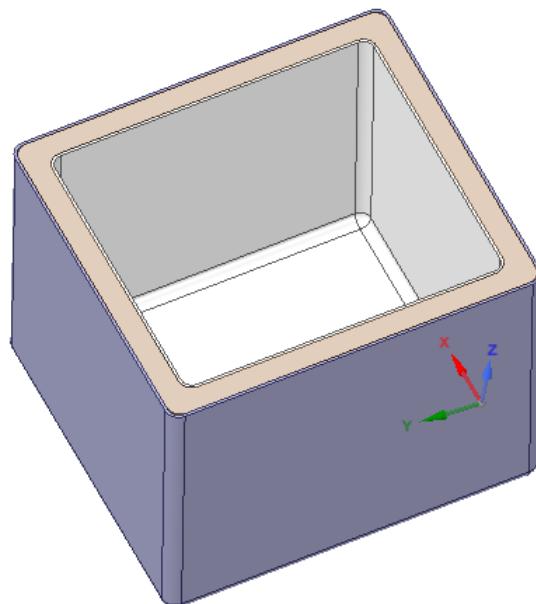
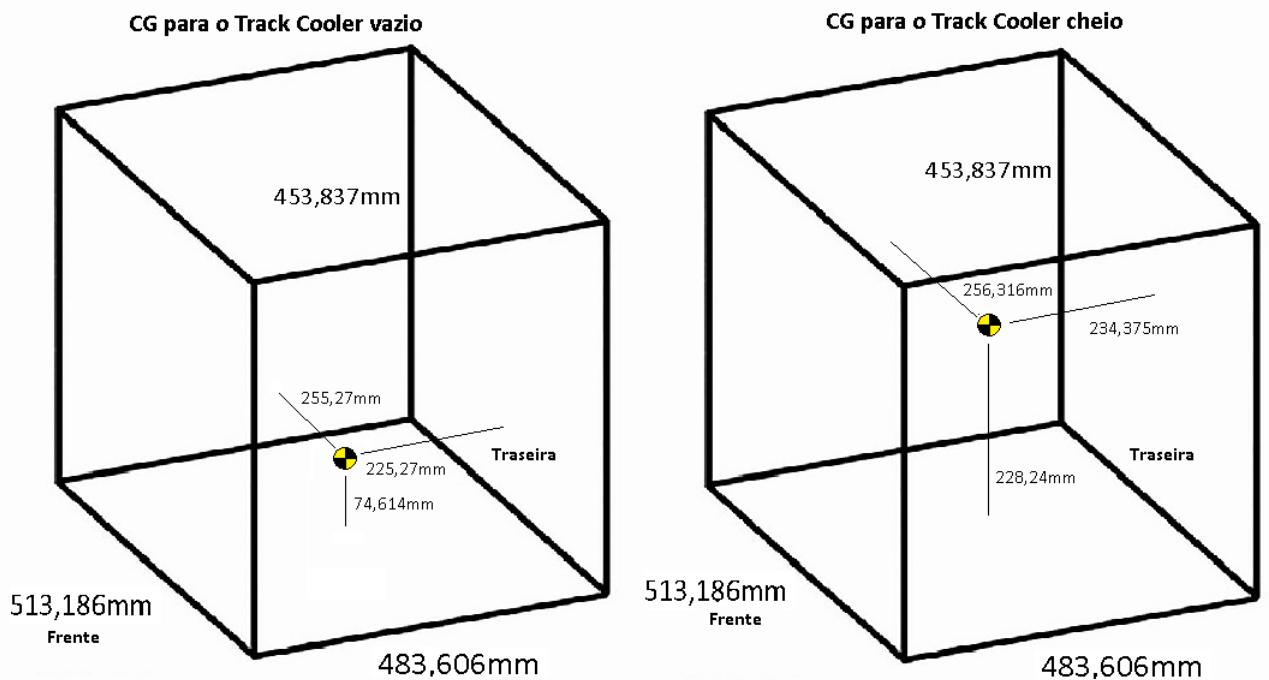


Figura 41 – Interior da caixa térmica

3.5 Estabilidade

Para determinar a inclinação máxima que a estrutura do Track Cooler suporta, sem entrar em uma tendência de tombamento, primeiramente é preciso determinar o CG (centro de gravidade) da estrutura completa. Para realizar os cálculos, foi considerado o CG em duas situações diferentes, com a caixa térmica vazia e completamente cheia. Os dados do posicionamento do CG, foram obtidos pelo software CATIA V5R21 e estão demonstrados no diagrama da figura a seguir.



Fonte: Autor

Figura 42 – Centro de gravidade

Quando um veículo está em um terreno plano, tem-se um único vetor saindo do centro de gravidade e apontando em direção ao centro da terra. A partir do momento em que o veículo entra em uma inclinação, esse vetor peso passa a ter um ângulo em relação ao eixo y, onde o vetor peso passa a ser um vetor resultante tendo assim suas componentes x e y.

A figura 43 representa as forças atuantes no centro de gravidade com uma inclinação θ . O vetor resultante é representado por P_r , enquanto suas componentes são representadas por P_y e P_x . A distância do CG para uma das extremidades laterais do cooler é conhecida na figura como D_x , e a distância em relação ao solo de denominada como H_y .

A partir do momento em que o tamanho da componente P_x tiver o mesmo tamanho de D_x , o veículo entrará em uma tendência de capotamento. Para determinar o ângulo θ

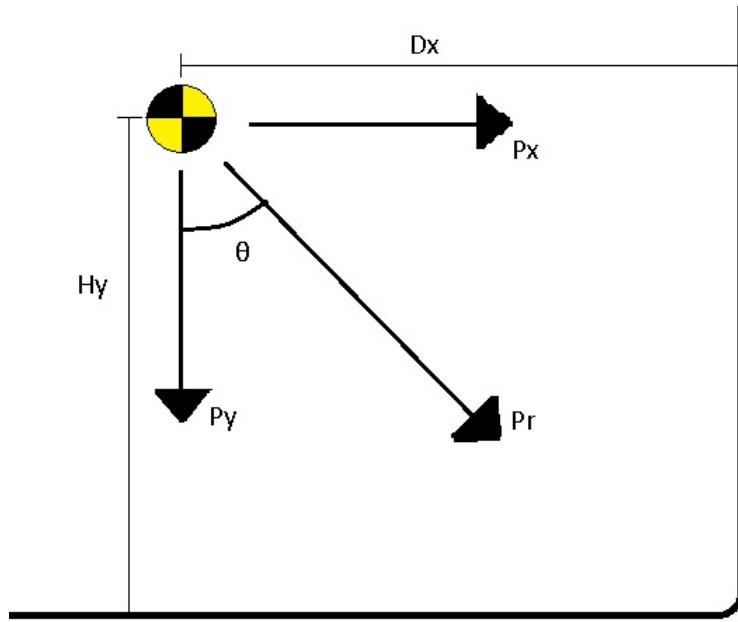


Figura 43 – Representação das forças que atuam no CG

máximo que o cooler pode enfrentar, sem que entre em uma tendência de capotamento, é utilizado a seguinte equação(16):

$$\theta = \operatorname{tg}^{(-1)}\left(\frac{Dx}{Hy}\right) \quad (3.38)$$

Aplicando os valores da figura 42 na equação 3.38, é possível encontrar os ângulos máximos em várias condições. Foi considerado as condições de inclinação máxima lateral, de aclive e declive para o Track Cooler sem carga e com carga. Os resultados são mostrados na tabela a seguir:

Tabela 10 – resultados de inclinação máxima do cooler em variadas condições

Condição	Tipo de inclinação	Dx (mm)	Hy (mm)	Resultado (graus)
Sem carga	Lateral	255,27	74,61	73,73
Sem carga	Declive	258,34	74,61	75,47
Sem carga	Aclive	225,27	74,61	71,67
Com carga	Lateral	256,32	228,24	48,32
Com carga	Declive	249,23	228,24	47,52
Com carga	Aclive	234,37	228,24	45,76

Fonte: Autor

Os resultados mostraram que o cooler apresenta uma ótima estabilidade em todas as condições consideradas. Isso se deve ao fato de maior parte de seu peso estrutural estar em regiões próximas ao solo.

3.6 Isolamento térmico e Transferência de calor

Isolamento térmico é a camada capaz de reduzir o gradiente de temperatura que age sobre a camada impermeável, protegendo-a contra danos (17).

Tabela 11 – Propriedades dos materiais isolantes

Material Isolante	Densidade (kg/m ³)	Condutibilidade Térmica (W/m.°C)
Poliestireno Expandido (EPS Isopor)	12	0,034
Poliuretano	32	0,016

Fonte: (18)

A partir dos dados apresentados, foi possível observar que o Poliuretano é o material mais isolante, apesar de não ser o mais leve. O Poliestireno Expandido (EPS Isopor) é leve mas devido a sua condutibilidade térmica, precisa de uma espessura cerca de 50% maior comparada ao outro material, além de ter fabricação do petróleo que é poluente e prejudicial no caso de um incêndio.

Portanto, para o isolamento térmico foi selecionada Poliuretano, de maior capacidade isolante dos materiais previamente selecionados, com condutibilidade térmica variando 0,016 a 0,022 [W/(m.°C)], a depender da temperatura de operação. Sua alta resistência térmica proporciona menores perdas ao sistema (18).

3.6.1 Estudo da Transferência de Calor

Para compreensão do comportamento térmico de qualquer material submetido às condições do clima é necessário o estudo referente aos processos e mecanismos de trocas térmicas. Nas trocas secas, no qual existem variações de temperatura, a transferência de calor ocorre através da condução, convecção e radiação. Nesses processos o calor envolvido é denominado de calor sensível. O calor sensível provoca apenas a variação da temperatura no corpo.

Outra característica das transferências de calor é referente à periodicidade em que ela acontece, por isso, é necessário saber o regime das trocas térmicas. No caso da caixa térmica o fluxo de calor é variável, sendo regime transitório.

3.6.1.1 Condução

A condução é um fenômeno térmico que envolve transferência de calor a nível molecular. A temperatura está relacionada com o grau de agitação das moléculas, se houver gradiente de temperatura, haverá transferência de energia das moléculas em maior estado energético para as de menor. A condução deve ser considerada através das paredes sólidas, transientes, com condições de contorno convectivas em todas as paredes para o

ambiente. (19). A transferência de calor pode ser calculada através da Lei de Fourier para obter a quantidade de energia transferida por unidade de tempo.

$$\frac{q}{A} = q_x = -k * \frac{\partial T}{\partial x} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (3.39)$$

$$-\frac{q}{k * A} = \frac{\partial T}{\partial X} = \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (3.40)$$

$$q = k * A * \frac{T_1 - T_2}{L} = k * \frac{\Delta T}{L} \quad (3.41)$$

A resistência térmica pode ser descrita da seguinte forma:

$$R = \frac{L}{k * A} \left[\frac{K}{W} \right] \quad (3.42)$$

Então o calor total do sistema pode ser dado por:

$$q_{total} = \frac{T_1 - T_2}{R_{total}} [W] \quad (3.43)$$

Foi então calculada a transferência de calor através das paredes do cooler. O circuito térmico está apresentado na figura abaixo.

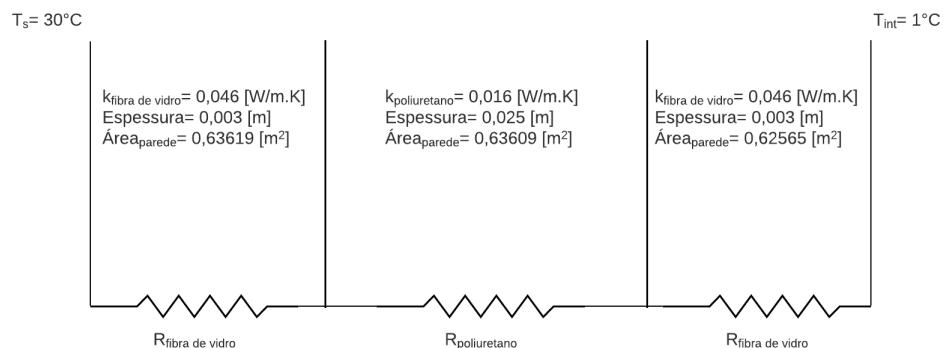


Figura 44 – Circuito térmico da transferência de calor através das paredes do cooler.

Então a resistência total de cada parede será dada por:

$$R_{total} = R_{fibra de vidro} + R_{poliuretano} + R_{fibra de vidro} = 2,66 \left[\frac{K}{W} \right] \quad (3.44)$$

O calor total transferido através das 6 paredes do cooler será:

$$q_{total} = 6 * \frac{T_1 - T_2}{R_{total}} = 65,2 [W] \quad (3.45)$$

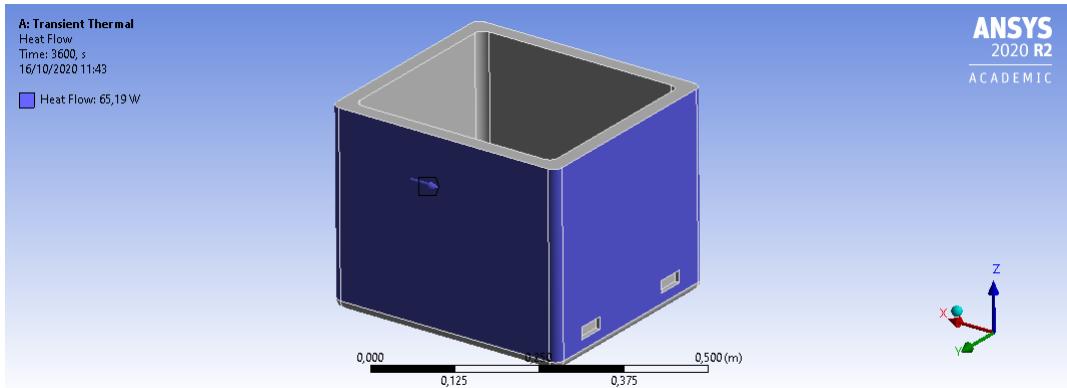


Figura 45 – Simulação do fluxo de calor por condução nas paredes da caixa térmica.

3.6.1.2 Convecção

O processo de transferência de calor por convecção envolve a energia associada a um fluido (19). A transferência de calor ocorre quando um fluido e uma superfície estão em diferentes temperaturas, e pode ser quantificada da seguinte forma:

$$\dot{Q} = h * A * (T_s - T_\infty) \quad (3.46)$$

A partir da expressão simplificada para o cálculo do coeficiente de transferência de calor h para o ar em convecção natural (20).

$$h = 1,32 * \left(\frac{\Delta T}{L} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (3.47)$$

$$h_{ar} = 3,96 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right]$$

Sendo então o ar capaz de dissipar uma potência equivalente a 12,23 W entre as paredes do cooler.

3.6.1.3 Radiação

O processo de radiação térmica se deve a capacidade dos corpos de emitir calor. Um corpo perde calor para o ambiente na existência de gradiente de temperatura. A capacidade de emitir calor dos corpos está intimamente relacionada ao seu material e suas características (19). O calor emitido por um corpo pode ser dado por:

$$\dot{Q} = \epsilon * \sigma * A * (T_{max}^4 - T_{amb}^4) \quad (3.48)$$

onde:

ϵ = emissividade do poliuretano de 0,29;

σ = constante de Stefan-Boltzmann de valor $5,67 \cdot 10^{-8} [W/m^2 \cdot K^4]$;

∂T = gradiente de temperatura máxima;

∂t = variação do tempo, no caso serão 3600s;

3.6.1.4 Absorção de calor pelo material isolante

A absorção de calor pelo poliuretano pode ser obtida através da equação de calor sensível do poliuretano apresentada abaixo:

$$Q = m * c_p * \Delta T \quad (3.49)$$

A potência absorvida pelo calor será:

$$Q = m * c_p * \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3.50)$$

onde:

Q = potência absorvida;

m = massa da espuma de poliuretano;

c_p = calor esécífico do poliuretano;

∂T = gradiente de temperatura máxima;

∂t = variação do tempo, no caso serão 3600 s;

A quantidade de calor absorvida pelo poliuretano em 1 hora será de 0,0176 W.

3.6.1.5 Análise térmica

A análise foi feita no *Ansys Transient Thermal*. Esse estudo é importante para entender melhor qual é o comportamento da distribuição de temperatura do ar dentro da caixa térmica.

Para isso, foram levantadas algumas considerações:

- Apenas o material isolante da caixa térmica foi usada na simulação.
- A simulação considera a temperatura constante nas paredes internas do material isolante.
- Foi considerado o fluxo de calor calculado na equação 3.45

As figuras abaixo representam a distribuição de temperatura na caixa térmica, considerando fluxo de ar constante à temperatura ambiente durante 3600s.

A eficiência térmica nas bordas da tampa é menor devido a espessura reduzida nessa região. Contudo, a parte interna da tampa, que faz contato com os produtos colocados na caixa, ainda garante bom isolamento mesmo nos recortes para apoio de copos.

O dimensionamento da espessura do material isolante foi correto, garantindo baixas temperaturas internas em longas exposições.

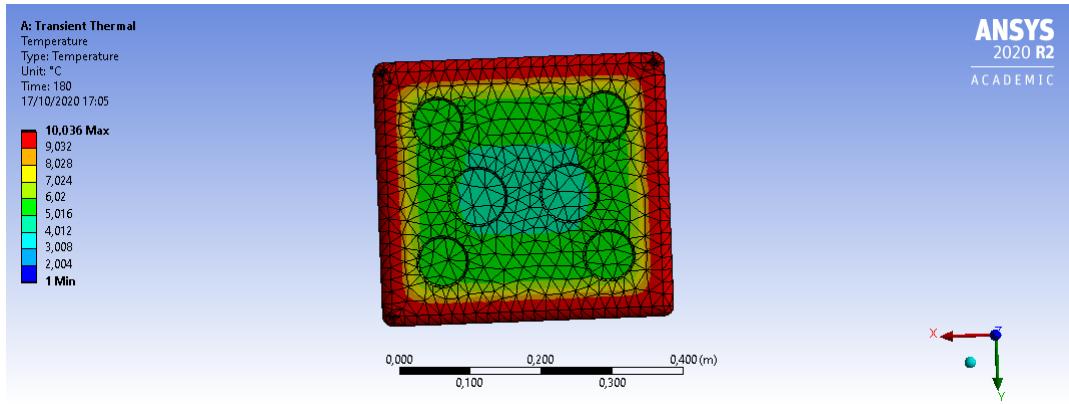


Figura 46 – Distribuição de temperatura na tampa da caixa térmica

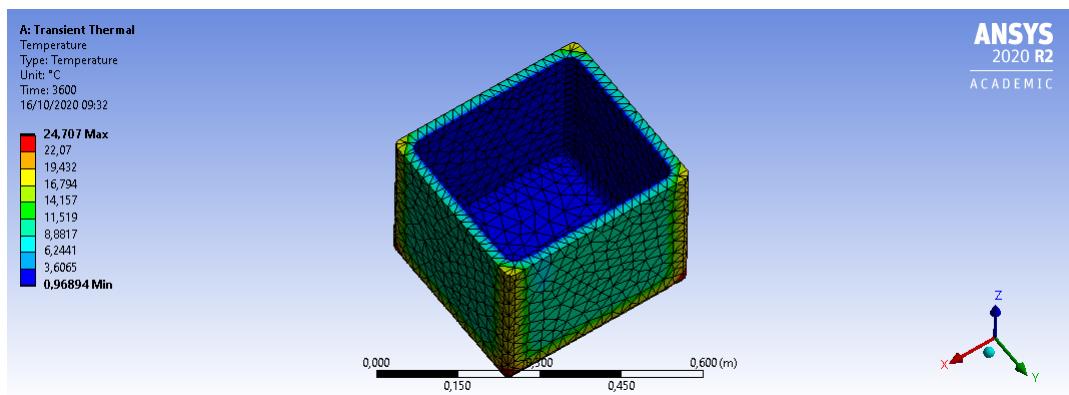


Figura 47 – Distribuição de temperatura na caixa térmica aberta.

3.7 Sistema de alimentação

3.7.1 Banco de baterias e autonomia

Para garantir o correto funcionamento e autonomia do Track Coller foi escolhido o uso de baterias do tipo Lítio-Íon (Li-Ion) devido à sua alta densidade de energia e baixo peso; ausência de efeito memória; baixa manutenção e grande vida útil, podendo ser até três vezes maior que baterias do tipo chumbo-ácido, por exemplo.

Para o dimensionamento do banco de baterias se torna fundamental conhecer a demanda de potência do projeto, conforme a tabela 3.7.1, e determinar alguns dados necessários como autonomia e profundidade de descarga. Em geral, os fabricantes determinam como profundidade de descarga máxima 80%, porém neste projeto será considerada uma profundidade de descarga de 50%. A equação 3.51 permite determinar a capacidade necessária do sistema em Ah.

Tabela 12 – Quadro de demanda de carga do projeto

Componente	Alimentação (V)	Corrente (A)	Potência (W)
ESP32	3,6	80m	288m
Termômetro Digital	5	1,5m	7,5m
Módulo Display LCD	5	1m	5m
Módulo Driver ponte H	5	3m	15m
4 Sensores Ultrassônicos	5	60m	300m
Bússola HMC5883L	3,6	100μ	0,36m
GPS GY-NEOMV2	3,6	100m	0,36
2 Freios	24	0,96	23
2 Motores	24	16,66	400

$$Capacidade[Ah] = \left(\frac{Consumo[Wh] * Autonomia[h]}{\text{Tensão}_{\text{bateria}} * Profundidade_{\text{descarga}}} \right) \quad (3.51)$$

$$Capacidade[Ah] = \left(\frac{424[Wh] * 1[h]}{24 * 0,5} \right) = 35,3Ah \quad (3.52)$$

As baterias de Li-Ion são compostas de células de íon-lítio dispostas em invólucros metálicos ligadas em arranjos série (S) ou paralelo (P) a fim de formar os conhecidos *packs*, criando os módulos de bateria com corrente e tensão nominais proporcionados pelos arranjos dimensionados. Assim, foram escolhidas duas baterias com tensão nominal de 24 Vdc e corrente de 36000 mAh, formadas por células Li-Íon NCR18650B dispostas no arranjo 6S6P. A ligação escolhida foi em paralelo, fornecendo 24 Vdc e 72 Ah ao sistema.

Supondo o funcionamento do cooler em esforço máximo (com o acionamento do sistema de freios, movimentação em plano inclinado de 12° e velocidade de 1m/s) a autonomia é de 2h2min. Porém, em funcionamento normal considerando paradas do cooler, piso nivelado e acionamento esporádico do sistema de freios a autonomia pode chegar a 4 horas.

3.7.2 Fonte de carregamento

A capacidade de armazenar e fornecer energia é o propósito de todas as baterias, porém estes parâmetros são influenciados pelos diferentes tipos de baterias e elementos químicos que as compõe. O processo de recarga das baterias é de essencial importância para garantir a vida útil determinada pelo fabricante e a segurança dos usuários. Toda bateria possui um parâmetro de carga e descarga conhecido como “Razão C” ou “Taxa C”, em que 1C representa a amperagem nominal da bateria. Baterias comumente utilizadas de chumbo-ácido não podem ser carregadas com correntes altas, diferente de baterias de lítio que teoricamente suportam recargas com corrente nominal (1C).

A tensão nominal das células de Li-Po e Li-Íon variam de acordo com alguns fabricantes, mas em geral são de 3,7 e 3,6 V respectivamente. Contudo, a tensão pode variar de 4,2 à 3 V conforme a descarga da célula. Para um carregamento eficaz e seguro de uma célula Li-Íon é necessário um circuito que garanta a recarga em dois estágios principais, onde inicialmente a corrente é constante enquanto a tensão cresce gradualmente. Ao atingir a tensão nominal das células, a tensão se mantém enquanto a corrente diminui. A Figura 48 ilustra este procedimento de carregamento ideal para uma célula de Lítio-Íon de 3,7 V, dividido em quatro estágios, onde a tensão máxima da célula atinge valor próximo a 4,2 V. O carregamento termina quando a corrente atinge menos de 3% da capacidade da bateria.

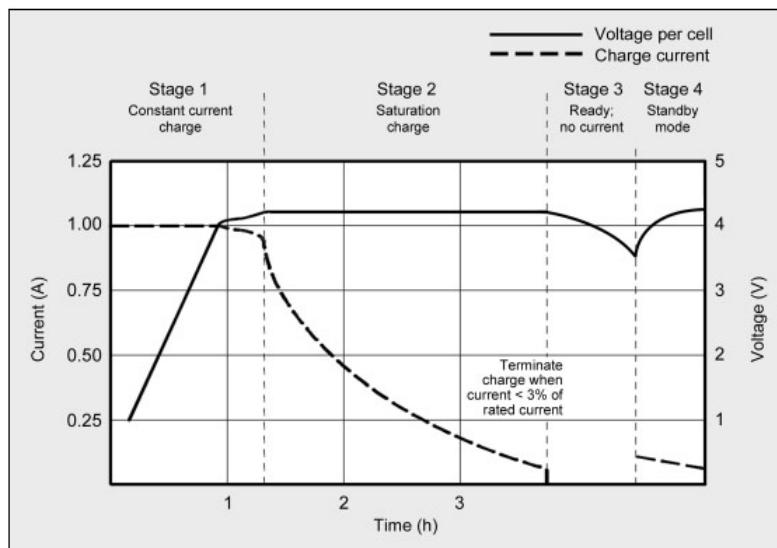


Figura 48 – Estágios durante o carregamento de baterias de Li-Íon. Fonte:(1)

A fonte de carregamento desenvolvida para o projeto possui três circuitos fundamentais, o primeiro permite a comutação automática para ligação em 110 Vac ou 220 Vac (bivolt), o segundo permite a retificação da onda de corrente alternada para corrente contínua e o terceiro garante o carregamento seguro do banco de baterias.

3.7.2.1 Circuito bivolt

No circuito bivolt (Figura 49) foi utilizado um relé para comutação entre as alimentações de um transformador center TAP 110-220 Vac/30 Vac e um trafo 220/24 Vac que desempenha a função de comparador. Caso a tensão de entrada seja 220 Vac o trafo entrega 24 Vac, caso seja 110 Vac o valor medido no secundário será de 12 VAC. Se a tensão no secundário for 24 Vac o divisor de tensão entre os resistores R10 e R9 será maior que 6,2 V, garantindo um nível alto de saída no comparador analógico TLC393 gerando um pulso de disparo simples e permitindo a condução pelo transistor SCR TIC106 até o disparo do relé, que comutará alterando o TAP do transformador para 220 V. Já no caso

da tensão obtida no divisor de tensão ser menor que 6,2 V, não haverá saída no comparador e o relé permanece no TAP 110 Vac. Assim, o circuito garantirá a ligação bivolt de forma automática para carregamento das baterias.

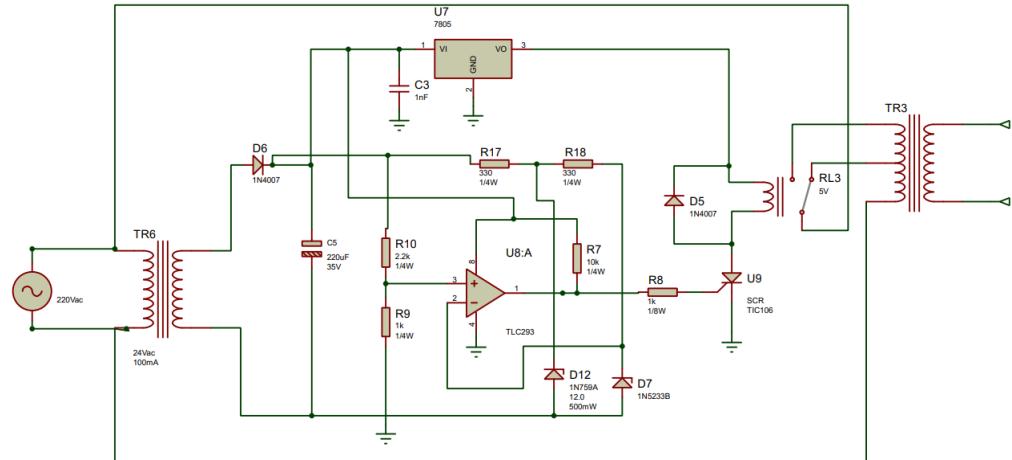


Figura 49 – Circuito bivolt com comutação automática

3.7.2.2 Circuito retificador

O circuito retificador tem o propósito de converter a tensão alternada para tensão contínua por meio da associação de diodos que permitem a passagem de corrente em apenas um sentido, garantindo o correto funcionamento do circuito eletrônico da fonte. Para o transformador TR3 com 30V no secundário e 10 A, optou-se pela ponte retificadora modelo RS1505M. A Figura 50 mostra a topologia do circuito com um capacitor C10 na saída da ponte funcionando como filtro capacitivo, filtrando e amortecendo a corrente contínua pulsante na saída do retificador.

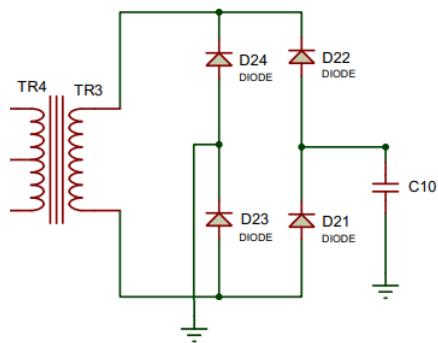


Figura 50 – Circuito retificador de tensão

Para o dimensionamento do capacitor foi considerado uma ondulação residual (ripple) de 10%. Considerando queda de tensão de 0,7 V em cada diodo, corrente de 10 A e frequência de entrada de 60Hz, a capacidade é dada por:

$$C = \left(\frac{I}{(V_{pico} - V_{queda}) * Ripple\% * F} \right) \quad (3.53)$$

onde:

C = Capacitância [F];

V_{pico} = Tensão de pico [V];

V_{queda} = Queda de tensão nos diodos [V];

$Ripple\%$ = Ripple em porcentagem [V];

F = Frequência [Hz].

$$C = \left(\frac{10}{(30\sqrt{2} - 1,4) * 0,1 * 120} \right) \quad (3.54)$$

$$C = 20.300\mu F.$$

Assim, foram escolhidos dois capacitores eletrolíticos de $20.000\mu F$.

3.7.2.3 Circuito de carregamento

O circuito de carregamento (Figura 51) tem como objetivo principal garantir o fornecimento de tensão correta para o banco de baterias e garantir o carregamento com corrente constante até a bateria atingir sua capacidade total. O circuito projetado foi adaptado de um circuito para carregamento de bateria de lítio de 3,7 V (Fonte (21)). Após ser retificada, a corrente é submetida a dois diodos, que servem como circuito de proteção, garantindo que o banco de baterias não alimente o circuito retificador. Esses diodos impõem uma queda de tensão de aproximadamente 1V, fornecendo cerca de 26V ao resto do circuito, tensão de carregamento necessária segundo o fabricante da bateria.

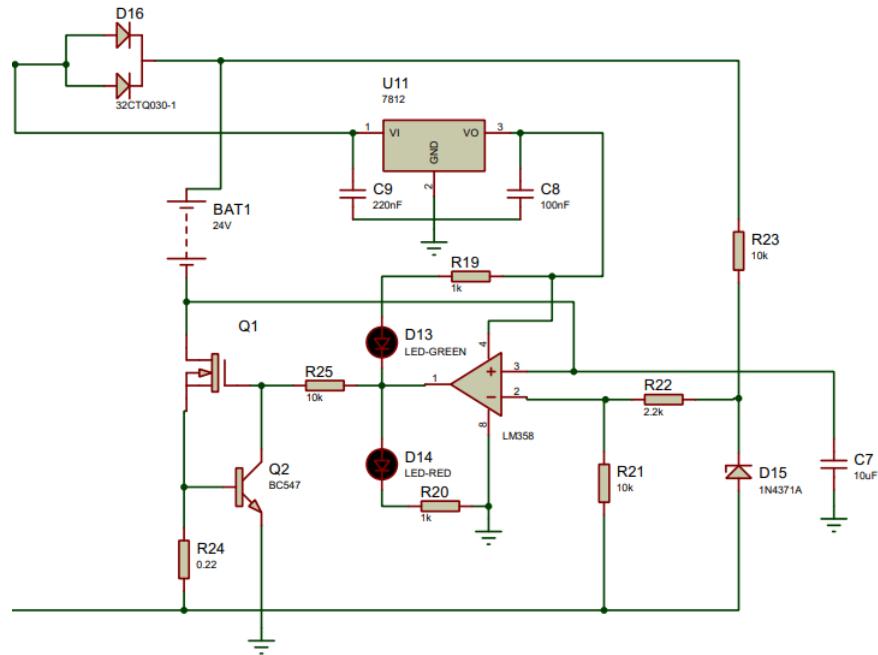


Figura 51 – Circuito de carregamento da bateria

O amplificador operacional LM358N funciona como comparador para o carregamento da bateria. A medida em que a bateria é carregada e a tensão se aproxima de 25,2 V, a tensão medida no comparador diminui. Enquanto a tensão de referência for menor, a saída do comparador é positiva e maior que a tensão de disparo do transistor mosfet IRFZ44N, fazendo com que ele passe a conduzir, permitindo o carregamento da bateria. Já quando a tensão de referência for maior que a tensão medida, o comparador terá sinal 0, interrompendo a conexão entre a bateria e o circuito carregador, suspendendo o carregamento.

O transistor BC547 trabalha como limitador de corrente, regulando a corrente de dreno do mosfet. Essa regulação é feita através de um resistor sensor, que polariza a junção base-emissor do transistor BC547 e deixa conduzir corrente entre o coletor e emissor, regulando a tensão de gate do mosfet para limitar a sua corrente. O diodo zenner funciona como uma fonte de tensão, garantindo 2,7 V e estabilizando a entrada de referência do comparador. A Figura 52 mostra a simulação durante o carregamento das baterias, onde a corrente permanece constante até atingir o valor nominal da bateria, suspendendo a recarga.

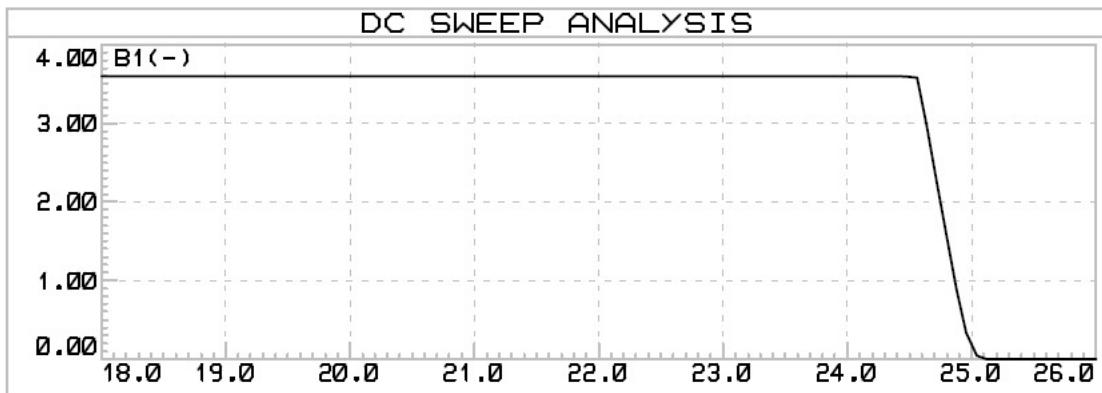


Figura 52 – Simulação do comportamento da corrente e tensão (no eixo abscissa) durante o carregamento da bateria realizado no software Proteus

Foram inseridos no circuito alguns capacitores como filtros, a afim de filtrar componentes de alta frequência. O circuito possui ainda dois leds vermelho e verde para informar ao usuário o status do carregamento. Enquanto a bateria é carregada o led vermelho permanece aceso, já quando o carregamento chega ao fim apenas o led verde liga, indicando para a desconexão do carregador à bateria do Track cooler.

3.7.3 BMS - *Battery Management System*

Apesar das diversas vantagens das baterias de lítio, suas células demandam padrões rígidos de operação, seja na recarga ou na descarga. As baterias de Li-Íon são frágeis e requerem um circuito de proteção contra curto-círcuito, sobretensão, descarga profunda e temperatura de operação, conhecido como BMS - Battery Management System. A Figura 53 mostra um circuito BMS que geralmente apresenta duas chaves ligadas em série, onde uma é responsável pelo corte alto e outra pelo corte baixo.

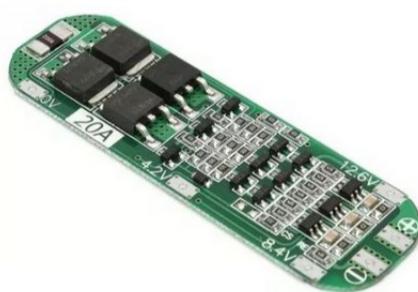


Figura 53 – Exemplo de circuito de proteção BMS. Fonte:(2)

A norma IEC 62133 traz diversos requisitos de segurança que devem ser garantidos pelo circuito. As células de Li-Ion são extremamente sensíveis à temperatura, gerando riscos se operadas a menos de 0 °C e mais de 90 °C. Essas condições extremas podem romper o revestimento e liberar gases com risco de explosão e incêndio. Para o caso de recarga acima da tensão limite ou descarga profunda há uma deterioração dos eletrodos, promovendo uma diminuição da vida útil.

3.7.4 Sistema elétrico

O diagrama unifilar da figura 54 ilustra o esquema geral de alimentação elétrica do sistema, desde a corrente alternada 110/220 Vca, quando conectada a fonte de carregamento, até os circuitos eletrônicos, motores e freio. Preferiu-se cirar uma fonte de carregamento externa onde ao ser encaixada no cooler permite o carregamento já em corrente alternada e com baixa tensão, com o objetivo de diminuir riscos aos usuários e ao sistema.

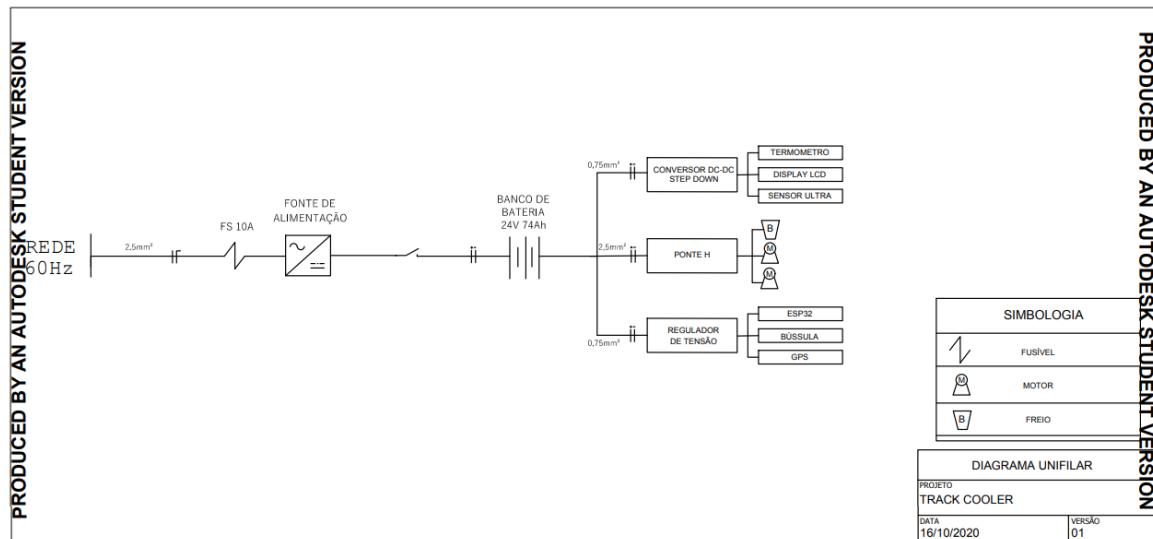


Figura 54 – Diagrama unifilar do projeto

Foi escolhido um fusível de vidro 250 V 10 A para a entrada da fonte como dispositivo de proteção. A bitola do cabo de força foi definida em 2,5mm² e para os circuitos eletrônicos em 0,75mm² de acordo com a norma ABNT NBR5410 (Fonte (22)).

3.7.5 Circuito em placa PCB

Para execução do projeto faz-se necessário o dimensionamento do circuito da fonte de carregamento em placa de circuito impresso PCB. Trilhas ou caminhos de cobre são equivalentes a fios para condução de corrente elétrica entre os componentes. A norma IPC-2221 traz requisitos para design em placas PCB. A área da trilha é dada pela equação 3.55:

$$\text{Área}[mils^2] = \left(\frac{I}{k * t_p^b} \right)^{\frac{1}{c}} \quad (3.55)$$

onde:

I = Corrente elétrica [A];

t_p = Temperatura [°C];

$k = 0,048$

$b = 0,44$

$c = 0,725$

Considerando a temperatura como 35°C e corrente elétrica de 10A, tem-se:

$$\text{Área}[mils^2] = \left(\frac{10}{0,048 * 35^{0,44}} \right)^{\frac{1}{0,725}} \quad (3.56)$$

Área = 182,47 mils² ou 0,117 mm²

Já a largura da trilha é dada por:

$$W[mils^2] = \left(\frac{A}{E * 1,378[mils/oz]} \right) \quad (3.57)$$

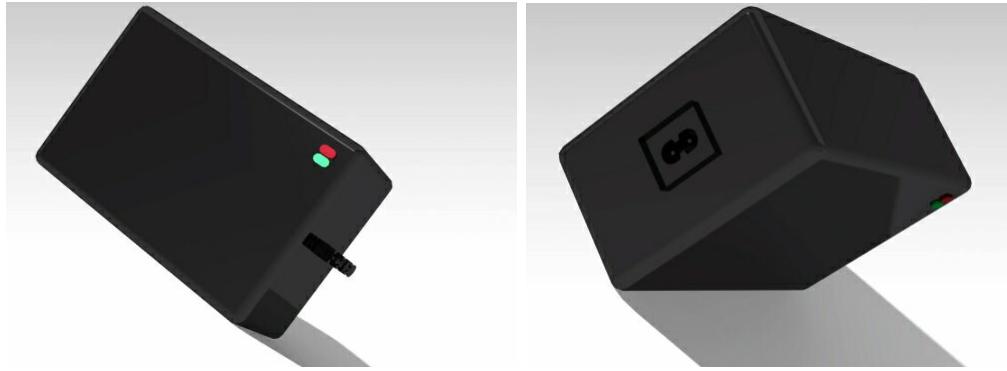
Onde: $E = 1$ [oz]

Assim:

$$W[mils^2] = \left(\frac{182,47}{1 * 1,378[mils/oz]} \right) \quad (3.58)$$

W = 3,36mm.

A confecção do circuito de carregamento em placa PCB permite a fabricação de uma fonte otimizada para o cliente com conexão para o cabo de força. A figura 55 mostra um CAD do modelo proposto.



Fonte: Autor

Figura 55 – CAD da fonte de carregamento do Track cooler

3.7.6 Conversor DC-DC Step Down

Um regulador de tensão é um dispositivo formado por diodos ou circuitos integrados com o objetivo de regular a saída de tensão em um circuito elétrico. Para alimentação dos circuitos eletrônicos do projeto será utilizado um conversor DC-DC Step Down a fim de abaixar a tensão 24Vdc para 5Vdc. O modelo escolhido foi o K240503 com corrente nominal de 3 A.



Figura 56 – Modelo do conversor DC-DC escolhido

3.8 Sistema de refrigeração

Durante a fase de concepção do projeto foi considerado a possibilidade de projetar um sistema de refrigeração automático para o cooler. A primeira proposta foi a utilização de um ciclo de refrigeração por compressão, com compressor, evaporador, condensador e uma válvula de expansão. A proposta se tornou inviável após algumas pesquisas devido ao peso e tamanho do compressor que diminuiria consideravelmente o volume útil do cooler. Além disso, a potência e tensão de trabalho em 220/110Vca exigiria grande capacidade das baterias de lítio, que não conseguem altas taxas de descarga e um sistema de inversão de tensão e de proteção para partida do compressor, quando acionado, comprometendo severamente a autonomia do projeto.

Esgotada a possibilidade de um sistema de refrigeração por compressão, buscou-se no mercado alternativas equivalentes, como placas de peltier. Alguns frigobares e adegas disponíveis para venda utilizam esse sistema de resfriamento. Foi considerado o uso de uma placa peltier da marca Candence (Figura 57), utilizados em produtos da marca. A placa promete resfriar até 11°C, porém ao pesquisar avaliações sobre o produto há diversas reclamações de clientes relacionadas à sua eficiência.

The image displays a photograph of a Peltier module with its heat sink and electrical connections. Below it are two screenshots of Amazon product reviews:

- Luka (6 de Agosto de 2016)**: ★★★★☆
Não recomendo!
"Bonitinho, mas ordinário". Há um ano espero que o frigobar ao menos refrigerue. Os alimentos estragam, a manteiga amolece. Resolvi jogar o produto no lixo, pois seria uma atitude desonesta de minha parte.
Está avaliação foi útil? Sim Não
- Edinaldo (4 de Abril de 2016)**: ★★★★☆
PRODUTO MUITO RUIM, NÃO GELA NADA
PRODUTO MUITO RUIM, NÃO GELA NADA, APENAS RESFRIA. TUDO QUE VOCÊ DEIXAR NO LOCAL IRÁ AZEDAR OU APODRER, NÃO GELA NADA. LIGUEI NA CADENCE E FUI INFORMADO QUE ESSE É O FUNCIONAMENTO DELA E SE EU QUISER QUE FIQUE GELADO, TEREI DE COLOCAR GELO OU ÁGUA GELADA NO INTERIOR DA MESMA. NÃO COMPRE ESSE FRIGOBAR.
Está avaliação foi útil? Sim Não

Fonte: (23)

Figura 57 – Placa de peltier à esquerda e avaliações do produto à direita

Além disso, cada placa necessita de um grande dissipador de calor, o que consome grande espaço na estrutura do projeto e entre o sistema de isolamento. A potência e tensão de funcionamento (110/220Vca) também configura uma complexidade maior para o sistema de alimentação e autonomia, necessitando de um inversor de frequência e maior consumo do banco de baterias. Aumentando o peso do projeto e espaço ocupado pelos sistemas.

Dessa forma, optou-se por manter a refrigeração do cooler de forma manual ao usuário por meio da utilização de gelo e cumprindo a proposta do projeto de um cooler inteligente que segue o usuário sem necessidade de ser transportado.

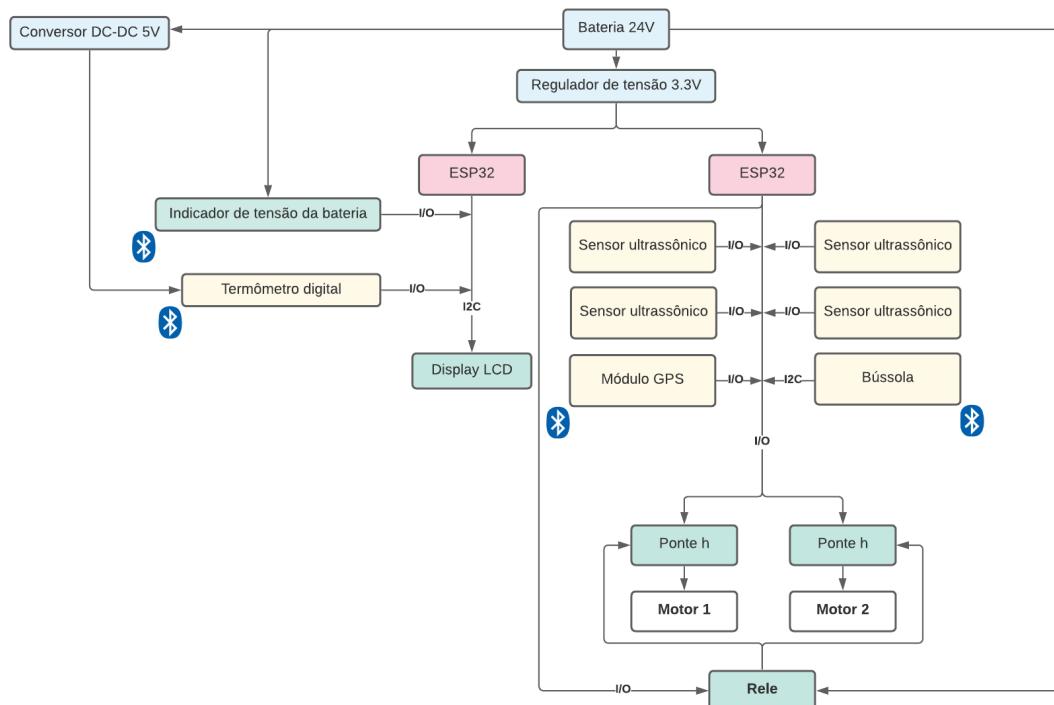
4 Eletrônica

4.1 Sistema Eletrônico

O sistema eletrônico do Track Cooler será composto por 2 microncontroladores ESP32 que formarão uma unidade de controle e aferição, 1 microcontrolador será responsável pela aferição de temperatura e aferição do nível de bateria o outro conterá o sistema de seguimento, realizado por meio da detecção de desniveis, detecção de obstáculos, localização, controle da velocidade e direcionamento do motor. Todos os esquemáticos foram realizados no Software Proteus.

A alimentação do sistema ocorrerá por meio de uma bateria de 24V, porém é necessário converter essa tensão para a tensão de alimentação de cada componente, e isso ocorrerá por meio de conversor DC-DC, e um regulador de tensão desenvolvido pela equipe de estrutura.

O fluxograma que representa o funcionamento completo do sistema eletrônico do track cooler é apresentado na figura 58.



Fonte: Autor

Figura 58 – Fluxograma de eletrônica

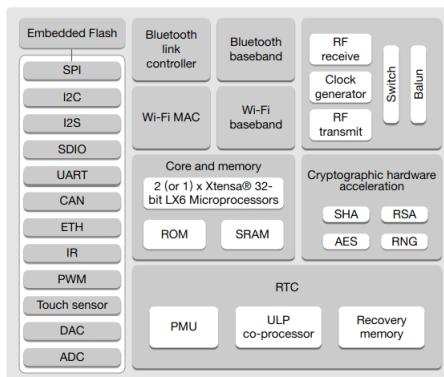
4.2 ESP32

A embarcação ocorrerá por meio da ESP-WROOM-32 (fig.59), um microcontrolador que permite uma ampla variedade de funcionalidades que variam de aplicações de baixa-potência, programação *multicore* e tarefas de alta demanda de performance. Este microcontrolador possui algumas particularidades que o qualificaram para ser utilizado no projeto, são elas a integração de Bluetooth v4.2 BR/EDR e BLE, módulo WI-FI 2,4 GHz para 2,5 GHz e módulo SMD de 38 pinos de 2,7 a 3,6 V, porém para a realização do projeto está sendo usado o DEVKIT V1 - DOIT, que é um kit cujo apenas 30 Pinos estão disponíveis para uso, que permite uma ampla gama de aplicações, como uso do módulo bluetooth para conexão à um dispositivo móvel, ou difusão de *beacons* de baixa potência para detecção do mesmo.



Fonte: [\(24\)](#)

Figura 59 – Microcontrolador ESP-WROOM-32.



Fonte: [\(25\)](#)

Figura 60 – Diagrama de blocos que constituem o microcontrolador.

O usuário também pode deixar a CPU em estado de baixa energia e usar um co-processador de baixa potência para verificar constantemente o estado dos inúmeros periféricos integrados a ESP32, que variam de sensores piezoeletricos, Hall, amplificador de baixa potência com redução de razão sinal-ruído, 16 canais de conversão analógico-digital, 2 canais de conversão digital-analógico e em especial para o projeto, possui portas de interface de comunicação com periféricos por meio dos protocolos SDIO/SPI, UART, I²S e I²C, como apresentado na figura 60.

Tabela 13 – Algumas especificações ESP-WROOM-32

Categorias	Items	Especificações
<i>Bluetooth</i>	Protocolos	Bluetooth v4.2 BR/EDR e BLE
	Radio	Transmissor Classe-1, classe-2 e classe-3
<i>Hardware</i>	Módulo de Interface	Cartão SD UART, SPI, SDIO, I ² C, LED PWM, Motor PWM, I ² S, IR
		GPIO, Sensor piezoelétrico, ADC, DAC, pre-amplificador LNA
	<i>On-board clock</i>	Cristal 40 MHz
	Tensão de operação	2,3~3,6 V
	Corrente de operação	Média: 80 mA
	Alcance de temperatura de operação	-40 °C~85 °C
<i>Software</i>	Criptografia	AES/RSA/ECC/SHA
	Desenvolvimento de Software	Servidor Desenvolvimento em nuvem
	Protocolo de rede	IPv4, IPv6, SSL, TCP/UDP /HTTP/FTP/MQTT
		Conjunto de instruções AT, servidor em nuvem, app Android/iOS

Fonte: (26)

Pela quantidade de portas *General Port Input/Output*(GPIO) utilizadas, outro ponto positivo sobre o uso da ESP32 é a corrente de *standby* do chip que é menos de 5 μ A, e como o track cooler é um sistema que será alimentado por bateria e acréscimo de aplicações eletroeletrônicas externas, a economia de energia deve ser otimizada o máximo possível. Além de ser suportar taxa de transmissão de dados de até 150 Mbps, essas configurações e os aspectos apresentados na tabela 13 mostram como as especificações da ESP32 são suscetíveis ao protótipo do Track Cooler por permitir a performance de integração eletrônica, alcance, conectividade e consumo de energia que atendem às necessidades da equipe.

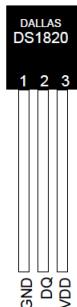
Tabela 14 – Algumas especificações Módulo Termômetro DS18B20

Parâmetro	Símbolo	Condição	Min	TYP	Max	Units
Condições de operação DC Recomendadas						
Tensão de Alimentação	V_{DD}		3,0		5,5	V
Pino de Ddos	DQ		-0,3		5,5	V
Características elétricas DC (-55°C a +125°C; VDD=3,0V a 5,5V)						
Erro do termômetro	t_{ERR}	-10°C a 85°C			$\pm\frac{1}{2}$	°C
		-55°C a 125C			± 2	
Corrente de standby	$IDDS$			750	1000	nA

Fonte: (27)

4.3 Aferição da Temperatura

Para que o usuário possa verificar a temperatura interna do Track cooler, haverão duas possibilidades, apresentação da temperatura em um módulo LCD que estará no corpo do cooler, e por meio do aplicativo. Com isso o monitoramento dos produtos dentro da caixa poderá ocorrer sem preocupação de verificação por meio manual, e consequentemente, haverá menor perda da carga térmica do cooler por interação com a temperatura do ambiente externo, para isso será usado o sensor DS18B20.



fonte:(27)

Figura 61 – Representação do termômetro digital com resolução de 1-fio DS18B20.

O sensor DS18B20 é um termômetro digital de resolução de 1-fio, dos 3 terminais da figura 61, o V_{DD} é a tensão de alimentação, GND é o terra, e DQ é o terminal de entrada e saída de dados, ou seja, é necessário apenas 1 pino da ESP32 para realizar a comunicação. A energia do módulo para leitura, escrita e conversão de temperaturas pode ser derivada de dois meios, a partir da própria linha de comunicação, pelo armazenamento de energia em um capacitor interno durante o período de tempo em que a linha está energizada, e por meio de alimentação externa de uma fonte de 3.3~5 V, que é o meio que será utilizado no projeto.

A medição de temperatura do termômetro digital ocorre pela indicação das informações da temperatura em forma da resolução dos dados de 9 - 12 bits programáveis, e para que o módulo DS18B20 possa realizar uma conversão exata das temperaturas

necessita de fornecimento da corrente necessária no terminal DQ quando a operação de conversão está sendo executada. Assim como o fornecimento de tensão, a corrente pode ser fornecida por meio da configuração modo parasita, e modo alimentação externa, algumas informações destas citadas podem ser vistas em (tab. 14), como está será a utilizada no projeto, será a explicada, com uma alimentação externa de 3~5 V no terminal V_{DD} , o que permite que mais de um módulo possa ser usado na mesma linha do barramento, e caso todos estiverem sendo alimentados por fonte externa, permite que as conversões ocorram simultaneamente, para casos em que sejam necessários mais de um termômetro DS18B20, que não aplica-se ao projeto. A corrente de operação do módulo é de 1,5 mA logo, para uma entrada de 5,5 V, é utilizada a lei das malhas de Kirchhoff apresentada na equação 4.1.

$$V = RI \quad (4.1)$$

Onde,

V é a tensão em Volts,

R é a resistência em Ω ,

I a corrente em Ampére.

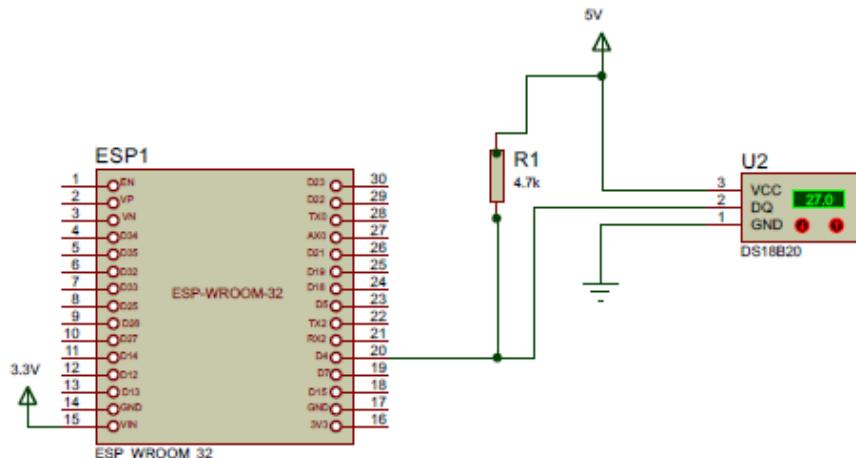
Que resultou na equação 4.2.

$$R = \frac{5,5 \text{ V}}{(1,5 \cdot 10^{-3}) \text{ A}} = 3,67 \text{ k}\Omega \quad (4.2)$$

Ou seja, para atender a especificação de corrente máxima, é necessário que seja usado um resistor de 3,67 k Ω , que para efeito de implementação será usado o resistor com valor mais próximo porém que seja comercial e que possibilite o fornecimento de corrente necessário para que ocorra a conversão da temperatura, que é de 4,7 k Ω , o que resultará no circuito apresentado na (fig. 62) que foi simulado no software Proteus.

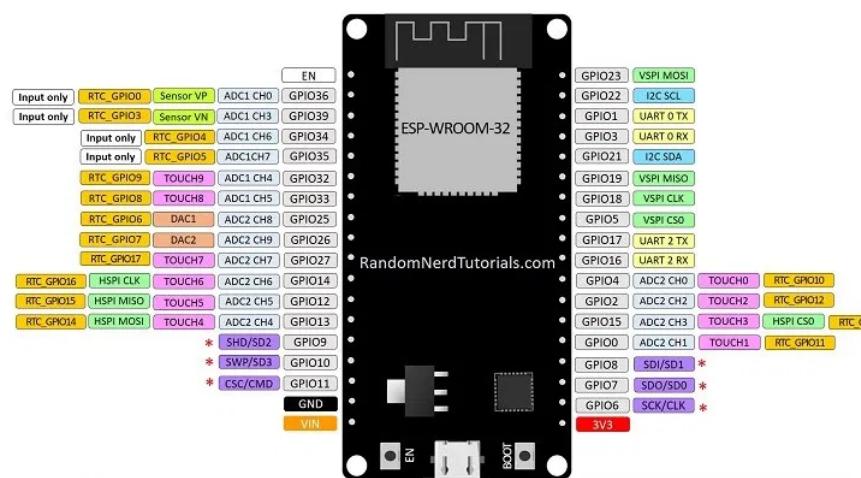
O uso do GPIO ocorreu levando-se em consideração a configuração das portas da ESP-WROOM-32 (fig. 59) apresentada na (fig. 63), porém para a realização do projeto utilizou-se o kit de desenvolvimento DEVKIT V1 - DOIT, entretanto diferindo-se da pinagem apresentada na imagem, a placa de 36 pinos possui apenas 30 pinos disponíveis para uso, os GPIO6 ao GPIO11 estão conectados à memória flash SPI integrada da placa, e devido à este motivo neste kit eles não são disponibilizados para que usuários que não tenham conhecimento necessário para alterar a memória da maneira correta não interferiram na memória da interface serial dos periféricos.

Esta configuração esquemática (fig. 62) irá gerar como resposta os dados de temperatura que serão apresentados no aplicativo e na tela LCD 16x2.



Fonte: Autor

Figura 62 – Configuração da conexão do termômetro DS18B20 em modo de alimentação externa com o microprocessador ESP32.



Fonte: (24)

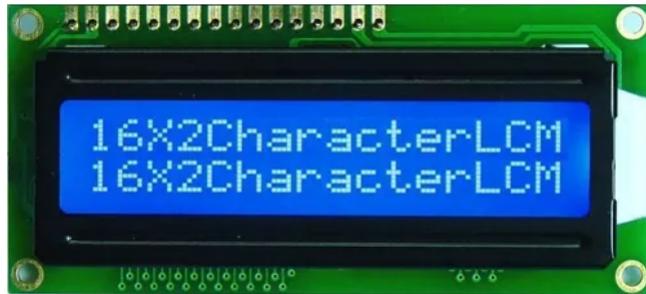
Figura 63 – Configuração dos pinos da ESP-WROOM-32

4.3.1 Interface Gráfica para temperatura

4.3.1.1 Liquid Crystal Display(LCD)

A apresentação da temperatura também ocorrerá por meio de uma interface gráfica, para isso será usado o display de cristal líquido LM016L com controlador LSI HD44780 apresentado na figura 64, que apresenta até 16 caracteres alfanuméricos em cada uma das 2 linhas, como o que será apresentado é apenas a palavra: "Temp= ", e "+00.00°C", que utiliza-se de 14 caracteres na primeira linha o que atende à necessidade de interface para a temperatura.

O display possui 14 pinos, V_{SS} , V_{DD} e V_O que são pinos de alimentação, RS que é o pino de entrada de dados, R/W pino para leitura e escrita de dados, E para habilitar



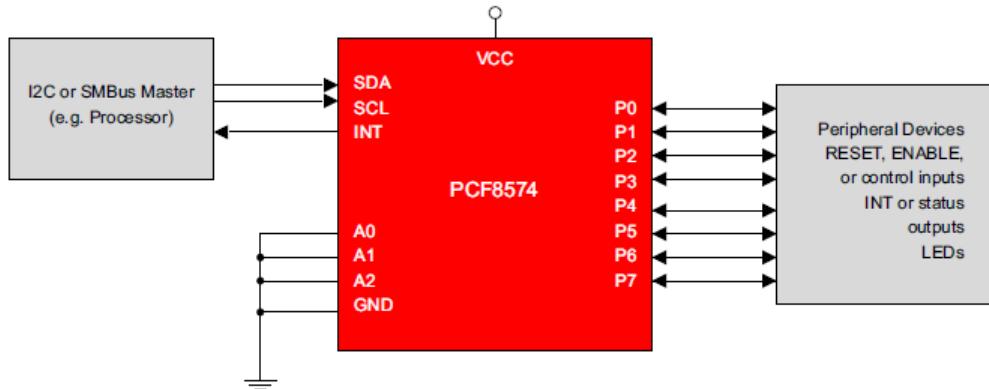
Fonte: (28)

Figura 64 – Display de cristal líquido 16x2 - LM016L.

Tabela 15 – Algumas características técnicas do Display LCD LM016L

Características Elétricas
$T_a = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 5,0 \text{ V} + 0,25 \text{ V}$
Corrente de alimentação (I_{DD}) ($V_{DD} = 5,0 \text{ V}$) 1,0 mA typ

Fonte: (28)



Fonte: (29)

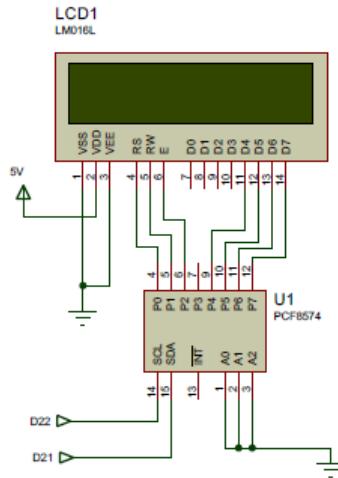
Figura 65 – Módulo PCF8574, Expansor de 8 bits para interface I²C

o sinal, e DB0 a DB7 responsáveis pelo endereçamento do barramento do display, as informações técnicas do LCD são apresentados na tabela 15.

E da forma como foi apresentado o display já poderia ser conectado à placa de modo a apresentar as informações do termômetro DS18B20, porém seria necessária conectar os 4 pinos *MSB* do barramento, fazendo com que menos GPIOs ficasse disponíveis, acrescido ao display, foi utilizado o módulo de expansão remota de 8 bits PCF8574.

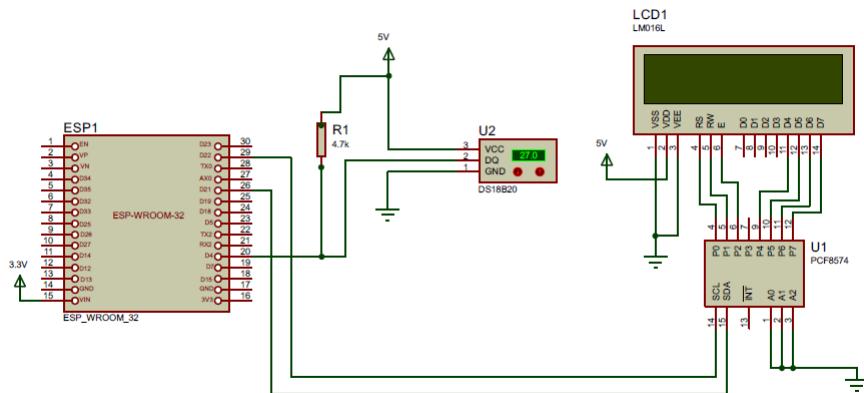
4.3.1.2 Módulo PCF8574 - Interface I²C

O módulo PCF8574(fig. 65) é um módulo de expansão remota de *Input/Output*(I/O) de 8-bits de propósito geral, do barramento bidirecional para as duas linhas *Serial Data* (SDA)/*Serial Clock*(SCL) da interface I^2C do microcontrolador.



Fonte: Autor

Figura 66 – Conexão entre o módulo expansor e o LCD



Fonte: Autor

Figura 67 – Circuito do sistema de aferição da temperatura

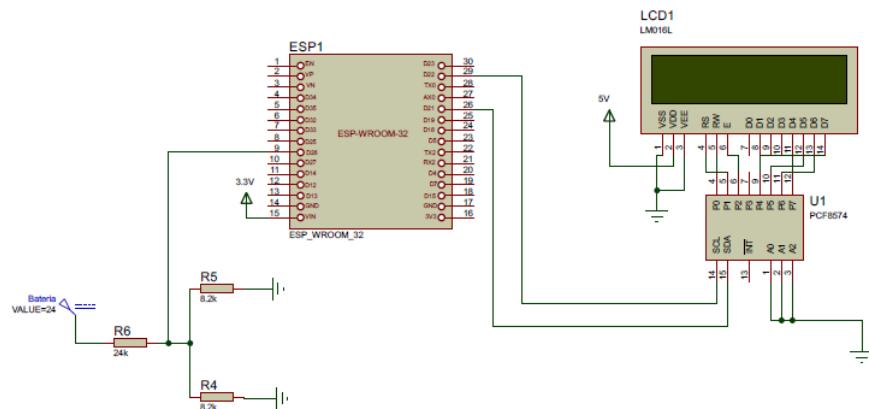
A conexão ocorrerá dos pinos do display LM016L para o módulo, os pinos RS, R/W e E dos display, são conectados aos pinos 4-6 respectivamente do módulo, e os pinos MSB D4 a D7 são conectados nos pinos 10-12 do módulo, e os pinos SDA e SCL são conectados à ESP nos GPIOs 21 e 22 respectivamente, que como apresentados na figura 63 são os pinos que possuem a interface SCL e SDA da I²C, a conexão do LCD e do módulo apresentados na figura 66, a informação da temperatura será transmitida pelas portas e apresentada no display, assim como no aplicativo.

O circuito final responsável pela aferição da temperatura do cooler. em que apresenta a conexão do termômetro DS18B20, display LCD e o módulo expansor, na ESP32 é apresentado na figura 67.

4.4 Indicação do Nível de bateria

Para que seja possível a verificação do nível de bateria pelo usuário através do aplicativo, será utilizado o microcontrolador ESP32 juntamente com um circuito simples de divisor de tensão [68](#), visto que a ESP32 suporta apenas 3,6 V e a bateria possui 24 V. Este divisor de tensão é conectado à porta GPIO26, e o dado coletado pelo microcontrolador poderá ser visto através do aplicativo e da tela LCD acoplada junto ao cooler, indicando ao usuário se será necessário ou não uma nova carga.

A interface gráfica para apresentação do nível de bateria será apresentado no display LCD da figura [64](#), em que na sua primeira linha terá a temperatura do cooler e na segunda terá o nível da bateria apresentada da seguinte forma: "%Charge=00.00%", que utiliza-se de 13 caracteres o que atende ao uso do display em ambas situações.



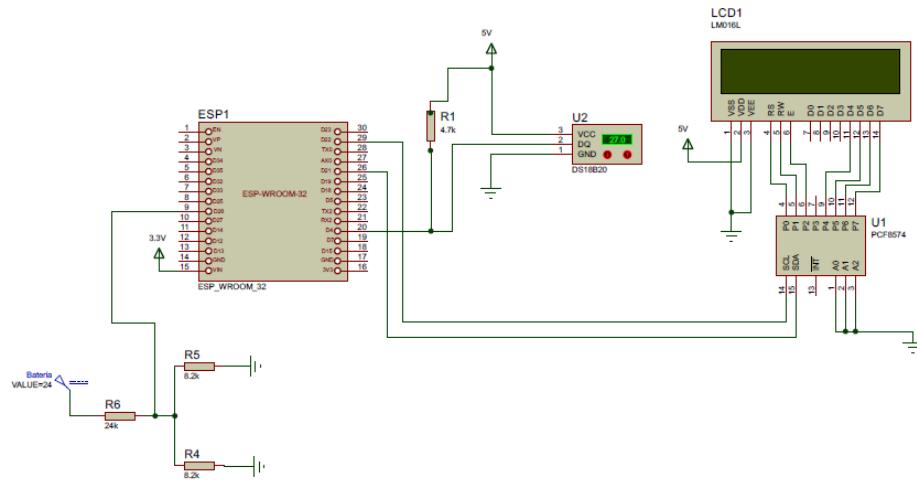
Fonte: Autor

Figura 68 – Circuito do sistema de indicação de nível de bateria na ESP32.

Por fim, o display LCD apresentará duas informações distintas, advindas de fontes distintas, a temperaratura, na primeira linha, e indicação do nível de bateria na segunda, o circuito completo que leva em consideração à conexão da bateria, termômetro digital, LCD e o módulo ESP, é apresentado na figura [69](#).

Tabela 16 – Ligações dos pinos do circuito do sistema de aferição de temperatura e indicação do nível de bateria.

DQ	GPIO4
SCL	GPIO22
SDA	GPIO21
Saída do divisor de tensão	GPIO26



Fonte: Autor

Figura 69 – Circuito do sistema de aferição de temperatura e indicação do nível de bateria.

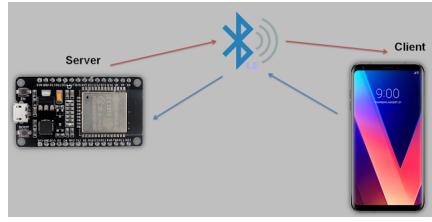
4.5 Envio dos Dados para o aplicativo

O Bluetooth é um sistema que facilita a vida dos seus usuários, eliminando ou reduzindo fios e práticas que restringem as atividades diárias. Dispositivos como smartphones, relógios, computadores, caixas de som, fones de ouvido, entre outros acessórios que dispõe dessa funcionalidade, podem, em determinando alcance, conectarem-se sem utilizar algum suporte físico. Utilizando ondas de radiofrequênciia para transferência de dados.

Além de ser um padrão de tecnologia sem fio para troca de dados em curtas distâncias, com a vantagem de incluir robustez, baixo consumo de energia e baixo custo, o sistema Bluetooth presente no microcontrolador ESP32 pode ser dividido em duas categorias distintas, Bluetooth Clássico e o Bluetooth Low Energy (BLE) ou Bluetooth de Baixa Energia.

O Bluetooth é dividido em duas partes, uma Pilha controlador e uma Pilha Host. A pilha Controlador é usado para interface de gerenciamento de hardware, troca de pacotes Bluetooth entre dispositivos. A pilha Host funciona como uma interface para a camada de aplicativo, tornando possível o acesso ao sistema Bluetooth do dispositivo, lidando com dados de nível superior a pilha. (30)

Para o projeto será utilizada a função do Bluetooth clássico disponível, onde o mesmo segue o protocolo padrão SSP (Serial Port Protocol), além de contar com as classes 1, 2 e 3 (26) que possuem alcance de 100 m, 10 m e 1 m respectivamente, o que facilita o envio e recebimento de dados sem muita sobrecarga. Visto que para o projeto haverá conexão intermitente, ou seja, sempre que o cooler estiver conectado ao celular, então a escolha do Bluetooth é compatível com essa grande demanda de dados e o protocolo de seguimento não possui grandes riscos de perda de conectividade.(32)



Fonte: (31)

Figura 70 – Conexão via Bluetooth ESP32 e Celular

O Bluetooth da ESP32 irá enviar para o aplicativo dados do sensor de temperatura, nível de bateria do Track cooler, dados da localização via GPS, como: data, hora, longitude e latitude, além de avisos de possíveis erros. Esses dados poderão ser compartilhados devido a funcionalidade da Biblioteca própria, sendo a mesma de código aberto, possibilitando a modificação para melhor atender ao funcionamento de acordo com o relacionado para o projeto.

4.6 Sistema de seguimento

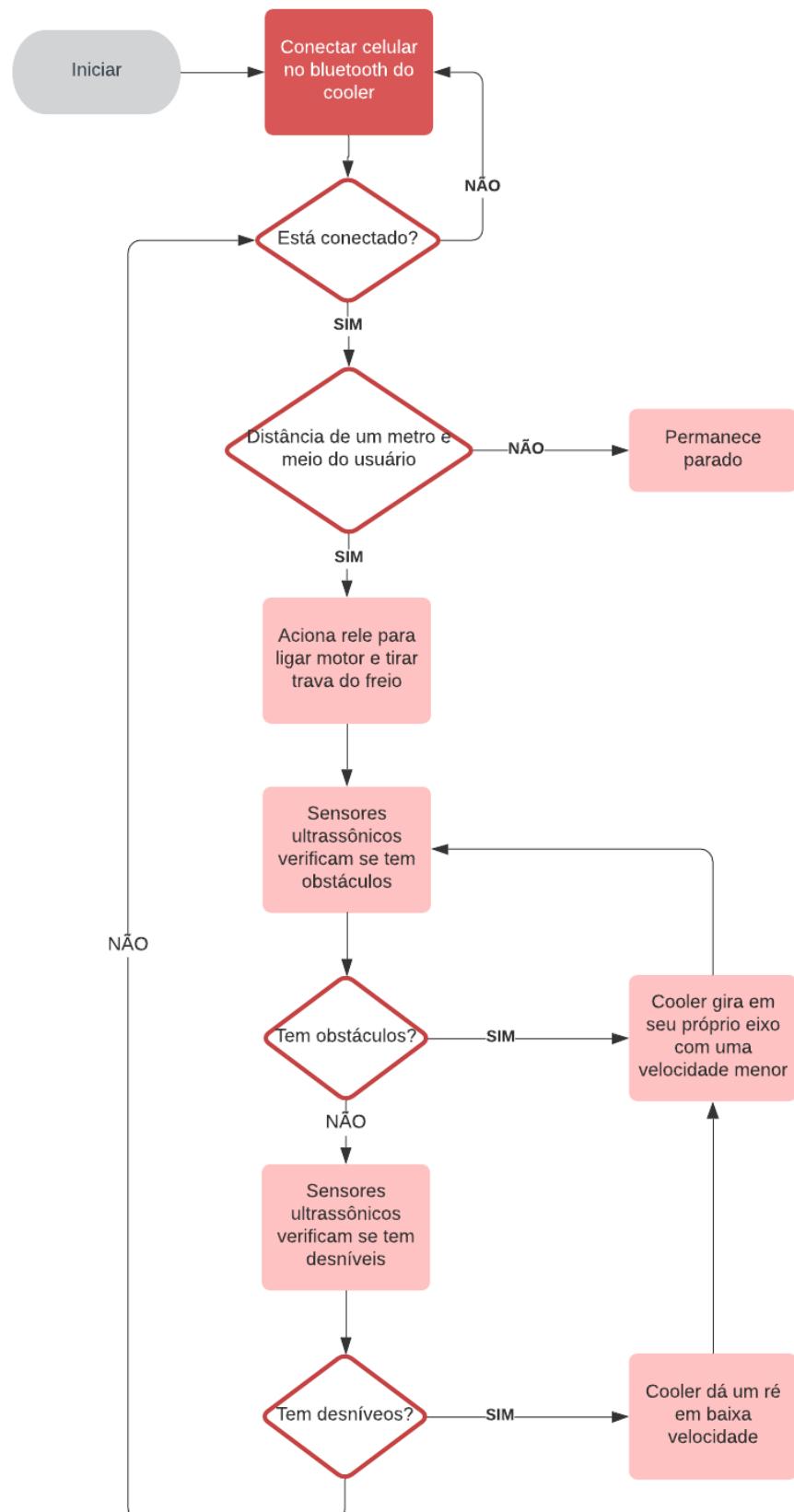
O sistema de seguimento tem o intuito de controlar os motores considerando obstáculos, desníveis, curvas e distância do usuário a partir de módulos e sensores. O sistema está apresentado de forma simplificada no fluxograma abaixo (71) e seu detalhamento está descrito no texto.

4.6.1 Acionamento e controle dos motores

O acionamento dos motores ocorrerá de acordo com a localização do usuário fornecida pelo GPS do celular e a do Track cooler através do módulo GPS. Um rele será responsável por acionar os pinos de alimentação do motor na ponte H fazendo o cooler seguir somente depois que o usuário tiver se afastado meio metro de distância, esta será medida a partir da comparação das localizações do usuário e do cooler. O acionamento só ocorre se o dispositivo do usuário estiver conectado com o bluetooth do cooler.

Para o controle de velocidade e direção será usada a ponte H BTS7960. A escolha deste módulo se deve ao fato dele aguentar uma corrente de pico de até 43 A e tensão de até 27 V (33), estes parâmetros são necessários para caso o motor precise trabalhar com capacidade máxima e devido à corrente de partida do motor que é maior que 10 A segundo o seu fornecedor.

Para ligar o módulo da ponte h, assim como os outros módulos, será usada uma tensão de 5 V através de um divisor de tensão que terá a função de diminuir a tensão que chega da bateria antes de fornecê-la aos módulos. As entradas de controle da ponte H são

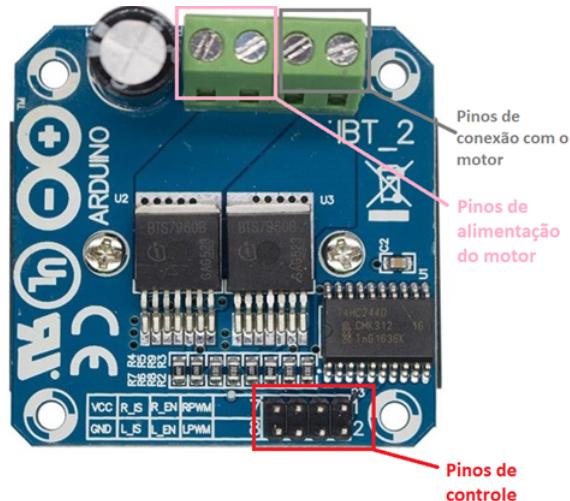


Fonte: Autor

Figura 71 – Fluxograma do sistema de seguimento.

setadas em nível lógico alto a partir de uma tensão de 3,3 V, portanto o microcontrolador ESP32 será capaz de controlar essas entradas sem a necessidade de conversores.

Serão usados dois módulos de ponte H, um para cada motor. Este uso se deve às curvas que o cooler terá que fazer, nas quais será necessário a diminuição ou parada completa da velocidade de um dos motores, portanto seus controles precisam ser independentes nestes momentos. A ligação dos pinos da ponte H está ilustrada na figura 72 e detalhada nas tabelas 4.6.1 e 4.6.1.



Fonte: Autor

Figura 72 – Detalhamentos dos pinos da Ponte H BTS7960

Tabela 17 – Ligações da ponte h para controle do motor 1

MOTOR 1	
R_PWM	GPIO 18
L_PWM	GPIO 19
R_EN	5 V
L_EN	5 V
VCC	5 V
GND	GND

Tabela 18 – Ligações da ponte h para controle do motor 2

MOTOR 2	
R_PWM	GPIO 26
L_PWM	GPIO 27
R_EN	5 V
L_EN	5 V
VCC	5 V
GND	GND

A velocidade do cooler será controlada a partir do PWM (modulação de largura de pulso) devido ao fato de que através da largura do pulso de uma onda quadrada é possível controlar a potência e portanto a velocidade. A freqüência do PWM é fixa, normalmente em um valor alto suficiente para não afetar o funcionamento do equipamento, neste caso o motor, e para que a forma de onda resulte a mais suave possível (??).

PWM, ou modulação de largura de pulso, é uma técnica que permite ajustar o valor médio da voltagem ligando e desligando a energia em uma frequência rápida. A tensão média depende do duty cycle ou da quantidade de tempo em que o sinal está ligado versus a quantidade de tempo que o sinal está desligado em um único período de tempo.

Para variar a largura do pulso da onda são necessário os valores do duty cycle e do período. Para o cálculo do duty cycle é usada a fórmula a seguir, a qual resulta em uma porcentagem.

$$DutyCycle = 100 \cdot \frac{\text{LarguraDoPulso}}{\text{Período}} \quad (4.3)$$

Onde,

DutyCycle = Valor em (%); Largura do pulso = Tempo em que o sinal está ligado; Período: Tempo de um ciclo da onda.

A tensão média de saída é resultado da tensão de entrada multiplicada com a porcentagem determinada do duty cycle.

$$Vm = Vin \cdot \frac{DutyCycle}{100} \quad (4.4)$$

A velocidade do cooler levará em conta a distância que ele estará do usuário e a partir dessa distância que será feita a variação do valor do duty cycle. Desta forma será possível controlar a potência do motor apesar de subidas, descidas e peso do cooler.

Para o caso da realização de curvas pelo usuário, será determinado que o cooler só efetuará essa curva quando ela for igual ou maior que 20° . Esta condição foi determinada para uma garantia de precisão dos sistemas de localização e direcionamento, que serão detalhados mais adiante.

Deverá ser feito um controle de velocidade dos motores a partir do cálculo do duty cycle para que o cooler realize as curvas, e o primeiro passo para a definição da velocidade será determinar o comprimento do arco que o cooler irá percorrer a partir do ângulo obtido como está representado na equação 4.5.

$$c = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot r}{180^\circ} \quad (4.5)$$

Onde,

c = Comprimento do arco;

α = Ângulo de curvatura que o cooler deverá fazer;
 r = raio que as esteiras percorrem.

O comprimento do arco mostrado na equação 4.5 deverá ser calculado para a esteira externa e interna, sendo a esteira externa a oposta ao centro da curva. Para o cálculo deste comprimento, será necessário determinar um raio de curvatura que a esteira externa irá percorrer, por isso será considerado um raio 1,4 vezes o valor da bitola, que é de aproximadamente 450 mm, resultando em um raio de 630mm. Foi usado o valor da bitola como parâmetro pois é o raio que ele percorre quando gira com uma esteira parada. A escolha da constante que multiplicará a bitola para resultar o raio se deve a necessidade da curva não ser tão acentuada e nem muito aberta. Como o raio da esteira interna vai ser sempre o raio da esteira externa menos o valor da bitola, agora é possível encontrar o valor do comprimento do arco para ambas as esteiras.

Conservando a velocidade da esteira externa em 1 m/s, é possível determinar o tempo que esta demora para percorrer o seu comprimento de arco (c_e) encontrado de acordo com a equação 4.6. O passo após ter o tempo e o comprimento do arco da esteira interna (c_i) calculados é encontrar a velocidade que a esteira interna deverá estar para percorrer este arco no mesmo tempo que a esteira externa, mostrado na equação 4.7.

$$t = \frac{c_e}{v} \quad (4.6)$$

$$v = \frac{c_i}{t} \quad (4.7)$$

Com o dado da velocidade da esteira interna v_i encontrado e o da esteira externa conhecido v_e , o último passo é determinar o duty cycle que será usado para o controle da esteira interna, assim, será possível controlar a velocidade desa pelo tempo que foi calculado fazendo o cooler realizar a curva juntamente com seu usuário. Observe a equação 4.8 que demonstra o cálculo deste duty cycle.

$$DutyCycle = \frac{v_i}{v_e} \cdot 100 \quad (4.8)$$

O freio utilizado no sistema de seguimento é acionado assim que para de fornecer energia para o mesmo. Portanto será usado somente um rele que mandará energia para o motor e para o freio, assim, quando quiser que o cooler pare só será necessário desligar um rele.

Será feito um monitoramento constante da localização do cooler e reiniciado um contador a cada dez segundos, se neste tempo for detectado que o cooler não mudou de posição e seus motores permanecem ligados, o cooler deverá desligar, acionar seu freio e será emitido um alerta no celular do usuário para que ele verifique o que ocorreu.

4.6.2 Detecção de obstáculos e desníveis

Serão usados quatro sensores ultrassônicos, dois serão alocados na parte frontal do cooler para a detecção de obstáculos e outros dois serão colocados na parte inferior para identificar desníveis.

O sensor ultrassônico que será utilizado é o HC-SR04, ele possui uma resolução de três milímetros e mede distâncias de dois centímetros a quatro metros. Este sensor manda uma onda ultrassônica que se propaga no meio em questão até achar um obstáculo. A onda é enviada quando o pino TRIGGER do sensor é definido em nível lógico alto. Assim que a onda é enviada, o pino ECHO é colocado em nível lógico alto e é acionado um contador para saber quanto tempo a onda demora para retornar até o sensor. A partir do valor do tempo encontrado e da velocidade do som, é possível calcular a distância usando a equação 4.9 (34).

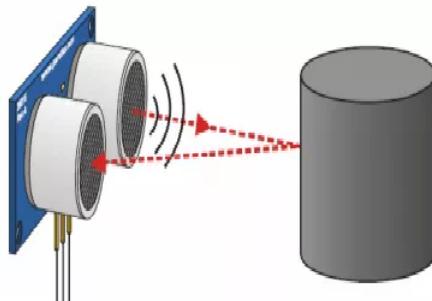
$$d = v \cdot t \quad (4.9)$$

Onde,

d = distância que será medida;

v = velocidade do som;

t = tempo de ida e volta da onda ultrassônica.



Fonte: (35)

Figura 73 – Exemplo de funcionamento do sensor ultrassônico

A partir dos dados obtidos pelos sensores ultrassônicos serão tomadas medidas no sistema de seguimento para que o cooler não colida com nenhum obstáculo e não caia em nenhum desnível.

A distância mínima necessária entre o sensor e o obstáculo para que seja necessário um comando de desvio no sistema de atuação será de 80 cm. Quando detectado um objeto obstruindo a sua passagem, o cooler deverá girar para a esquerda em baixa velocidade até que ele perceba através dos sensores ultrassônicos a possibilidade de seguir sem riscos de colisão. Serão contados 10 segundos a partir do momento que o cooler começou a girar,

se neste período a sua localização permanecer a mesma, ele deverá girar para a direita até não encontrar mais obstáculos, e novamente será contado o período de 10 segundos, se ainda assim a localização permanecer a mesma, o cooler deverá parar, acionar o seu freio e emitir um alerta ao usuário.

Para realizar a curva, o cooler irá parar, o motor que gira a esteira esquerda será invertido com um PWM de 70% e o PWM do motor que gira a esteira direita será setado em 70% possibilitando uma curva suave em seu próprio eixo.

$$Vm = 1 \cdot \frac{70}{100} \rightarrow Vm = 2,52 \text{ km/h} \quad (4.10)$$

A velocidade final na roda dentada é de 1 m/s, isso equivale a 3,6 km/h, portanto foi determinado um duty cycle de 70%, resultando em uma velocidade de 2,52 km/h, quase 1 km/h a menos que sua velocidade normal de locomoção para garantir que o cooler faça uma curva suave. O objetivo de um dos motores girar em sentido oposto é para que o cooler gire em seu próprio eixo e assim evite obstáculos não previstos.

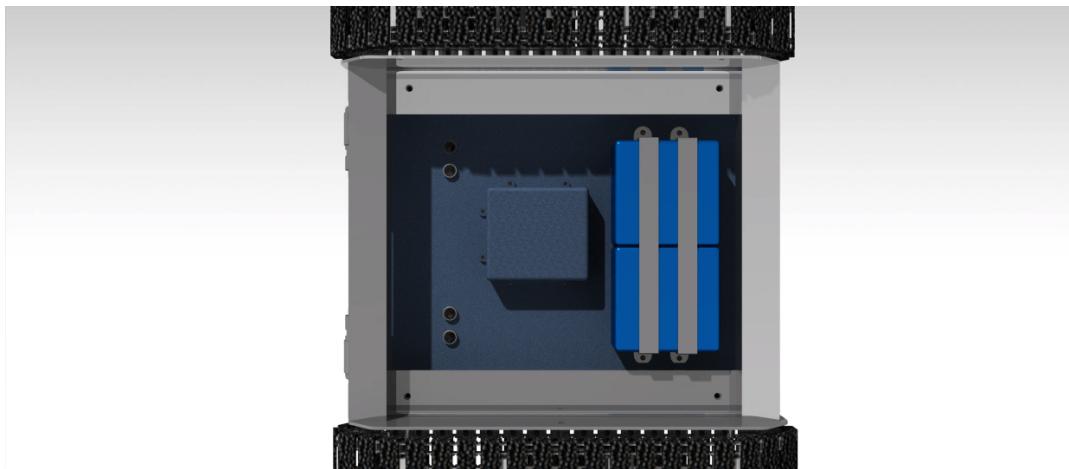
Os sensores alocados na parte inferior do cooler estarão a uma distância de aproximadamente 11 cm do chão. Quando os sensores identificarem uma distância maior que 21cm os motores devem mudar o sentido de rotação para darem ré em baixa velocidade, e depois fazer o cooler girar para a esquerda em seu próprio eixo até que não seja identificado mais obstáculos ou desníveis.

As figuras 74 e 75 demonstram a alocação dos quatro sensores ultrassônicos sendo dois na parte frontal e dois na parte inferior do protótipo do projeto. Nas tabelas 4.6.2 e 4.6.2 são descritas as ligações dos pinos dos sensores. Para uma melhor estética e durabilidade, os sensores foram alocados internamente.



Fonte: Autor

Figura 74 – Sensores ultrassônicos para detecção de obstáculos.



Fonte: Autor

Figura 75 – Sensores ultrassonicos para detecção de desníveis.

Tabela 19 – Ligações dos pinos dos sensores ultrassônicos para detecção de obstáculos

TRIGGER 1	GPIO15
ECHO 1	GPIO7
TRIGGER 2	GPIO5
ECHO 2	GPIO4

Tabela 20 – Ligações dos pinos dos sensores ultrassônicos para detecção de desníveis

TRIGGER 1	GPIO35
ECHO 1	GPIO34
TRIGGER 2	GPIO16
ECHO 2	GPIO17

4.6.3 Uso do GPS e bússola no seguimento ao usuário

O sistema de seguimento do cooler se dará através do módulo GPS GY-NEO6MV2 e uma bússola Adafruit HMC5883l conectados a uma ESP32. Estes dois módulos combinados permitirão que o cooler siga o usuário quando detectado o sinal do GPS do celular. O módulo GPS GY-NEO6MV2 se mostra bastante eficiente devido a sua capacidade de se conectar a mais satélites, obter uma melhor localização de longitude, latitude, velocidade de deslocamento, sua precisão de 5m tendo pouca diferença com a precisão presente em aparelhos de celular. Será conectada apenas utilizando as entradas Tx e Rx da ESP32, a alimentação de 3,3V será proveniente de um divisor de tensão, visto que a tensão de alimentação da ESP32 é 3,6V, como mostrado na tabela 4.6.3. Dados obtidos através do GPS de localização, além da data e hora, também estarão disponíveis para o usuário através do aplicativo.



Figura 76 – Módulo GPS para seguimento do cooler

Para o direcionamento do cooler será necessário o uso da bússola Adafruit HMC5883l, principalmente por sua precisão de 2 graus e a possibilidade de calibração automática(??), ela quem dirá para qual direção (direita ou esquerda) o cooler deverá ir. O protocolo para conexão da bússola ao sistema I²C correspondendo as entradas D21, D22 da ESP32, como mostrado na tabela [4.6.3](#).



Fonte: (??)

Figura 77 – Módulo magnetômetro bússola para auxiliar no direcionamento do cooler

Para que o cooler comece a seguir o usuário, será feita a diferença de distância entre os GPS (presentes no celular e ao acoplado ao cooler), quando essa for maior ou igual a 0,5 m o cooler começará a se mover com o auxílio do GPS e da bússola, para localizar qual direção seguir.

Tabela 21 – Ligações dos pinos do GPS

GPS	
Tx	GPIO1
Rx	GPIO3
3,6V	3,3V
GND	GND

Tabela 22 – Ligações dos pinos da Bússola

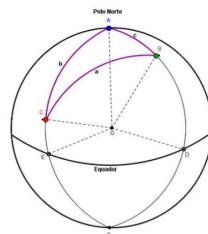
Bússola	
GPIO21	SDA
GPIO22	SLC
3,6V	3,6V
GND	GND

Para entender os cálculos que serão implementados no código do cooler, é necessário entender o quê são latitudes e longitudes, considerando que nossa localização na Terra é referenciada com relação a linha do Equador e o meridiano de Greenwich.

A Latitude é a distância medida a partir do meridiano de Greenwich até a linha do equador. Ela é medida em graus e varia entre 0° e 90° , para o Norte e Sul. Já a Longitude é a distância medida a partir da linha do Equador até o meridiano de Greenwich. Ela é medida em graus e varia entre 0° e 180° (36).

Sabe-se que o planeta Terra se aproxima de uma esfera, e a geometria que se dedica ao seu estudo quando trata a Terra como uma esfera é a geometria esférica. A geometria esférica, principalmente quando aplicado ao triângulo esférico é utilizado a muitos anos devido a sua grande aplicabilidade ao sistema de navegação, que é o necessário para o projeto de seguimento ao usuário(??).

A imagem abaixo 78 exemplifica um triângulo esférico, demonstrando uma ideia, não a real distância entre os pontos no mapa (devido ao fato que os pontos utilizados no projeto são próximos, já que se trata de um cooler seguido o seu usuário e não uma distância de uma cidade a outra), utilizada para o mapeamento dos pontos feitos pelos GPS tanto do celular quanto do cooler.



Fonte: (??)

Figura 78 – Triângulo Esférico

As variáveis empregadas nas demonstração do cálculo, são as mesmas utilizadas na programação. Para determinar o cálculo da distância entre os pontos do arco, o aplicativo precisa receber os dados do GPS do usuário e do GPS do cooler. Algumas variáveis são específicas da biblioteca para uso do GPS, portanto sendo mantidas.

```
// GPS compatilhado

Serial.println("GPS remoto recebido: ");

// Imprime 7 casas decimais para Lat
Serial.print(gps.getLat(), 7); Serial.print( " , " ); Serial.println (gps.getLon(), 7);

GeoLoc usuarioLoc;
usuarioLoc.lat = gps.getLat();
usuarioLoc.lon = gps.getLon();

driveTo (usuarioLoc, GPS_STREAM_TIMEOUT);
```

Fonte: Autor

Figura 79 – Código Conexão GPS Celular

Para parametrizar os dados e deixar em função de X e Y, coordenadas para incremento no código, foi feito através da lei dos triângulos esféricos, relacionados aos pontos da longitude e latitude, obtidos quando o GPS do celular é emparelhado com o GPS do cooler.

Para o cálculo da variável Y, onde precisamos deixar os parâmetros de modo que ao final seja possível encontrar a distância entre os intervalos do arco quando aplicado o arco tangente, utilizando fórmula da subtração para arcos trigonométricos obtém-se (??):

$$\sin(a.long - b.long) = \sin(a.long) * \cos(b.long) - \sin(b.long) * \cos(a.long) \quad (4.11)$$

Para enfim determinar o Y do plano, será necessário multiplicar a latitude obtida pelo GPS do celular.

$$Y = \sin(a.long - b.long) * \cos(a.lat) \quad (4.12)$$

Para determinar o valor de X, utiliza-se a lei dos cossenos para um triângulo esférico:

$$X = \cos(a.lat) * \sin(b.lat) - \sin(a.lat) * \cos(b.lat) * \cos(b.long - a.long) \quad (4.13)$$

Onde,

a = GPS do celular;

b = GPS do cooler;

long = longitude;

lat = latitude.

A lei dos Cossenos e Senos não possui precisão necessária suficiente para seguir o usuário, mesmo a bússola tendo uma precisão de 2 graus, ainda se faz necessário utilizar a fórmula de Haversine, uma equação utilizada em navegação que oferece a distância entre dois pontos de uma esfera, a partir dos dados de latitude e longitude (37). Quando

aplicada à Terra, ela apresenta apenas uma representação visto que a Terra não é uma circunferência perfeita. Para os cálculos foi adotado o valor do raio da terra de 6.371 km, devido ao fato de variar de acordo com o ponto, sendo nos polos um valor e na linha do Equador outro(38).

A fórmula utiliza a função seno verso - versine(). O seno verso de um ângulo A, tem a seguinte relação:versin(A) = 1 - cos(A). Haversine significa a metade do seno verso (half versine). Assim tendo relação:

$$1 - \cos(A)/2 = \sin(A/2) * \sin(A/2) \quad (4.14)$$

A implementação de parte do código onde mostra os cálculos feitos para as coordenadas e calibração das distâncias entre os módulos utilizados para seguimento, pode ser visto abaixo:

```
#ifndef DEGTORAD
#define DEGTORAD 0.0174532925199432957f
#define RADTODEG 57.295779513082320876f
#endif

float geoBearing(struct GeoLoc &a, struct GeoLoc &b) {
    float y = sin(b.lon-a.lon) * cos(b.lat);
    float x = cos(a.lat)*sin(b.lat) - sin(a.lat)*cos(b.lat)*cos(b.lon-a.lon);
    return atan2(y, x) * RADTODEG;
}

float geoDistance(struct GeoLoc &a, struct GeoLoc &b) {
    const float R = 6371000; // km
    float p1 = a.lat * DEGTORAD;
    float p2 = b.lat * DEGTORAD;
    float dp = (b.lat-a.lat) * DEGTORAD;
    float dl = (b.lon-a.lon) * DEGTORAD;

    float x = sin(dp/2) * sin(dp/2) + cos(p1) * cos(p2) * sin(dl/2) * sin(dl/2);
    float y = 2 * atan2(sqrt(x), sqrt(1-x));

    return R * y;
}
```

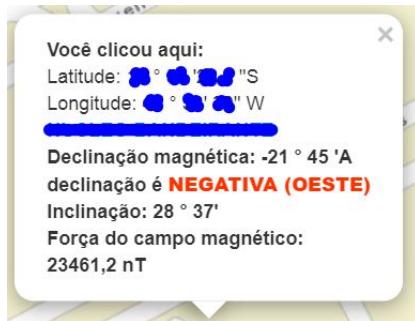
Fonte: Autor

Figura 80 – Definição dos pontos necessários para seguir

Foram determinados valores para transformação de Graus para Radiano e o contrário faz-se verdadeiro. A variável geoDistance diz respeito à menor distância entre as posições de latitude e longitude da Terra. A variável geoBearing é a representação geográfica de uma linha em sua orientação, essa linha é o trajeto mais curto de uma coordenada para outra. Ambas variáveis são nativas da biblioteca do GPS.

Faz-se necessário fazer uma calibração na bússola de acordo com o ângulo de declinação do usuário referente à bússola, que se trata do “erro” do campo magnético em relação a localização. Deve-se fazer uma diferença entre os dados da bússola do módulo HMC5883l com a bússola do celular, o módulo sempre deve apontar para o norte verdadeiro, de modo que os dois estejam sintonizados. Para isso é feito um teste utilizando o magsensor e comparando com a bússola do celular.

Para exemplo foi utilizado o ângulo de Declinação necessário para deslocamento, foi escolhido o ângulo de $21^{\circ}45' A$ negativo (OESTE) como mostrado na figura 81, o dado que interessa é -21° , em radianos $-0,366519$ radianos.



Fonte: Autor

Figura 81 – Ângulo de Declinação

Definimos os valores para as variáveis necessárias. O deslocamento vai fazer a subtração dos valores de ambos os dados e armazenar na própria variável de deslocamento como mostrado em 82.

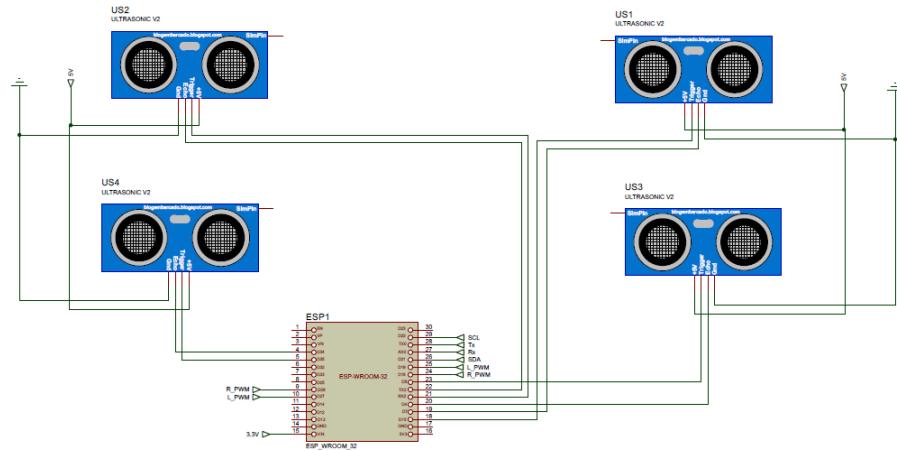
```
desl -= AngDec;
desl -= Bussola;
```

Fonte: Autor

Figura 82 – Variável Deslocamento

Correções necessárias em caso de sinais trocados em relação aos módulos e a calibração da bússola, serão feitos com base no ângulo de declinação e os dados da bússola, corrigidos considerando uma circunferência completa, para que ao virar o cooler não vire para o lado errado. Corrigido possíveis erros de calibração, para realizar as curvas, haverá comparação de quantos graus deve-se virar em relação ao usuário, feita essa comparação, receberá o comando para virar. Em casos em que a bússola nem o GPS sejam detectados o usuário receberá o alerta de falha de conexão no aplicativo.

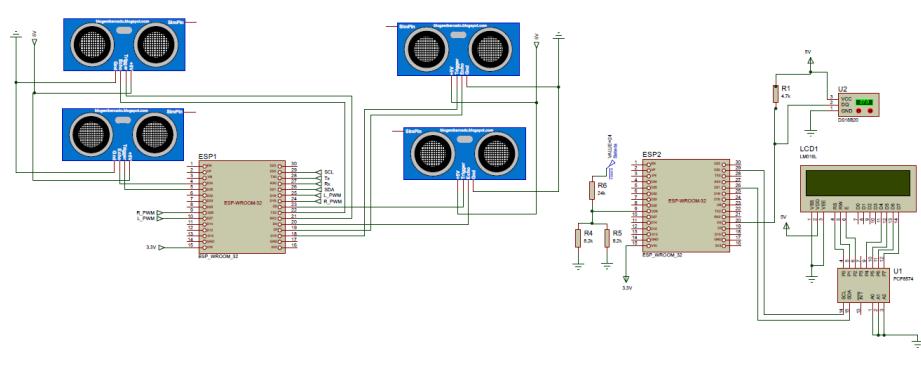
O Circuito que apresenta o esquemático do sistema de seguimento é apresentado na figura 83.



Fonte: Autor

Figura 83 – Circuito do sistema de seguimento

4.7 Esquemático Sistema Eletrônico



Fonte: Autor

Figura 84 – Sistema eletrônico completo, composto pelas 2 ESP32

5 Software

5.1 Arquitetura da Informação

Este tópico visa à definição de informações, de modo que, especifica decisões relevantes na produção e implementação do projeto Tracker Cooler em relação ao assunto discorrido explicitando como acontecerá a comunicação das diversas tecnologias contidas no software como um todo.

5.1.1 Tecnologias utilizadas

As tecnologias utilizadas neste projeto estão listadas abaixo.

5.1.1.1 React Native

React Native é um framework javascript para o desenvolvimento de aplicativos em múltiplas plataformas, como Android e IOS. Ele combina componentes do React - outro framework javascript, mas para desenvolvimento web - com os componentes nativos de cada plataforma para o qual está sendo desenvolvido. Esse framework foi escolhido, pois alguns membros já têm familiaridade com a tecnologia, além de ser fácil de aprender e ser amplamente usado, inclusive por grandes empresas, como o Facebook.

5.1.1.2 Android

Android é um dos sistemas operacionais móveis mais usados e por isso foi escolhido como plataforma para o aplicativo, além de ser mais fácil e barato de desenvolver, já que não tem tantos requisitos, como o IOS, por exemplo. Mais especificamente, serão usados as API 23 (Android Marshmallow) à 28 (Android Pie) que, de acordo com o site oficial do Android, são as mais utilizadas.

5.1.1.3 Travis CI

Travis CI é uma ferramenta de teste e deploy integrada com o Github que executa os testes desenvolvidos a cada commit feito. Será utilizado para garantir que novas features ou correções feitas não gera novos bugs e comportamentos inesperados.

5.1.1.4 Bluetooth

Bluetooth é uma tecnologia que permite a conexão e comunicação entre dois dispositivos através de rádio frequência. Nos últimos anos o Bluetooth se tornou uma das

principais formas de conectar e trocar informações entre dispositivos sem fio. Fones de ouvido, mouse, teclado, celular, relógios inteligentes são alguns exemplos de dispositivos que usam essa tecnologia e, por esse amplo uso e crescimento, foi escolhida essa tecnologia para fazer a comunicação entre o aplicativo e o Track Cooler.

5.1.1.5 Reconhecimento de voz

O aplicativo permitirá que o usuário o utilize por meio de comandos de voz e para isso será usado o pacote `@react-native-community/voice` do React Native, que utiliza os motores de reconhecimento de fala presentes no dispositivo.

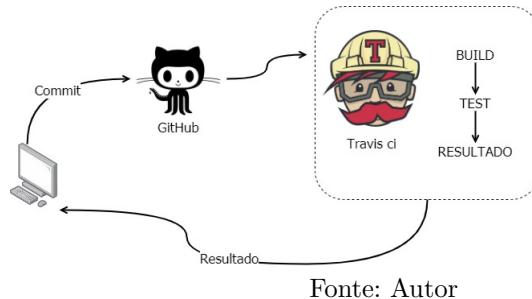
5.1.1.6 AsyncStorage

Por não haver necessidade de guardar muitos dados, uma estrutura de banco de dados não será utilizada. Ao invés, será utilizado o AsyncStorage, um sistema chave-valor que armazena diferentes tipos de dados de forma simples e fácil.

5.1.2 Comunicação das Tecnologias

5.1.2.1 Travis CI e github

Ao commitar uma nova modificação do código no repositório do github será feita uma verificação através de uma build que possui os testes que irão validar o código, é possível fazer diversas alterações na build para que os testes sejam mais eficientes.

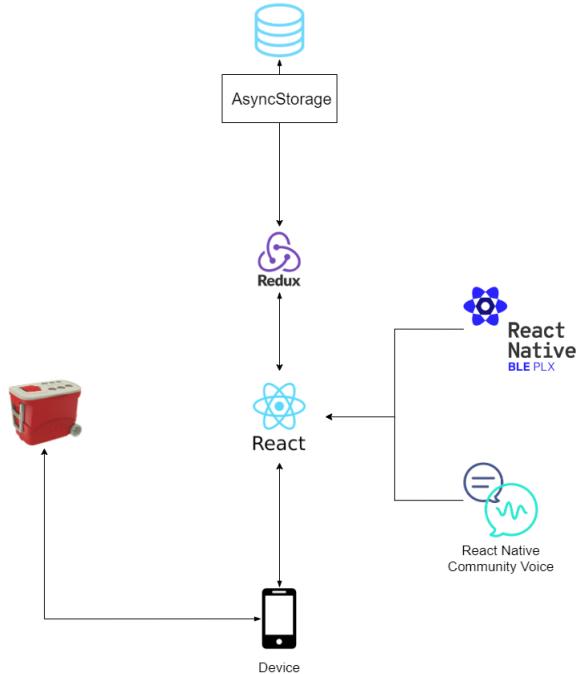


Fonte: Autor

Figura 85 – Diagrama de integração travis Ci e Github.

5.1.2.2 Integração React Native e AsyncStorage

O AsyncStorage é um banco que utiliza o esquema de chave-valor para armazenar e persistir dados em dispositivos Android. O armazenamento é feito apenas com dados no formato string necessitando da conversão dos objetos que compõem nome e senha de cada usuário em tipo string por meio da função `JSON.stringify()` durante o armazenamento e `JSON.parse()` durante a leitura.

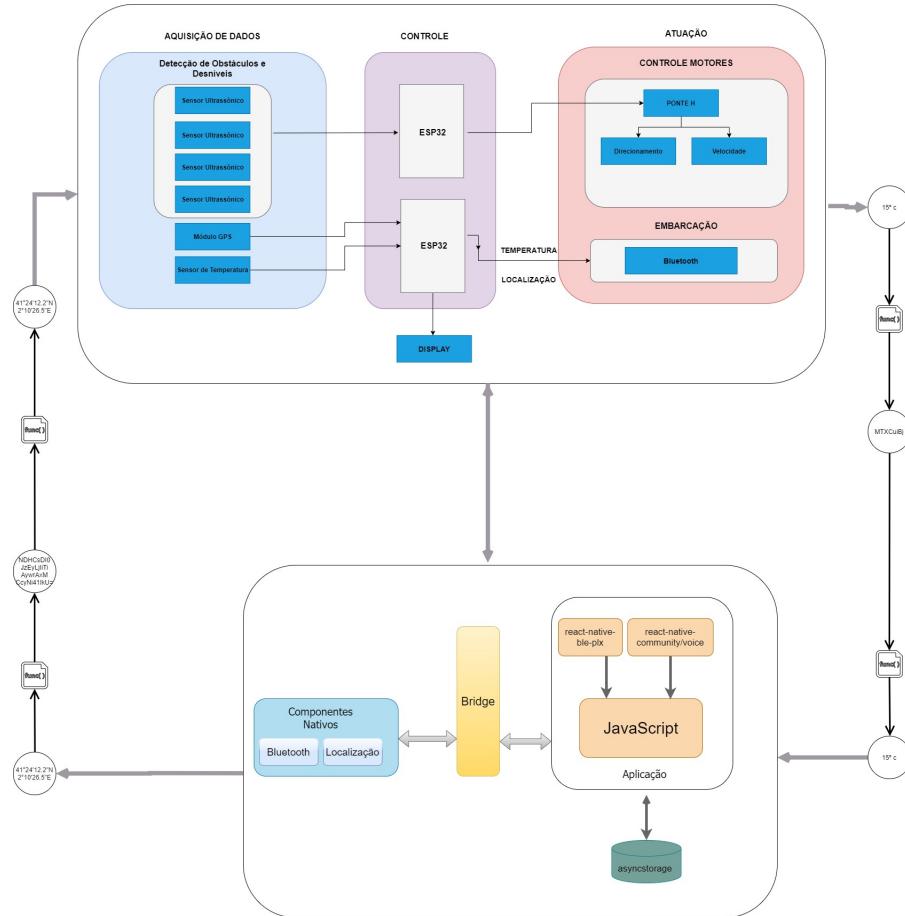


Fonte: Autor

Figura 86 – Diagrama de integração React Native e AsyncStorage.

5.1.2.3 Integração bluetooth entre celular e sistema embarcado

Para fazer a comunicação será utilizada a biblioteca ‘react-native-ble-plx’ que faz toda a manipulação de escrita e leitura dos dados transmitidos. A transmissão dos dados é feita através do método Base64 para codificação de dados, sendo necessário a codificação e decodificação das informações transmitidas. Nessa biblioteca é utilizado o conceito de streams que consiste em uma geração de objetos dinâmicos, em outras palavras, objetos pelos quais contêm um conjunto de informações, aparecem e desaparecem de acordo com as operações que ocorrem durante um determinado processo, que será gerenciado pelo React.



Fonte: Autor

Figura 87 – Diagrama de Integração.

5.1.3 Manutenção

O software deverá conter arquitetura documentada e uma folha de estilo padronizando o código, além disso ferramentas de análise de código e testes irão garantir um código manutenível e evolutivo.

5.1.4 Manual de Uso

Além do software estar nas normas ISO 9241 e ISO 9126, que são normativos de usabilidade e qualidade, o sistema também contará com um manual de uso para auxiliar os usuários.

5.1.5 Protótipo

Protótipo é uma ferramenta usada para se obter respostas iniciais sobre os requisitos, através de um modelo funcional do produto esperado antes de efetivamente construí-lo. Já que um protótipo é tangível, ele permite que as partes interessadas fa-

çam experiências com um modelo do seu produto final, ao invés de somente discutirem representações abstratas dos seus requisitos.

Foi utilizado o framework Figma para a modelagem do protótipo. O Figma é uma ferramenta de design de interface na qual todo o trabalho é feito através do navegador, é uma ferramenta multitarefa, ou seja, equipes multidisciplinares podem explorar o mesmo projeto juntas vendo as alterações em tempo real.



Fonte: Autor

Figura 88 – Tela Principal do Aplicativo.

Após o usuário abrir o aplicativo ele terá acesso a tela principal, onde poderá escolher entre ver informações do cooler, configurações gerais, conectar dispositivo celular a um cooler, atualizar cooler e também poderá saber sobre o time de desenvolvimento e o projeto.



Fonte: Autor

Figura 89 – Tela de Configurações do Aplicativo. Fonte:

Ao escolher a tela de configurações, o usuário terá acesso a diversas configurações de sistema, podendo definir um nome que será usado no aplicativo, ligar/deligar o bluetooth, ligar/deligar a localização e ligar/deligar o modo seguir.



Fonte: Autor

Figura 90 – Tela de Informações do Cooler.

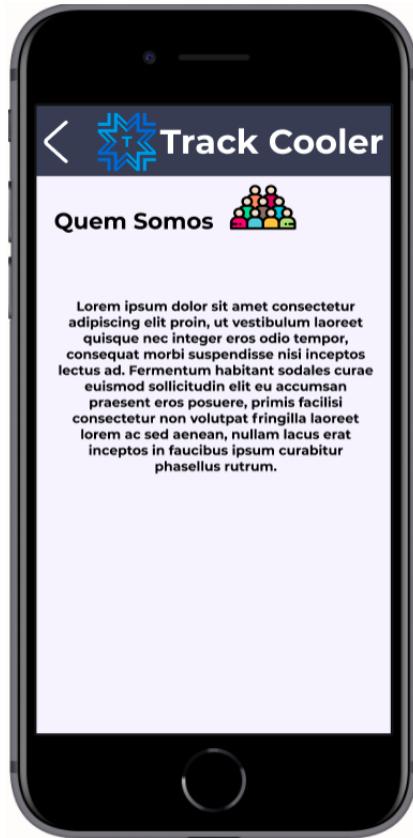
Ao escolher a tela de Informações do Cooler, o usuário terá acesso as diversas informações referentes ao cooler, sendo essas o status de conexão mostrando qual cooler está conectado, temperatura interna do cooler, nível de bateria do cooler e o histórico de coolers.



Fonte: Autor

Figura 91 – Tela de Conexão ao Cooler.

Na tela de conexão do cooler, o usuário terá acesso à dispositivos móveis pelo bluetooth, podendo assim escolher o cooler para fazer a conexão.



Fonte: Autor

Figura 92 – Tela Quem Somos.



Fonte: Autor

Figura 93 – Tela Sobre o Projeto.

As telas de "quem somos" e "sobre o projeto" teram as informações sobre a equipe de desenvolvimento e sobre o projeto desenvolvido.

5.1.5.1 Validação do Protótipo - Usuários Daltônicos

Pedro Henrique:

"Achei o protótipo bem tranquilo, o contraste das cores está bom e deu pra ver tudo muito bem."

Rafael Feijó:

"As cores estavam bem confortáveis de se olhar. Tudo está bem harmonioso."

Marcos Rodrigues:

"Não vi dificuldade alguma no padrão das cores e contornos dos ícones. Porém, as cores do ícone de temperatura podia mudar. Usar um degradê de cores vermelhas não é muito interessante."

Lucas Chaves:

"Vi tudo em escala de cinza, mas não tive dificuldades de entender o fluxo da aplicação e nem os seus componentes. Não tem nada de chamativo, nada que me desGRADE,

achei bem tranquilo.”

Lee Marvin:

“Ao ver a interface do aplicativo, não senti nenhuma dificuldade em identificar suas funções, todos os desenhos e textos estavam bem nítidos organizados, assim, permitindo uma boa utilização até para os indivíduos daltônicos.”

Rafael Correia:

“Vi tudo em escalas de cinza, com os botões em cor azul. Conseguir ver tudo, porém, na parte de configurações, o ícone de ligar e desligar poderia mudar de cor, para que possamos ter um feedback instantâneo de auxílio visual.”

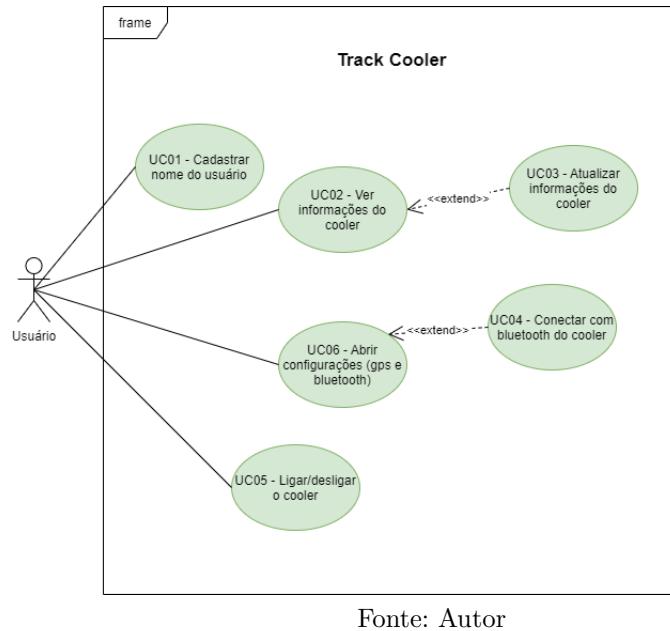
Pedro Sales:

“Achei tranquilo, o contraste de cores me agradou, porém, a parte da medição da temperatura poderia mudar, por exemplo, apresentar a temperatura através de um número mesmo, ficaria melhor do que o termômetro”

5.2 Modelagem de Requisitos

5.2.1 Visão de Casos de Uso

Caso de uso é a representação de uma unidade funcional que descreve um conjunto de ações que devem ser exercidas pela aplicação, dada determinada ação de um ou mais atores do sistema, que por sua vez recebem o retorno destas ações. É muito utilizado na representação de requisitos funcionais de aplicações. Diagramas de caso de uso são representações gráficas dos casos de uso e dos atores com os quais interagem.



Fonte: Autor

Figura 94 – Diagrama de casos de uso.

5.2.1.1 UC01 - Cadastrar nome do usuário

- **Descrição:** Permitir o cadastro do nome do usuário para ter uma aplicação mais personalizada.
- **Atores:** Usuário.
- **Pré-condições:** Aplicação instalada.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. O Usuário toca no ícone “configurações” na tela inicial.
 - 2. O Usuário preenche o campo de texto "Seu nome".
- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Não se aplica.

5.2.1.2 UC02 - Ver informações do Cooler

- **Descrição:** Permitir a visualização das informações do cooler para monitorá-lo.
- **Atores:** Usuário
- **Pré-condições:** Estar conectado ao cooler.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. O usuário toca no ícone de “Informações do Cooler”.

- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Não se aplica.

5.2.1.3 UC03 - Atualizar as informações do cooler

- **Descrição:** Permitir a visualização das informações mais atuais do cooler.
- **Atores:** Usuário
- **Pré-condições:** A aplicação deve estar conectada ao cooler.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. Tocar no ícone Atualizar Cooler na tela inicial.
 - 2. Tocar no botão Informações Cooler.
- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se o sistema não conseguir atualizar as informações do cooler.
 - 1. Retornará um erro de comunicação.

5.2.1.4 UC04 - Conectar com o Bluetooth do Cooler

- **Descrição:** Permitir a conexão entre a aplicação e o cooler para a troca de informações.
- **Atores:** Usuário.
- **Pré-condições:** Ambos bluetooths do celular e do cooler devem estar ativados e eles devem estar dentro da distância mínima de pareamento.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. O usuário toca no ícone “Conectar Cooler”.
 - 2. O ator seleciona o cooler desejado.
- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se o sistema não conseguir se conectar ao bluetooth do cooler.
 - 1. Retornará uma mensagem de alerta ao usuário.

5.2.1.5 UC05 - Ligar/Desligar o Cooler

- **Descrição:** Permitir que o usuário decida quando o cooler deve seguir-lo.
- **Atores:** Usuário.
- **Pré-condições:** O aplicativo deve estar conectado ao cooler.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. Tocar no ícone de Configurações.
 - 2. Ativar/Desativar a opção Modo Seguir.
- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Não se aplica.

5.2.1.6 UC06 - Abrir configurações GPS e Bluetooth

- **Descrição:** Ativar/Desativar GPS e Bluetooth.
- **Atores:** Usuário.
- **Pré-condições:** Estar conectado a aplicação.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. Tocar no ícone de Configurações.
 - 2. Ativar/Desativar as opções de Bluetooth e GPS.
- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se o sistema não conseguir se conectar ao bluetooth do celular e/ou GPS.
 - 1. Retornará uma mensagem de alerta ao usuário.

5.2.2 Especificação Suplementar

Este tópico procura identificar principalmente os requisitos não funcionais, estes não tratados na especificação de caso de uso, entre outros requisitos dentro do domínio de atuação do projeto Track Cooler. Com isso busca-se uma ampliação da visão para que não seja focada simplesmente em funcionalidades (requisitos funcionais), mas também pelo que ocorre colaborativamente para sucesso da aplicação.

5.2.2.1 Escopo

O Track Cooler é um projeto que visa a criação de um cooler que seguirá o usuário de forma automática. O projeto é composto por dois componentes, o cooler com os sensores e mecanismos necessários, e um aplicativo que se conectará ao cooler por meio de bluetooth.

5.2.3 Objetivo

O objetivo deste tópico é levantar os requisitos não funcionais do aplicativo, o componente do cooler não será tratado aqui. Serão elicitados requisitos de usabilidade, confiabilidade, desempenho e suportabilidade, pois dizem respeito à qualidade e experiência de usuário.

5.2.4 Metodologia

O grupo se reuniu a fim de definir quais as áreas nas quais esses requisitos poderiam estar inseridos, dentro do domínio do aplicativo Track Cooler.

5.2.5 Módulos

5.2.5.1 Usabilidade

A aplicação deve se importar com sua usabilidade, que é a facilidade com a qual pessoa consegue realizar e se familiarizar cada tarefa e fluxo no aplicativo.

- **Requisito de Usabilidade 1:**

A aplicação possibilitará que as pessoas com deficiência visual tenham um recurso de áudio, que as auxiliem na utilização de recursos da aplicação.

- **Requisito de Usabilidade 2:**

A aplicação permitirá que o usuário mude a cor da aplicação (máximo de 3 padrões pré-definidos), para que adequação haja ao tipo de leitura dele.

- **Requisito de Usabilidade 3:**

A aplicação permitirá que o usuário ajuste o tamanho da fonte, adequando-a para a opção que mais o agrade.

5.2.5.2 Confiabilidade

- **Requisito de Confiabilidade 1:**

O sistema deve deixar o usuário mais confortável ao utilizá-lo, evitando preocupações como a segurança da comunicação entre o celular e o cooler, e evitar que mais de

uma pessoa consiga se conectar. Para isso, a aplicação irá utilizar o PIN do bluetooth a fim de garantir que apenas o usuário tenha o controle do Track Cooler.

5.2.5.3 Desempenho

O sistema deve ser o mais otimizado possível, para rodar de forma mais veloz em qualquer dispositivo.

- **Requisito de Desempenho 1:**

O sistema deve comunicar ao usuário que ele foi desconectado do cooler ou que o cooler encontrou um impedimento e não pode segui-lo. Para isso, a aplicação enviará uma notificação e tentará reconectar ao cooler a cada 10 segundos.

5.2.5.4 Suportabilidade

- **Requisito de Suportabilidade 1:**

A aplicação deve ter suporte na plataforma Android (a partir da versão 6.0 Marshmallow), para que a grande maioria de usuários de smartphones possam utilizar o aplicativo.

5.2.6 Conclusão

Podemos perceber que os requisitos não funcionais, apesar de muitas vezes não serem citados, são muito importantes. Contemplam contextos específicos e na verdade possuem grande impacto no sucesso e funcionamento de uma aplicação. Aqui, com a especificação suplementar, pudemos ver como o projeto Track Cooler é impactado por eles e sua relevância.

5.3 Arquitetura do Software

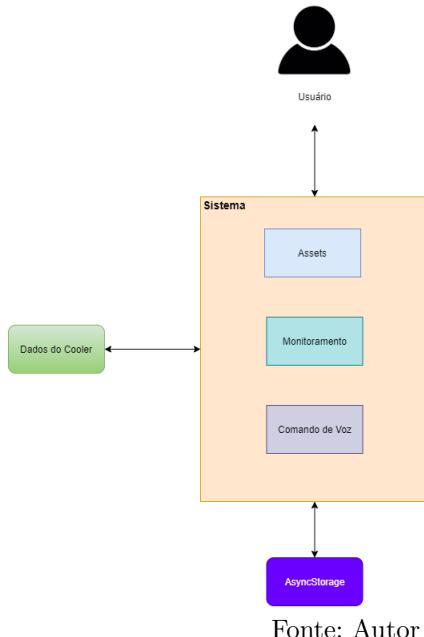
Este tópico aborda uma visão geral arquitetural abrangente do aplicativo.

5.3.1 Definição Arquitetural

Uma arquitetura monolítica é o modelo unificado tradicional para o design de um programa de software. A escolha se deu visto que o escopo do projeto está bem acoplado e que vamos utilizar bibliotecas externas e pacotes do próprio React Native para as funcionalidades da aplicação.

O software monolítico é projetado para ser independente, os componentes do programa são interconectados e interdependentes, em vez de fracamente acoplados, como é o caso dos programas de software modulares. Em uma arquitetura bem acoplada, cada

componente e seus componentes associados devem estar presentes para que o código seja executado ou compilado.



Fonte: Autor

Figura 95 – Diagrama Arquitetural de Software.

5.3.1.1 Descrição do Sistema

Esses são os componentes que correspondem às necessidades de negócio identificadas para o projeto Track Cooler. Esse modelo é a forma de desenvolver um sistema a fim de que todas as funções estejam em um único processo.

- **Assets:** Componente do sistema, que exibe nossos recursos de folhas de estilo, scripts, fontes e imagens, ou seja, de interface gráfica do sistema.
- **Monitoramento:** Os dados enviados pelo bluetooth como temperatura, tempo de bateria e conexão, provendo as interfaces para controle, observação e notificação das mesmas. Será utilizado o pacote react-native-ble-plx para fazer a comunicação e manipulação de escrita e leitura dos dados transmitidos.
- **Comando de voz:** Pacote interno do React Native, que utiliza os motores de reconhecimento de fala presentes no dispositivo.

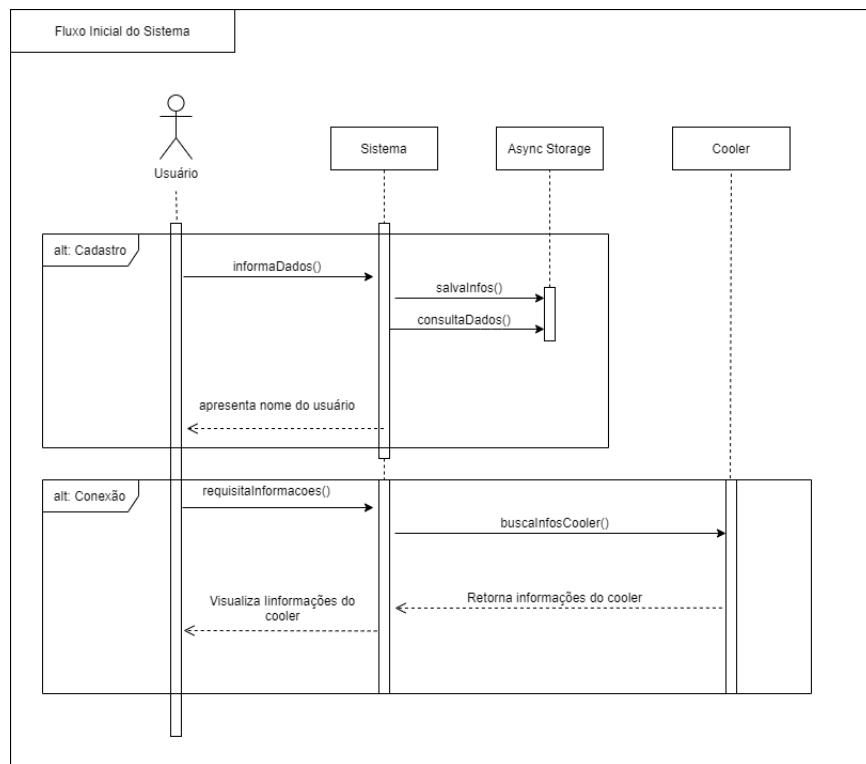
5.3.2 Modelagem de Dados

5.3.2.1 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência é uma solução de modelagem UML dinâmica, que incide na representação das interações entre os objetos em várias linhas de vida. Descreve como

objetos e componentes interagem uns com os outros para concluir um processo, função ou operação.

5.3.2.1.1 Fluxo Inicial

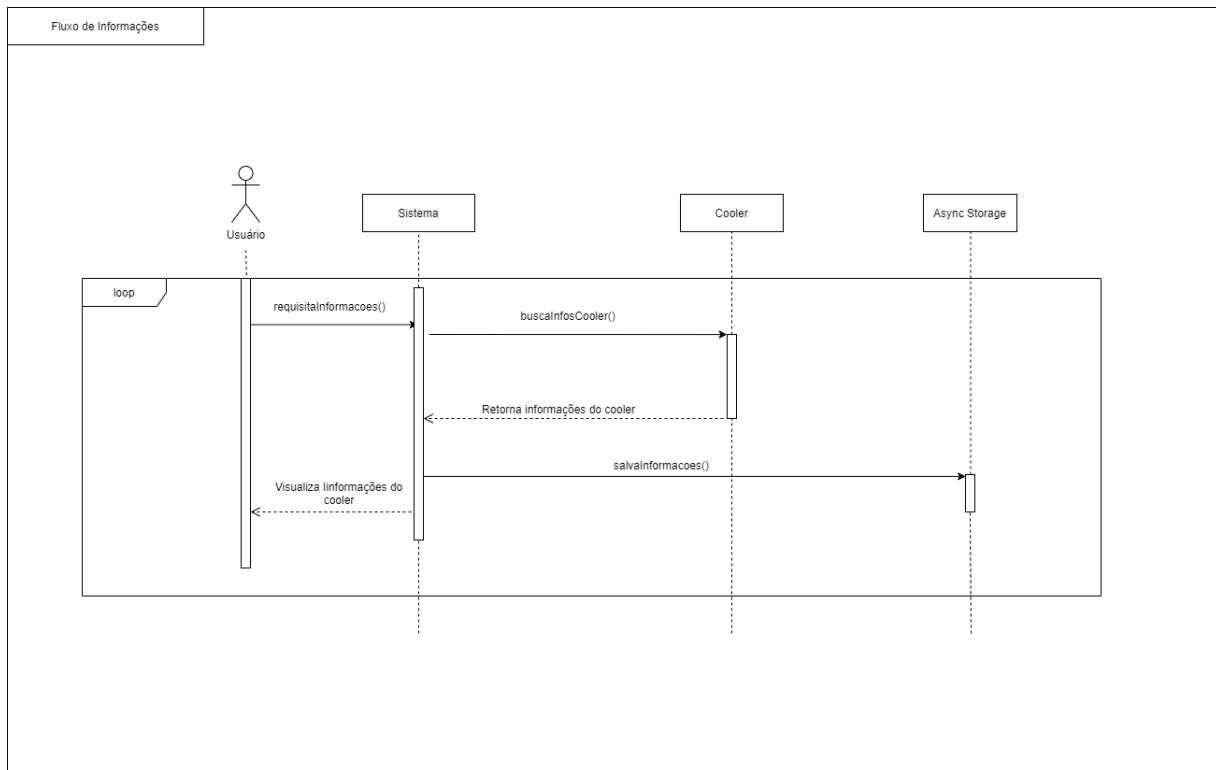


Fonte: Autor

Figura 96 – Diagrama de Sequência - Fluxo Inicial.

O diagrama do fluxo inicial mostra a interação de dados entre os módulos do sistema, ao usuário acessar a aplicação pela primeira vez, mostrando o fluxo de cadastro do nome do usuário e a transmissão de dados com o cooler.

5.3.2.1.2 Fluxo de Informação

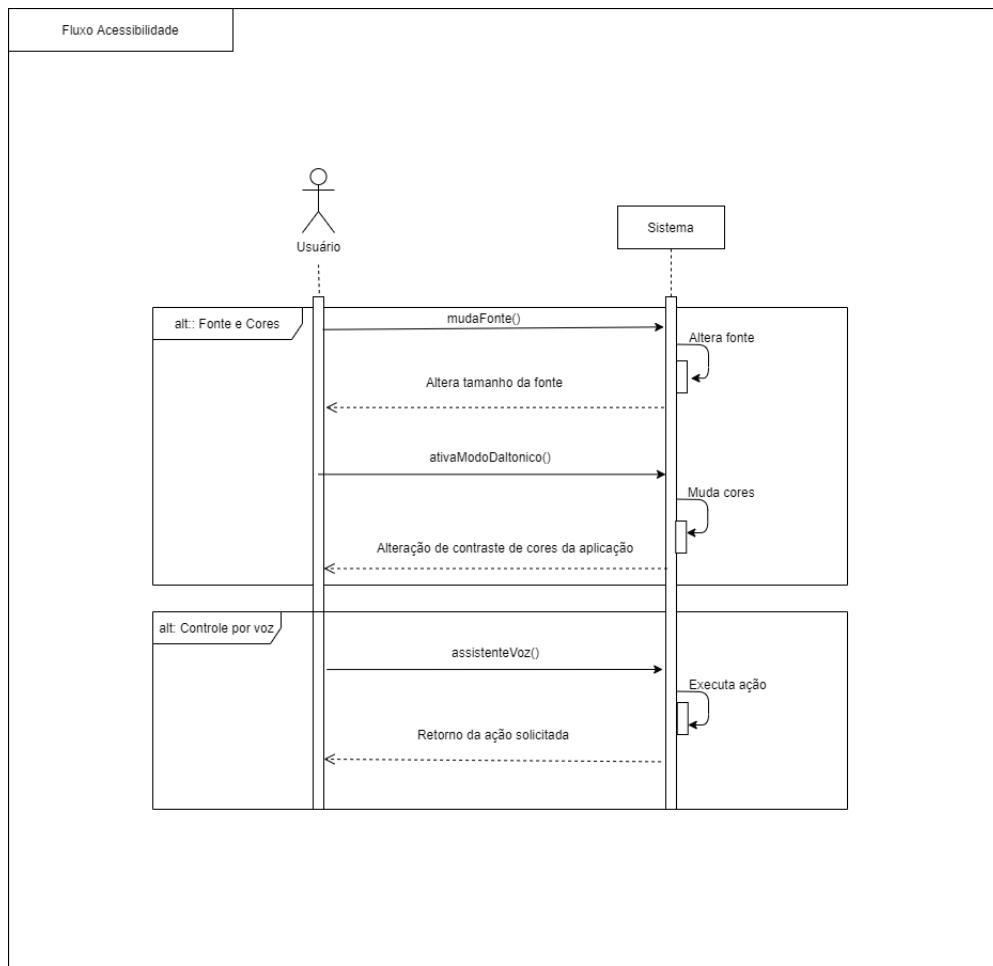


Fonte: Autor

Figura 97 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Informação.

O diagrama do fluxo de informação mostra a interação de dados entre o celular e o cooler, mostrando também a gravação das informações na memória do celular.

5.3.2.1.3 Fluxo de Acessibilidade

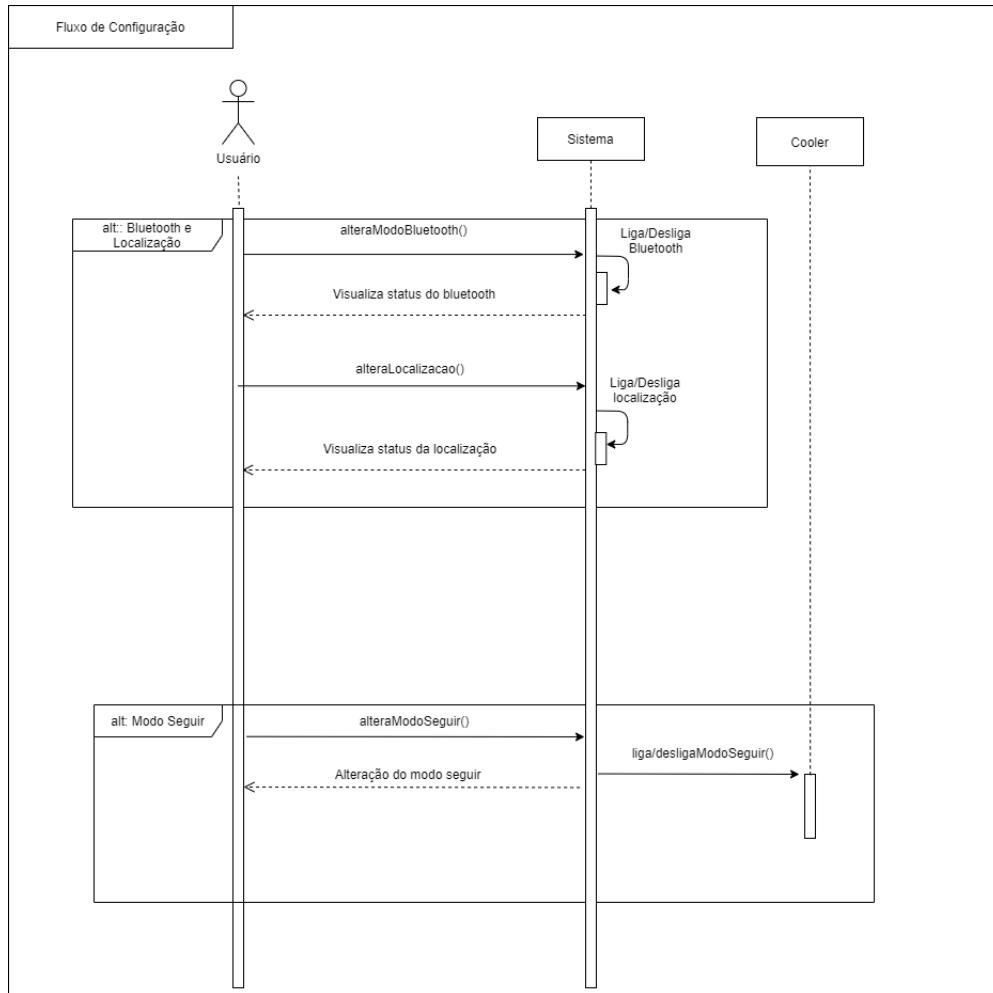


Fonte: Autor

Figura 98 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Acessibilidade.

O diagrama do fluxo de acessibilidade mostra a interação dos dados entre o usuário e o sistema ao serem feitas as modificações de acessibilidade, mostrando a alteração de fonte e cores e o controle por voz.

5.3.2.1.4 Fluxo de Configuração



Fonte: Autor

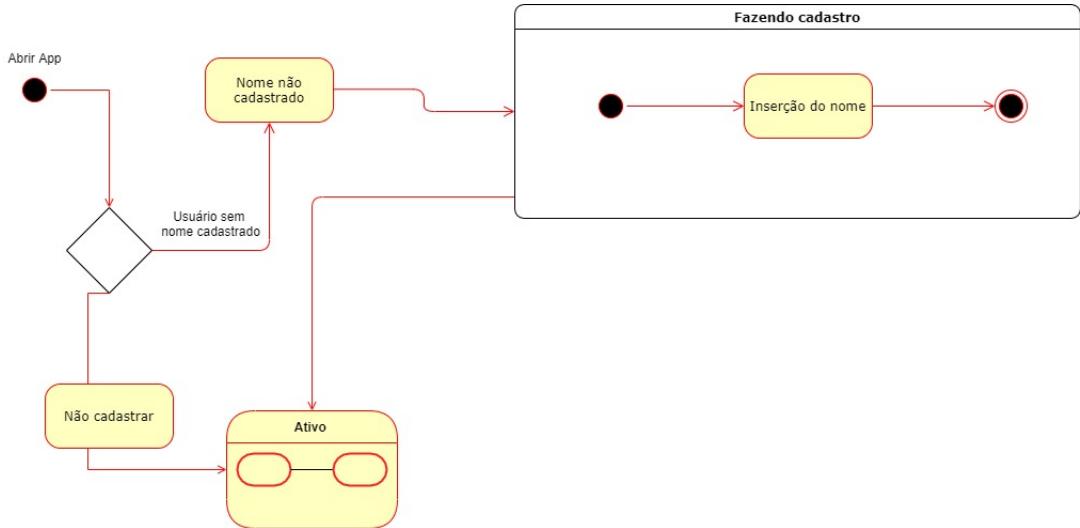
Figura 99 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Configuração.

O diagrama do fluxo de configuração mostra a interação do sistema e o cooler, ao serem feitas as configurações gerais do sistema, mostrando as configurações de bluetooth e localização referentes ao dispositivo celular e o modo seguir referente ao cooler.

5.3.2.2 Diagrama de Estado

Usado durante a etapa de projeto do sistema, o diagrama de estados permite a modelagem de diversos estados de um objeto durante o seu ciclo de vida. O diagrama de estados apresenta uma especificidade em relação ao objeto que está sendo modelado.

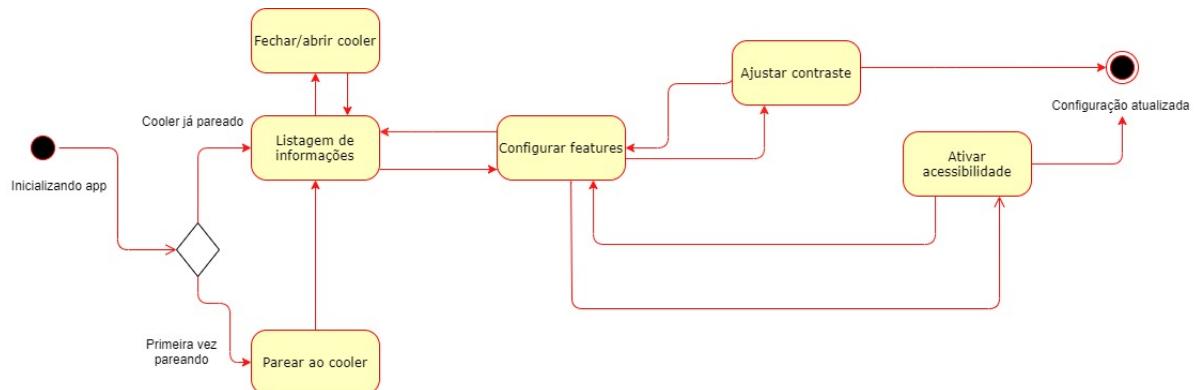
5.3.2.2.1 Cadastro



Fonte: Autor

Figura 100 – Diagrama de Estado.

5.3.2.2.2 Usuário padrão

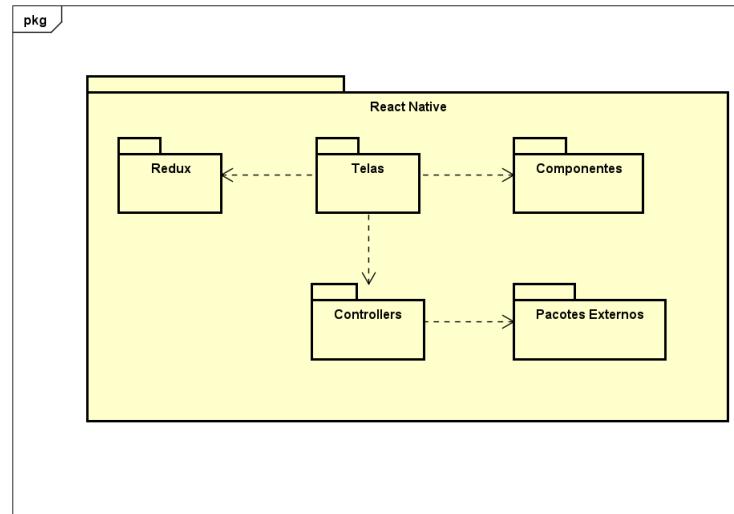


Fonte: Autor

Figura 101 – Diagrama de Estado.

5.3.2.3 Diagrama de Pacotes

O diagrama de pacotes é usado para simplificar módulos, através do agrupamento dos módulos em pacotes. Um pacote é uma coleção de elementos UML logicamente relacionados que ao ser criado permite uma visualização geral do software modelado.

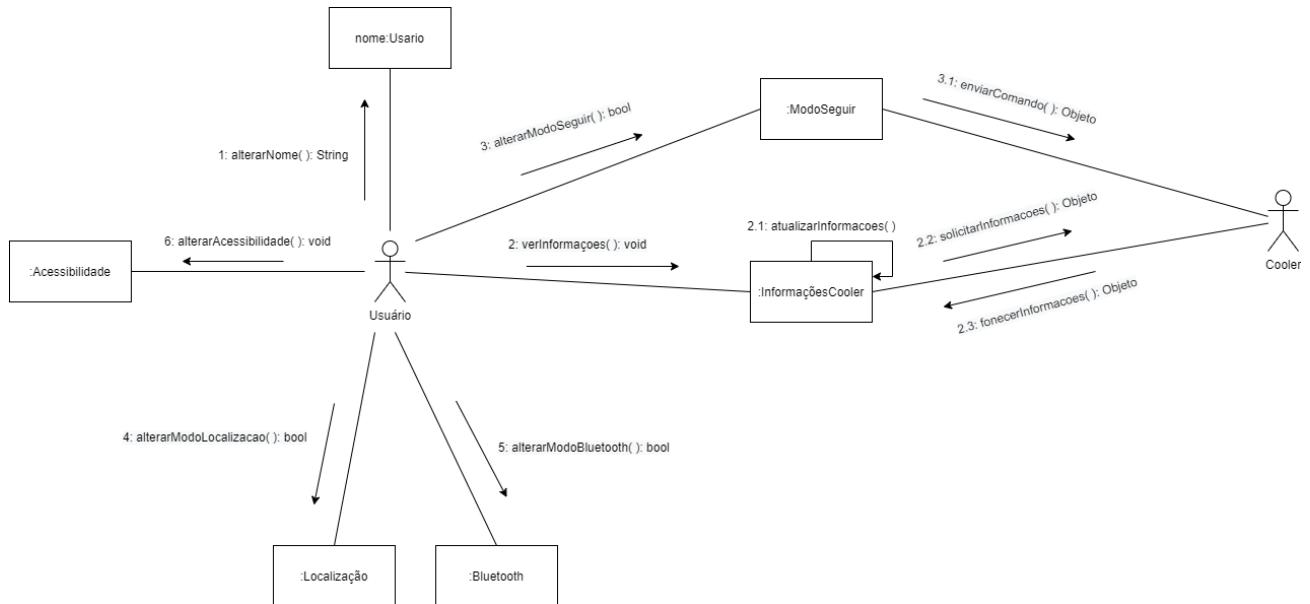


Fonte: Autor

Figura 102 – Diagrama de Pacotes.

5.3.2.4 Diagrama de Comunicação

O diagrama de comunicação mostra como os objetos interagem, mostrando como as mensagens são transmitidas de um objeto para o outro, é utilizado na etapa de arquiteturação do projeto.



Fonte: Autor

Figura 103 – Diagrama de Comunicação.

5.4 Inovação

O aplicativo para o Track Cooler visa facilitar a locomoção do usuário e ter uma maior comodidade nos momentos de lazer.

A inovação do sistema se dará através da acessibilidade para usuário com deficiência visual, no que diz respeito à deficiência visual, a Organização Mundial de Saúde estima que em países como o Brasil, 1 a 1,5% apresenta tal necessidade (39). Assim, no Brasil haveria cerca de 1,6 milhão de pessoas com algum tipo de deficiência visual, sendo a maioria delas com baixa visão (40). Além do daltonismo que é uma discromatopsia (deficiência na visão que dificulta a percepção das cores), segundo o Conselho Federal de Medicina 41 o daltonismo acomete cerca de 5% da população mundial.

Portanto, a solução foi pensada e contempla o recurso de acessibilidade para ajudar pessoas com deficiência visual a selecionarem as opções presentes em menus do aplicativo. O sistema contará com o comando de voz, para ajudar na navegação e auxiliará o usuário interagir com o aplicativo. Será possível que o usuário mude a cor da aplicação, assim como ajustar o tamanho da fonte da letra, para melhor visualização das informações.

Referências

- 1 BATTERY UNIVERSITY. *Charging Lithium-ion*. 2020. Acessado em 2020-15-10. Disponível em: <https://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries>. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 61.
- 2 BATTERY UNIVERSITY. *Placa de Proteção Bateria 18650 Li-ion 3s 20a Bms*. 2020. Acessado em 2020-17-10. Disponível em: <<https://www.eletronicaelementar.com.br/placa-de-protecao-bateria-18650-li-ion-3s-20a-bms>>. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 65.
- 3 SANTOS, D. F. G. Caracterização microestrutural, mecânica e durante o processo de torneamento de aços abnt 1045 e abnt 1145 para avaliação do efeito de enxofre. 2008. Acessado em 2020-10-10. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3151/tde-18082008-160331/publico/Versao_final_dissertacao.pdf>. Citado na página 20.
- 4 GERDAU. *Manual de aços*. 2003. Acessado em 2020-10-14. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenharia-mecanica/maprotec/catalogo_acos_gerdau.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.
- 5 SILVA, M. V. B. Caracterização mecânica de materiais utilizados em prototipagem rápida por deposição de material fundido para aplicação aeroespacial. 2018. Acessado em 2020-10-14. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/22616/1/2018_MarcusViniciusBarrosDaSilva_tcc.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 26.
- 6 626-Z SKF. Acessado em 2020-10-15. Disponível em: <<https://www.skf.com/br/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-626-Z>>. Citado na página 25.
- 7 NTN. *Capacidade de Carga e Vida Útil*. Acessado em 2020-10-15. Disponível em: <<https://www.especialrolamentos.com.br/catalogos/ntn/capacidade-vida-util.pdf>>. Citado na página 25.
- 8 MELCONIAN, S. Elementos de máquinas. 2012. Citado na página 29.
- 9 CERELLO, catálogo de produtos. 6 p. Acessado em 2020-10-12. Disponível em: <<https://www.cerello.ind.br/informacoes/CatalogoCRL-2010.pdf>>. Citado na página 29.
- 10 SWB-03 DC electromagnetic Brake 24v 2.0 N.m. Acessado em 2020-10-14. Disponível em: <<https://www.omc-stepperonline.com/dc-electromagnetic-brake-24v-20nm283ozin-for-nema-23-and-24-stepper-motor-swb-03.html>>. Citado na página 40.
- 11 CAETANO, M. J. L. *Módulo de Elasticidade, Módulo de Young, Módulo ao Corte e Módulo de Compressibilidade*. Acessado em 2020-10-15. Disponível em: <<https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/propriedades-das-borrachas-vulcanizadas/propriedades-fisicas/propriedades-mecanicas/modulos/>>. Citado na página 42.

- 12 FINOCCHIO, M. A. F. *DUREZA (escala para borrachas e elastômeros)*. Acessado em 2020-10-15. Disponível em: <<https://document.onl/documents/dureza-shorepdf.html>>. Citado na página 43.
- 13 GARBIM, V. J. *Molas e Coxins de Borracha - Dimensionamento Estático*. Acessado em 2020-10-15. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/Borrachas/molas-coxins-dimensionamentoestatico>>. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 44.
- 14 GARBIM, V. J. *Molas e Coxins de Borracha - Dimensionamento Dinâmico*. Acessado em 2020-10-15. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/Borrachas/molas-coxins-dimensionamentodinamico>>. Citado na página 46.
- 15 RIBEIRO ADRIANNY VIANA, I. S. A. J. D. d. S. A. C. L. C. A. L. C. C. M. C. J. C. P. A. J. P. K. *Sistema Automatizado de Transporte de Órgãos*. Acessado em 2020-10-15. Citado na página 47.
- 16 CASSOL, E. A. S. Projeto de uma unidade de tração para cadeira de rodas mecanomanuais destinado a pessoas com dificuldades de mobilidade dos membros inferiores. p. 82, 2015. Citado na página 54.
- 17 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9.575 : Impermeabilização - seleção e projetos*. 2010. Rio de Janeiro. Citado na página 55.
- 18 MOURA, A. L. A. Estudo comparativo do coeficiente de condutividade térmica de espuma rígida de poliuretano obtida por reciclagem mecânica e química. 2009. Disponível em: <<http://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/3144/1/418067.pdf>>. Citado na página 55.
- 19 INCROPERA, F.; DEWITT, D. *Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa*. seventh. [S.l.]: LTC, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 56 e 57.
- 20 HOLMAN, J. P. *Transferência de Calor*. [S.l.]: McGraw-Hill, 1983. Citado na página 57.
- 21 HOMEMADE CIRCUITS. *USB 3.7V Li-Ion Battery Charger Circuit*. 2019. Acessado em 2020-12-10. Disponível em: <<https://www.homemade-circuits.com/usb-automatic-li-ion-battery-charger/>>. Citado na página 63.
- 22 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5.410 : Instalações elétricas de baixa tensão*. 2005. Rio de Janeiro. Citado na página 66.
- 23 PONTO FRIO. *Frigobar Cadence FGB500 - 50 L*. 2020. Acessado em 2020-15-10. Disponível em: <<https://www.pontofrio.com.br/frigobar-cadence-fgb500-50-l/p/2329462>>. Citado na página 69.
- 24 RANDOM NERD TUTORIALS. *ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use?* 2020. Acessado em 2020-12-10. Disponível em: <<https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>>. Citado 2 vezes nas páginas 71 e 75.
- 25 EMBARCADOS. *ESP32: o sucessor do ESP8266*. 2015. Acessado em 2020-12-09. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/esp32-o-sucessor-do-esp8266/>>. Citado na página 71.

- 26 SYSTEMS, E. ESP-WROOM-32 Datasheet. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 72 e 79.
- 27 Maxim Integrated. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. *System*, v. 92, p. 1–22, 2008. Citado na página 73.
- 28 HITACHI [HITACHI SEMICONDUCTOR]. Citado na página 76.
- 29 EXPANDER, I. C. P.-p. REMOTE 8-BIT I / O EXPANDER FOR I 2 C BUS Low Standby-Current Consumption of. n. July 2001, 2008. Citado na página 76.
- 30 ESPRESSIF SYSTEMS. *ESP32 Bluetooth Architecture*. 2019. Acessado em 2020-12-09. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_bluetooth_architecture_en.pdf>. Citado na página 79.
- 31 FERNANDO TECNOLOGIA. *ESP32 BLUETOOTH LOW ENERGY*. 2018. Acessado em 2020-10-10. Disponível em: <<https://www.fernandok.com/2018/08/esp32-bluetooth-low-energy.html>>. Citado na página 80.
- 32 CIRCUIT DIGEST. *How to Use Serial Bluetooth in ESP32*. 2018. Acessado em 2020-10-10. Disponível em: <<https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/using-classic-bluetooth-in-esp32-and-toogle-an-led>>. Citado na página 79.
- 33 INFINEON TECHNOLOGIES AG. *BTS7960 Datasheet*. Acessado em 2020-15-10. Disponível em: <<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/152657/INFINEON/BTS7960.html>>. Citado na página 80.
- 34 MORGAN, E. J. *HCSR04 Ultrasonic Sensor*. Acessado em 2020-15-10. Disponível em: <<https://datasheetspdf.com/pdf-file/1380136/ETC/HC-SR04/1>>. Citado na página 85.
- 35 MOTA, A. *HC-SR04 – Sensor Ultrassônico de distância com Arduino*. Acessado em 2020-15-10. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/hc-sr04-sensor-ultrassonico/>>. Citado na página 85.
- 36 QUOOS, J. H. *O que é Latitude e Longitude?* 2008. Acessado em 2020-12-09. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/cartografia/index.php?option=com_content&view=article&id=43&Itemid=39>. Citado na página 89.
- 37 RICK, D. *Derivando a Fórmula Haversine*. 1999. Acessado em 2020-12-09. Disponível em: <<http://mathforum.org/library/drmath/view/51879.html>>. Citado na página 90.
- 38 VENESS, C. *Calcule a distância, rumo e mais entre os pontos de latitude / longitude*. 2002. Acessado em 2020-13-09. Disponível em: <<https://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>>. Citado na página 91.
- 39 SONZA A. E SANTAROSA, L. M. C. Ambientes digitais virtuais: Acessibilidade aos deficientes visuais. 2003. Acessado em 2020-10-14. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/eventos/cicloartigosfev2003/andrea.pdf>>. Citado na página 117.
- 40 GIL, M. Eficiência visual. ministério da educação. secretaria de educação à distância, nº 1/2000. 2000. Acessado em 2020-10-14. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/eventos/cicloartigosfev2003/andrea.pdf>>. Citado na página 117.

- 41 CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. *Daltonismo : distúrbio atinge 5% da população mundial.* 2004. Acessado em 2020-10-14. Disponível em: <https://portal.cfm.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1519:&catid=3">. Citado na página 117.

Apêndices

APÊNDICE A – Principais Tomadas de Decisões de Software

Decisão	Data	Justificativa
Escolha do React Native.	17/08/2020	Escolhemos o React Native por ser um framework javascript para o desenvolvimento de aplicativos em múltiplas plataformas, como Android. E por alguns membros da equipe já ter familiaridade com a tecnologia.
Arquitetura monolítica.	04/09/2020	A escolha se deu visto que o escopo do projeto está bem acoplado e que vamos utilizar bibliotecas externas para as funcionalidades da aplicação.
Não utilizar banco de dados.	09/10/2020	Fizemos a escolha de usar o AsyncStorage, não haver necessidade de guardar muitos dados. Só vamos cadastrar o nome do usuário.
Não utilizar diagrama de classe.	09/10/2020	Não teremos persistências dos dados.
Antecipar o plano de testes para o PC2.	14/10/2020	Adiantamos a parte documental para esse PC2, para termos mais tempo na parte de programação do sistema.
Mudar a sprint para segunda.	16/10/2020	Os integrantes do grupo acharam por bem mudar a data de entregas das sprints, visto que a falta de tempo durante a semana estava dificultando as entregas das atividades.
Fazer a migração dos artefatos para o git pages.	16/10/2020	Para enriquecer mais o trabalho vamos criar um git pages para hospedarmos os artefatos gerados durante o projeto. Que só será configurado após a entrega do PC2 (por questão de tempo).
Mudar as cores do degradê do ícone de temperatura do protótipo.	16/10/2020	Segundo uma pesquisa que fizemos com pessoas daltônicas, o nosso ícone de temperatura que tem um degradê de cores vermelhas não está compatível com a percepção das cores para pessoas com daltonismos.

APÊNDICE B – Funcionalidades Implementadas de Software

- **Cadastrar nome do usuário:**
 - Criando componente para salvar nome do usuário: [Link](#)
 - Salvando o nome do usuário na asyncstorage: [Link](#)
- **Tela principal:**
 - Iniciando a tela principal do aplicativo: [Link](#)
 - Adicionados os botões na tela principal: [Link](#)
 - Finalização a tela principal do aplicativo: [Link](#)

APÊNDICE C – Plano de Testes – Especificação das Histórias de Teste

C.1 US01 - Cadastrar nome do usuário

- TS01 - Nome cadastrado com sucesso
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se o nome do usuário foi cadastrado de maneira correta.
 - **Pré-condições:** O usuário deve estar na tela inicial.
 - **Pós-condições:** Mostrar o nome do usuário na tela principal.
 - **Dados necessários:** O nome do usuário.
- TS02 - Nome cadastrado com erro
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se o nome do usuário foi cadastrado de maneira correta. Sem caracteres especiais.
 - **Pré-condições:** O usuário deve estar na tela inicial.
 - **Pós-condições:** O usuário deverá ser informado de que o nome é inválido.
 - **Dados necessários:** Possuir o nome válido.

C.2 US02 - Ver informações do cooler

- TS03 - Consultar as informações do cooler
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se as informações do cooler estão sendo apresentadas de maneira correta.
 - **Pré-condições:** Está conectado com o cooler.
 - **Pós-condições:** Visualizar a temperatura, a quantidade de bateria e o histórico de conexão com o cooler apresentando a data e hora de conexão.
 - **Dados necessários:** Temperatura, quantidade de bateria e histórico de conexão com o cooler.
- TS04 - Falha na consulta das informações do cooler

- **Descrição:** Este requisito de teste verificará se as informações do cooler não estão sendo apresentadas de maneira correta.
- **Pré-condições:** Usuário deve entrar na tela de informações do cooler.
- **Pós-condições:** Usuário não conseguir verificar as informações do cooler.
- **Dados necessários:** Não se aplica.

C.3 US03 - Atualizar informações do cooler

- TS05 - Falha ao receber os dados via bluetooth
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se as informações do cooler não estão sendo recebidas pelo dispositivo.
 - **Pré-condições:** Usuário deve entrar na tela de informações do cooler.
 - **Pós-condições:** Usuário não conseguir atualizar as informações do cooler.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.
- TS06 - Falha ao atualizar os dados via bluetooth
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se as informações do cooler não atualizadas com sucesso.
 - **Pré-condições:** Usuário deve entrar na tela de informações do cooler.
 - **Pós-condições:** Visualizar a temperatura, a quantidade de bateria e o histórico de conexão mais recentes possível.
 - **Dados necessários:** Temperatura, quantidade de bateria e histórico de conexão com o cooler.

C.4 US04 - Conectar com bluetooth do cooler

- TS07 - Sucesso ao conectar com o bluetooth
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se a conexão bluetooth entre o celular e o cooler foi estabelecida com sucesso.
 - **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, selecionar a opção de conectar via bluetooth com o cooler próximo do mesmo.
 - **Pós-condições:** Usuário conseguir realizar operação de comandando do cooler ao segui-lo.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.

C.5 US05 - Poder ligar/desligar o cooler

- TS08 - Falha ao enviar os dados de controle via bluetooth
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se os dados de ligar/desligar foram enviados para o cooler com sucesso.
 - **Pré-condições:** Usuário deve entrar na tela de controle do cooler.
 - **Pós-condições:** Usuário não conseguir controlar o cooler.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.

C.6 US06 - Abrir configurações (gps e bluetooth)

- TS09 - Sucesso ao ligar o GPS
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se o GPS foi ativado com sucesso.
 - **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, abrir as configurações e ativar o GPS.
 - **Pós-condições:** O GPS está ativado.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.
- TS10 - Falha ao ligar o GPS
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se ocorreu alguma falha ao ativar o GPS.
 - **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, abrir as configurações e ativar o GPS.
 - **Pós-condições:** O GPS não está ativado e uma mensagem de falha é apresentada ao usuário.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.
- TS11 - Sucesso ao ligar o Bluetooth
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se o Bluetooth foi ativado com sucesso.
 - **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, abrir as configurações e ativar o Bluetooth.
 - **Pós-condições:** O Bluetooth está ativado.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.
- TS12 - Falha ao ligar o Bluetooth

- **Descrição:** Este caso de teste verificará se ocorreu alguma falha ao ativar o Bluetooth.
- **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, abrir as configurações e ativar o Bluetooth.
- **Pós-condições:** O Bluetooth não está ativado e uma mensagem de falha é apresentada ao usuário.
- **Dados necessários:** Não se aplica.

C.7 US07 - Exibir alerta caso o cooler se desconecte

- TS13 - Exibir alerta ao desconectar do cooler abruptamente
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se o alerta foi exibido ao desconectar o dispositivo do cooler sem que o usuário tenha selecionado essa opção.
 - **Pré-condições:** Dispositivo deve estar conectado ao cooler e a conexão deve ser desfeita.
 - **Pós-condições:** Alerta informando que o cooler foi desconectado.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.

C.8 US08 - Exibir alerta caso o cooler não consiga seguir a pessoa

- TS14 - Exibir alerta ao após cooler informar que não é possível acompanhar o usuário
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se o alerta foi exibido após o cooler informar que encontrou um obstáculo e não é possível contorná-lo.
 - **Pré-condições:** Dispositivo deve estar conectado ao cooler e este informar que não é possível prosseguir.
 - **Pós-condições:** Alerta informando que o cooler não está seguindo o usuário.
 - **Dados necessários:** Informação do cooler de que não é possível continuar.

C.9 US09 - Mudança de contraste no aplicativo

- TS15 - Modo Daltonico
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se a mudança de contraste de cores da aplicação ocorreu de maneira correta.

- **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, abrir as configurações e escolher a opção de mudar o contraste da aplicação.
- **Pós-condições:** As cores e contraste da aplicação mudam, e uma mensagem é exibida ao usuário para mostrar que as mudanças foram feitas.
- **Dados necessários:** Não se aplica.

C.10 US10 - Alterar tamanho da fonte da letra

- TS16 - Alterar tamanho da fonte da letra
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se o tamanho da fonte do aplicativo foi alterada após escolha de mudança do tamanho da fonte.
 - **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android e escolher nas configurações a opção de alterar tamanho da fonte.
 - **Pós-condições:** O tamanho da fonte no aplicativo deve ter sido alterada.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.

APÊNDICE D – Plano de Gerência e Configuração de Software

O Plano de Gerência e Configuração de Software tem por objetivo apresentar padrões, políticas, ferramentas, instruindo sobre o ambiente de desenvolvimento de software e qualquer atividade de configuração necessária.(??)

D.0.1 Políticas

D.0.1.1 Política de Commits

Os commits devem ser atômicos e seu comentário deve descrevê-lo de forma sucinta. O texto deve descrever o que foi produzido, de forma resumida e em português. Caso o commits não seja destinado para a conclusão da funcionalidade ou documento, deve-se iniciar com o verbo no gerúndio, no entanto, se o commits é destinado a conclusão da funcionalidade ou documento, deve-se iniciar com o verbo no particípio. Além disso, deve conter o número de sua issue correspondente, no seguinte formato:

Repositórios

[Tag da issue] Texto começando com letra maiúscula, verbo no gerúndio ou particípio

Exemplo: ***commit* destinado à conclusão**

[US00] Criada estrutura de usuário.

***commit* não destinado à conclusão**

[US00] Criando estrutura de usuário.

D.0.1.2 Política de Branches

Serão utilizados os princípios do **Gitflow** que ajudarão no controle do que está sendo produzido pela a equipe, onde, ao mesmo tempo falhas serão corrigidas, novas funcionalidades serão implementadas, garantindo o funcionamento do código de produção. O Gitflow foi criado em 2010, é considerado um ótimo modelo de *branching*. É um modelo fortemente baseado em branches, mas focados em entregas de projetos, ele define os papéis de cada branch e como elas devem interagir. Apesar dele ser um pouco mais complexo que outros workflows, ele disponibiliza um framework robusto para gerenciar projetos mais complexos.

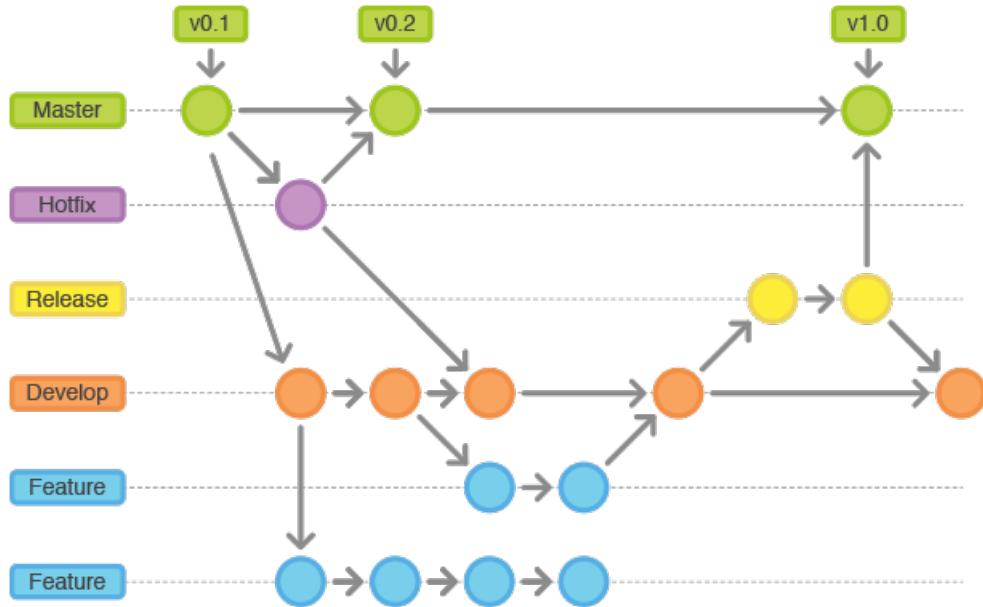


Figura 104 – Exemplo do funcionamento do GitFlow. Fonte: Autor

A *master* será a *branch* estável do projeto, sendo ela proveniente da *devel* por meio de aprovação de *pull request* ao fim de cada *release*. Nenhum membro será autorizado a fazer *commits* diretamente na *master* ou na *develop*

As branches auxiliares são destinadas a implementação de funcionalidades, realização de histórias técnicas e conserto de bugs. Cada uma dessas atividades terá sua própria branch, criada a partir da *develop*, as *hotfix* são as branches criadas a partir da *master* e servem para resolver de forma rápida os bugs em produção. Terão como padrão de nomenclatura:

[Identificador da atividade]-[Nome issue associada a atividade]

Exemplos:

feature/TS03-Configurar-Ambientes

hotfix/BUG-Duplicação-no-Banco

feature/US01-Implementar-Login

Após o fim do desenvolvimento nas branches auxiliares elas devem ser incorporadas a *develop* por meio de *pull request*.

D.0.1.3 Política de Aprovação do Código

Para a aprovação do código, o *pull request* deve ser revisado por ao menos 1 membro da equipe, a nomenclatura da *branch* e dos *commits* devem estar de acordo com

as definições deste documento, o código deve estar escrito seguindo a folha de estilo, a build não pode apresentar erros e o *pull request* deve seguir o template do *community*.

D.0.2 Uso de Issues

As *issues* serão criadas com o objetivo de mapear e descrever todo o trabalho a ser desenvolvido durante o projeto, possibilitando controle e transparência do que está sendo feito. Com isso, conseguiremos manter o rastro de tudo que foi planejado e efetuado.

As issues vão conter identificadores e *labels*, para que se possa indicar sua natureza. Os identificadores definidos para o projeto serão:

[**EPIC**] - Utilizado para as issues que representam épicos.

[**US**] - Utilizado para as issues que representam histórias de usuário.

[**TS**] - Utilizado para as issues que representam histórias técnicas.

O formato padrão de nomenclatura para essas issues é:

[Identificador Número-da-issue] nome-definido-pela-equipe-para-issue

Exemplo:

[US01] Prototipação

[**REFACTOR**] - Utilizado para issues que representam refatoração.

[**BUG**] - Utilizado para issues que representam correção de bugs.

[**DOC**] - Utilizado para as issues que representam tarefas de documentação.

[**TRAINNING**] - Utilizado para issues que representam atividades de estudo e treinamento.

[**QUESTION**] - Utilizado para issues que representam perguntas que a comunidade deseja fazer aos mantenedores.

[**SUGGESTION**] - Utilizado para issues que representam sugestões que a comunidade deseja fazer aos mantenedores.

O formato padrão de nomenclatura para essas issues é:

[Identificador] Nome definido para a issue pela equipe

Exemplo:

[BUG] Duplicação no Banco

D.0.3 Ferramentas

Ferramenta	Descrição
Git	Ferramenta de versionamento
GitHub	Ferramenta de hospedagem de repositórios
ZenHub	Ferramenta de gerenciamento de equipe
React Native	Framework para a criação de aplicativos mobile
Travis CI	Ferramenta de integração contínua
VS Code	Ferramenta de construção e edição de código fonte
Android Studio	Ferramenta para emulação do aplicativo

D.0.3.1 Integração das Ferramentas

Considerando o processo de desenvolvimento do software, o código fonte em Javascript (React Native) é editado através da IDE VS Code e sua emulação é realizada através do Android Studio. Já seu versionamento é feito utilizando-se o GitHub e, sempre que possível, é sincronizado o trabalho realizado localmente com o repositório remoto hospedado no GitHub. A partir deste ponto entra em cena o Travis CI, pois após cada alteração no repositório remoto o Travis gera uma nova build do projeto. Além de realizar a build, o Travis também possui outras funções que em alguns casos fazem parte da build e em outros casos são eventos pós build ou pré build, e comunica qualquer problema que ocorra nesse processo, impedindo que código quebrado se junte as versões estáveis do projeto.

APÊNDICE E – Desenhos técnicos

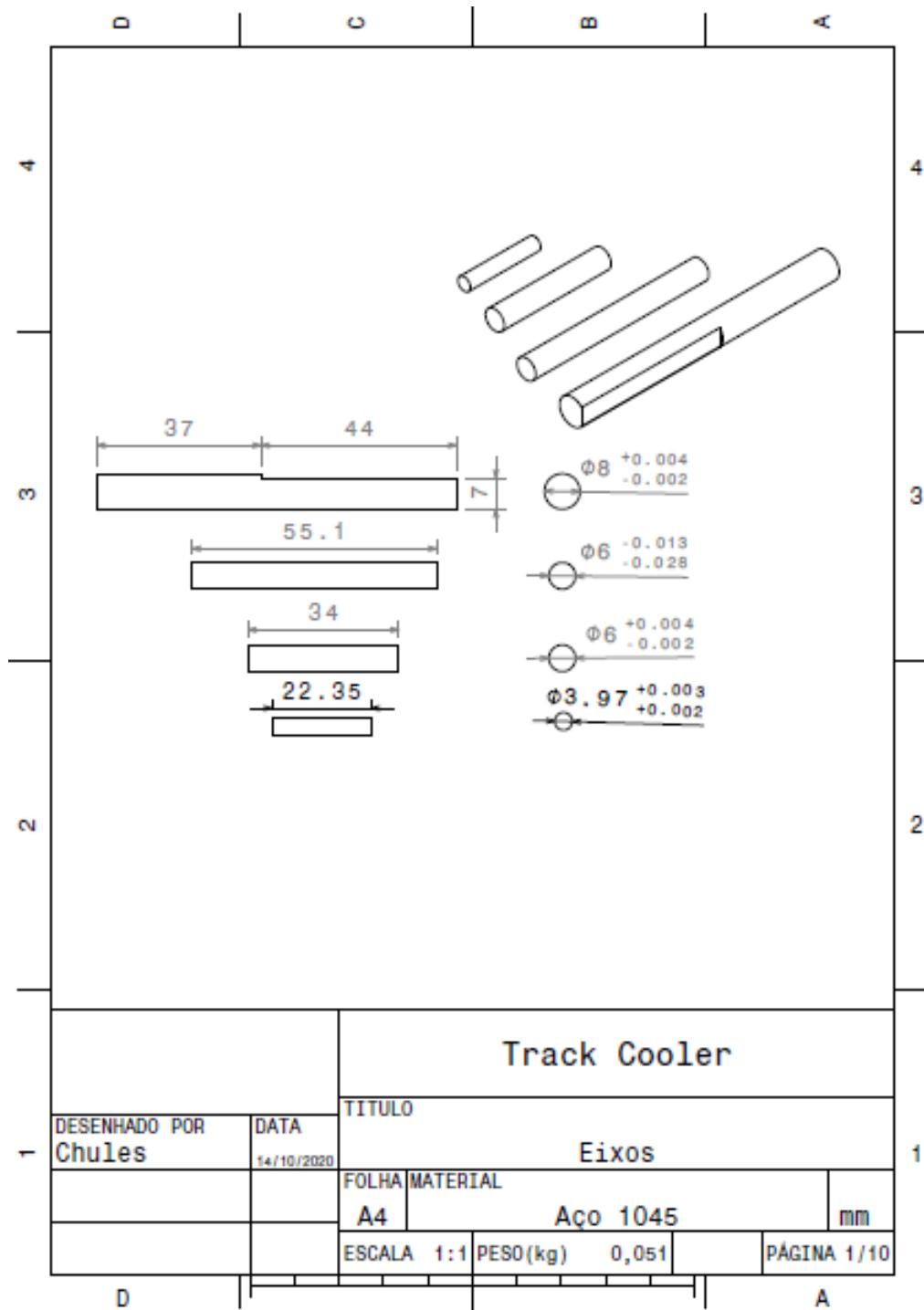


Figura 105 – Eixos do pinhão e tensionadores

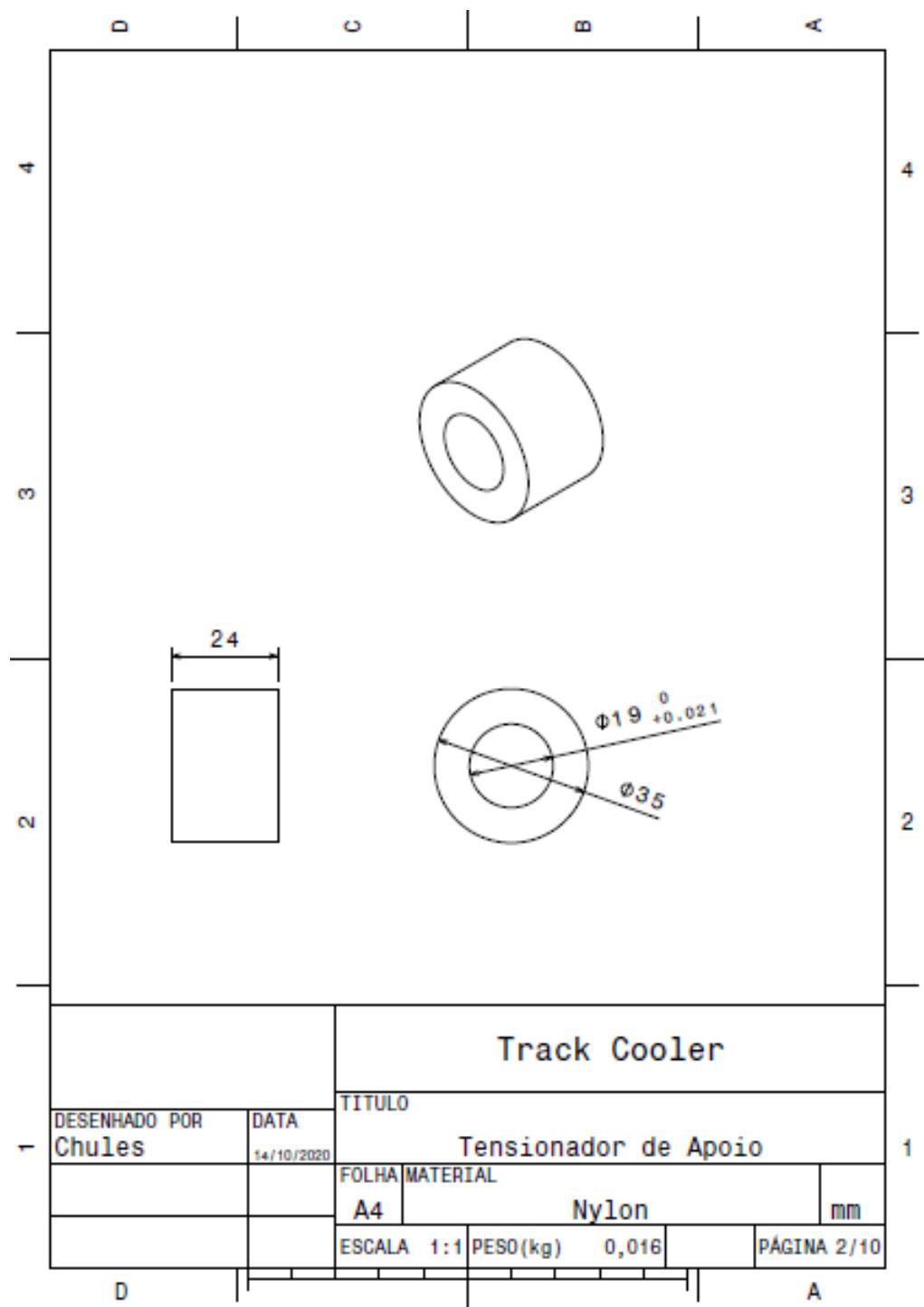


Figura 106 – Tensionadores

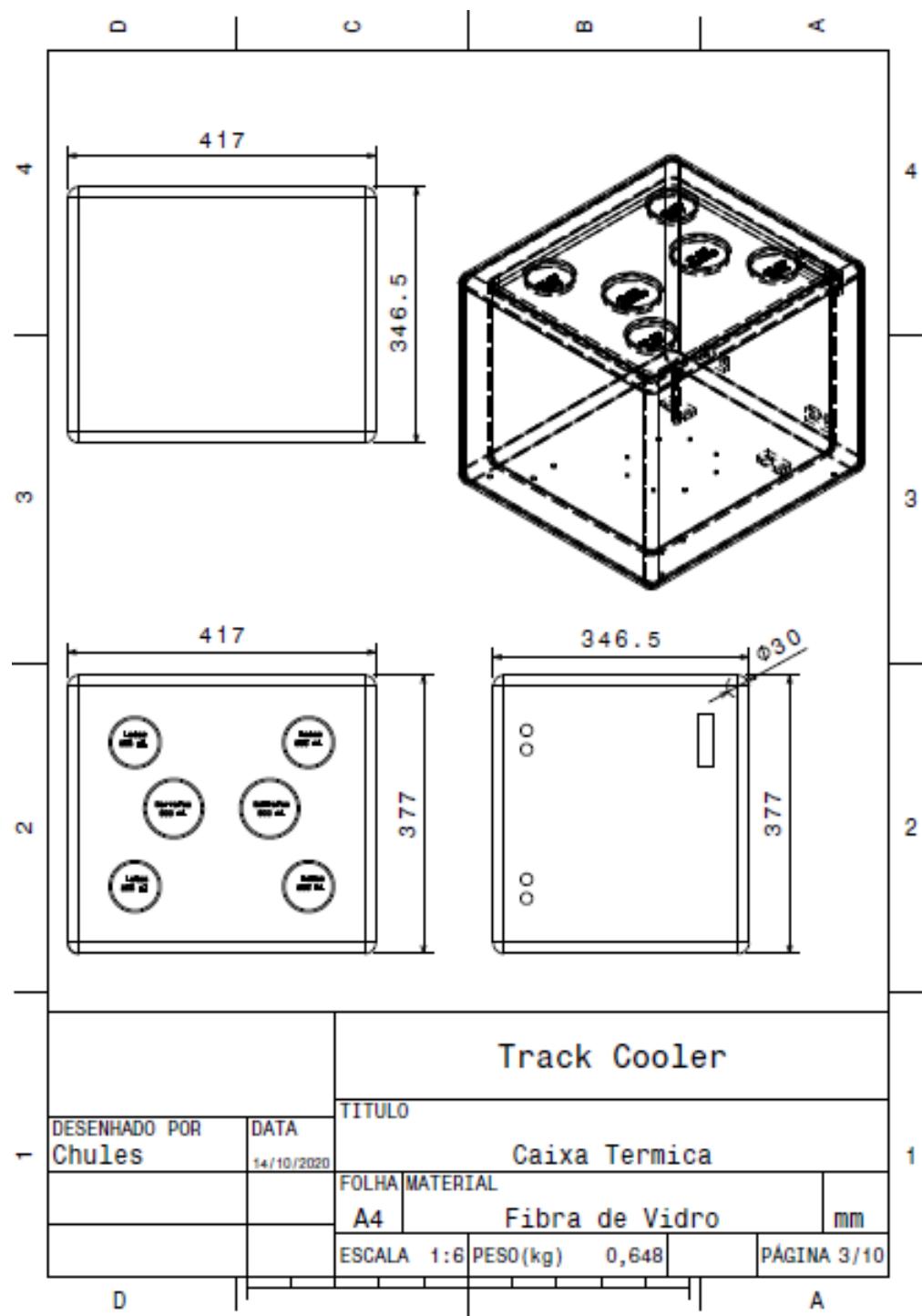


Figura 107 – Caixa térmica

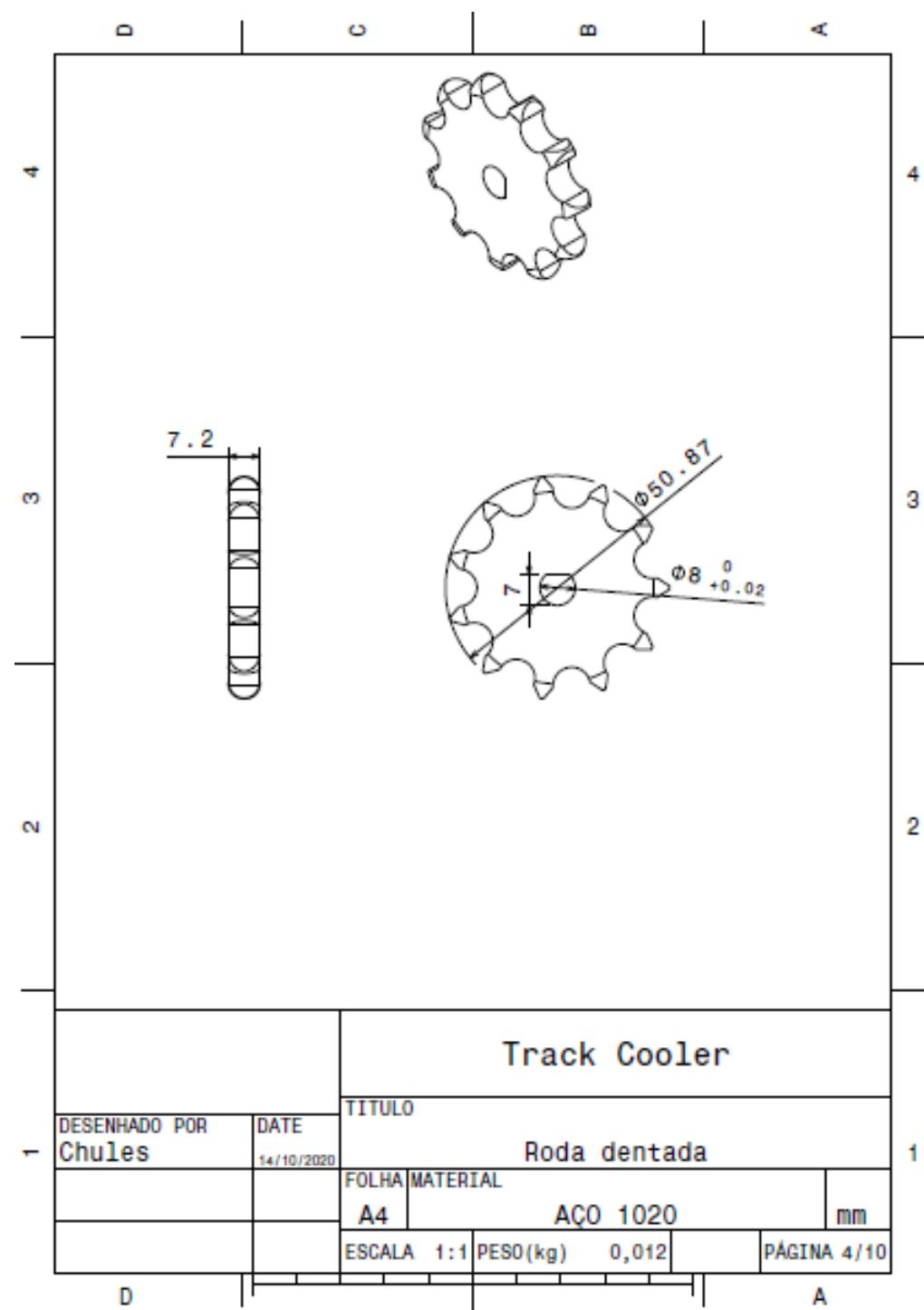


Figura 108 – Pinhão

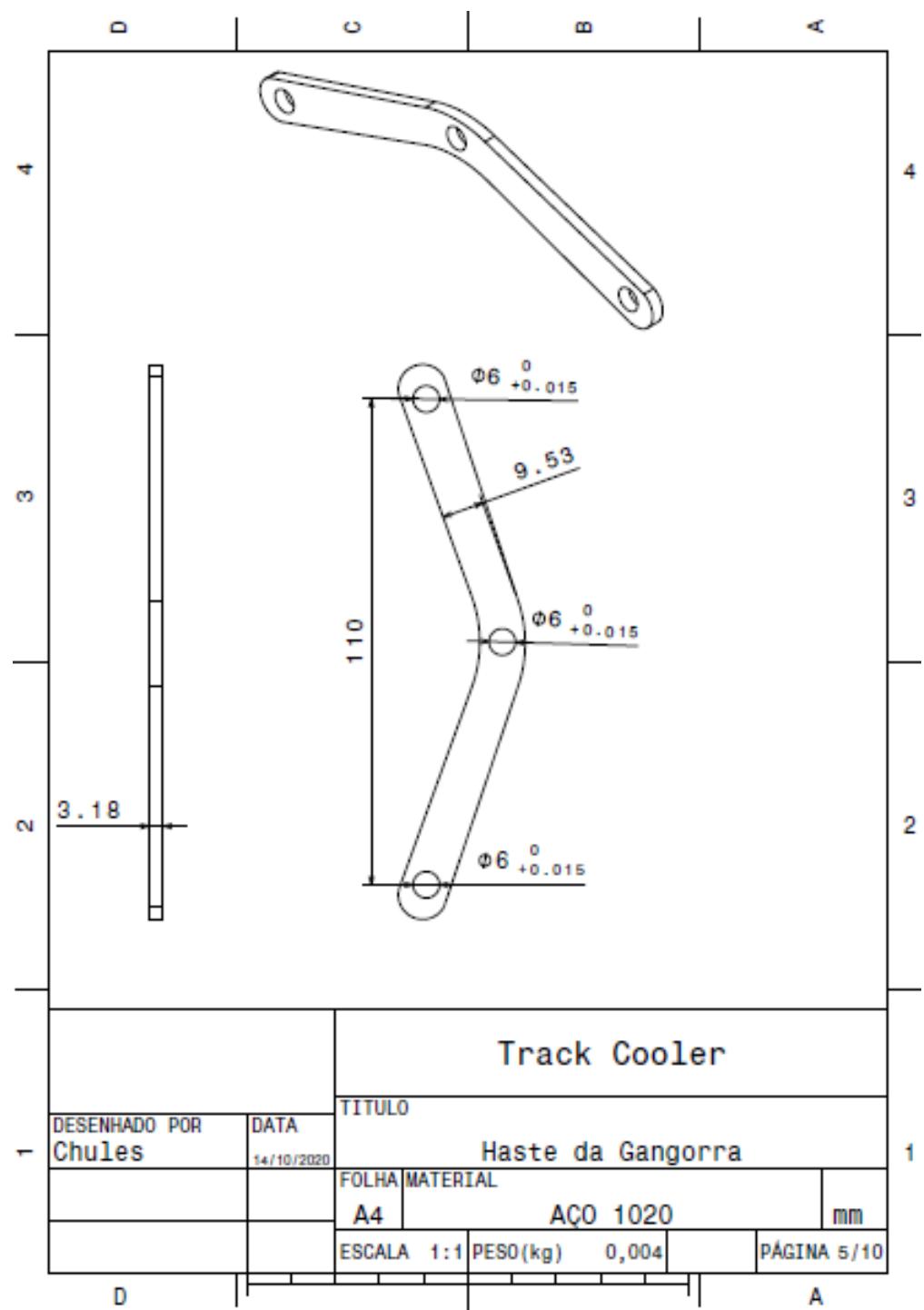


Figura 109 – Braço da gangorra

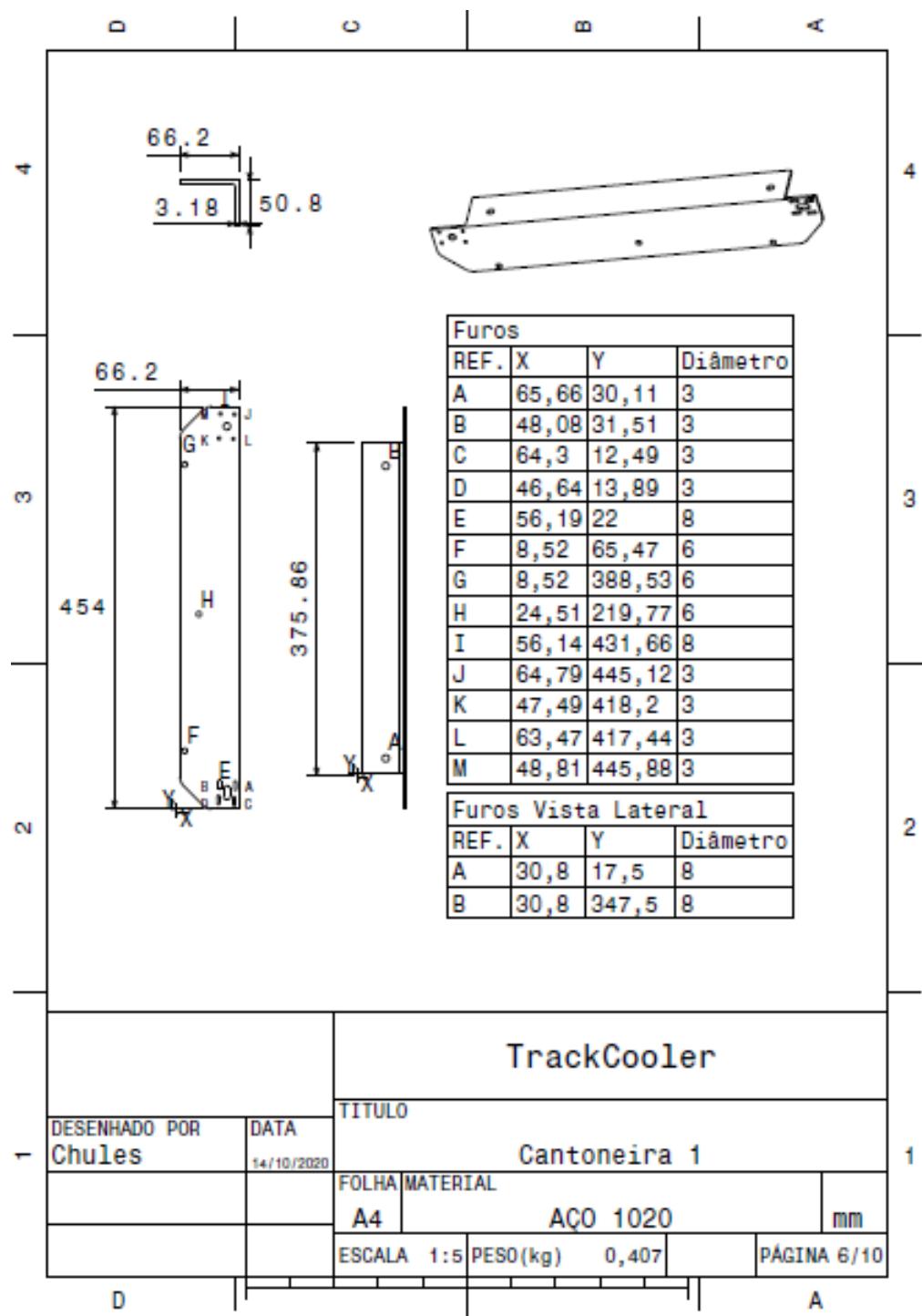


Figura 110 – Cantoneira

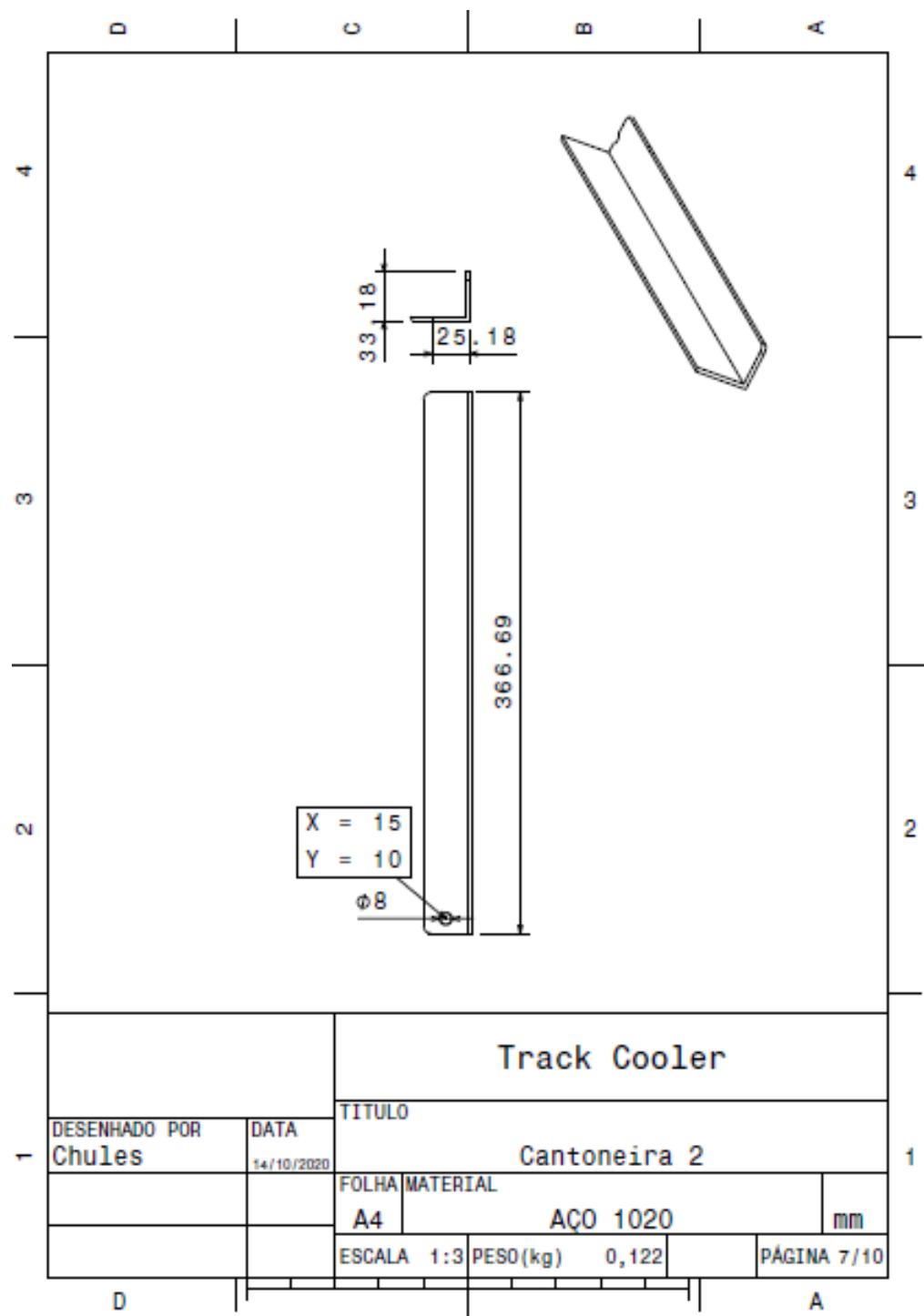


Figura 111 – Barra da cantoneira

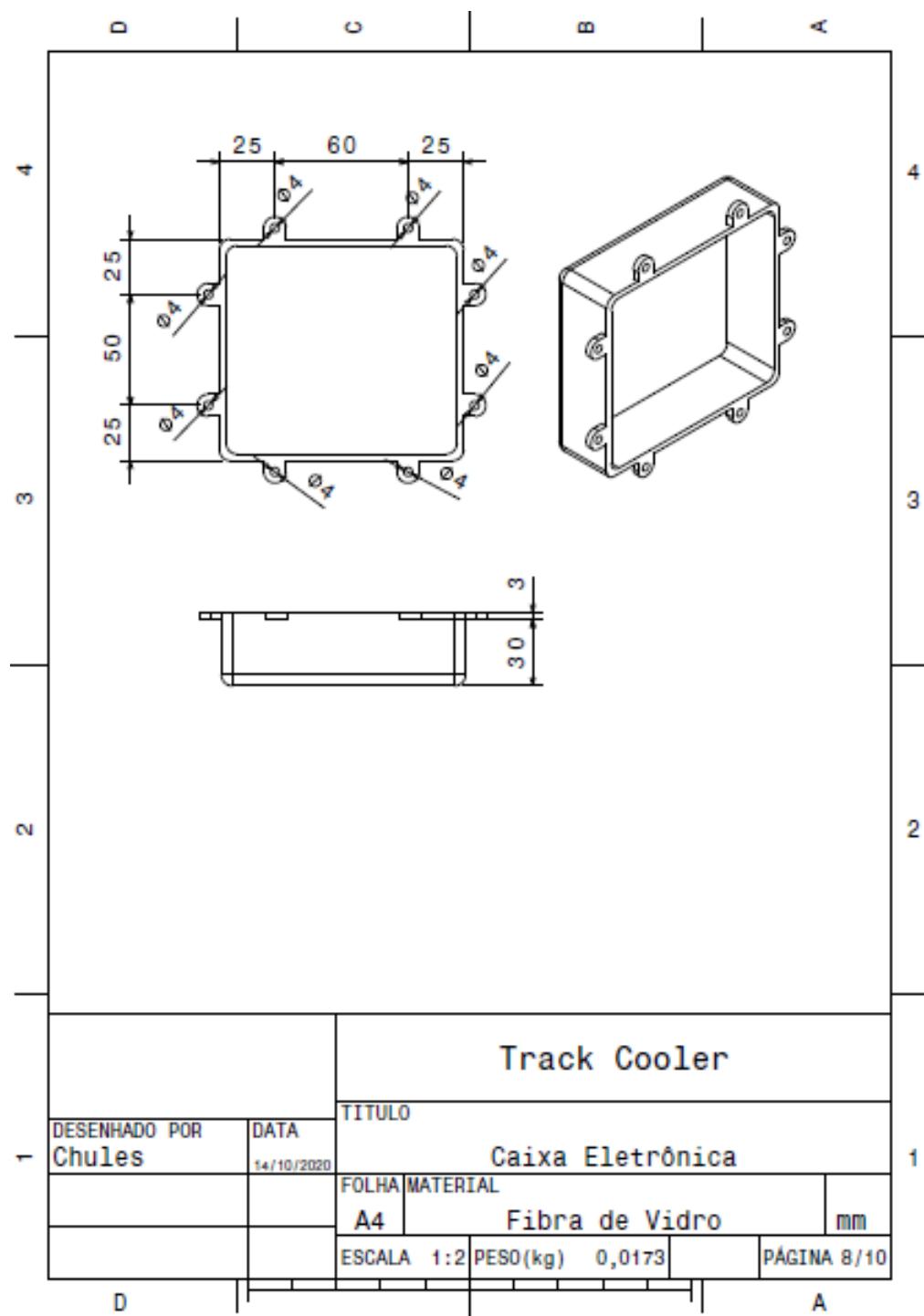


Figura 112 – Caixa dos componentes de eletrônica

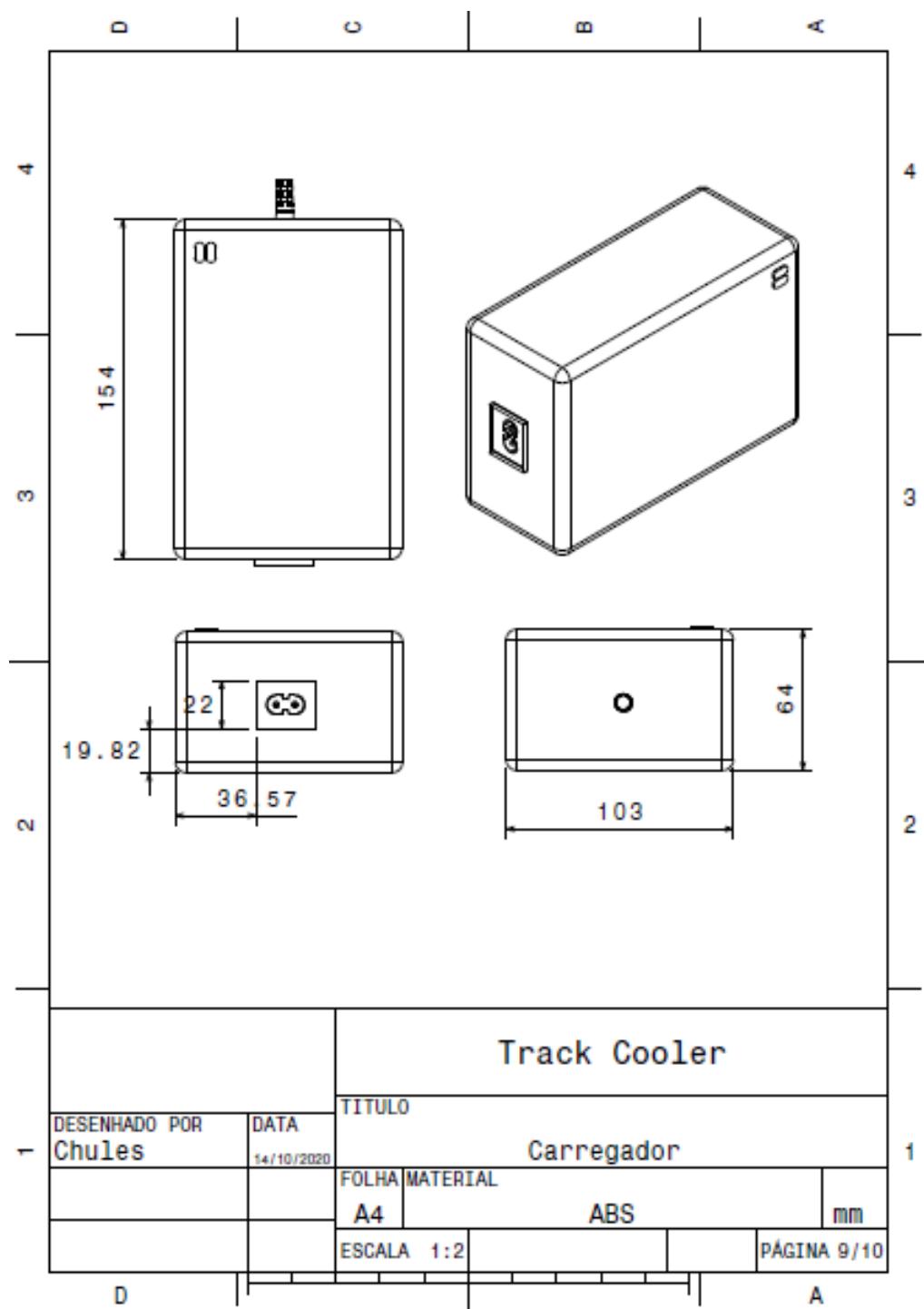


Figura 113 – Carregador

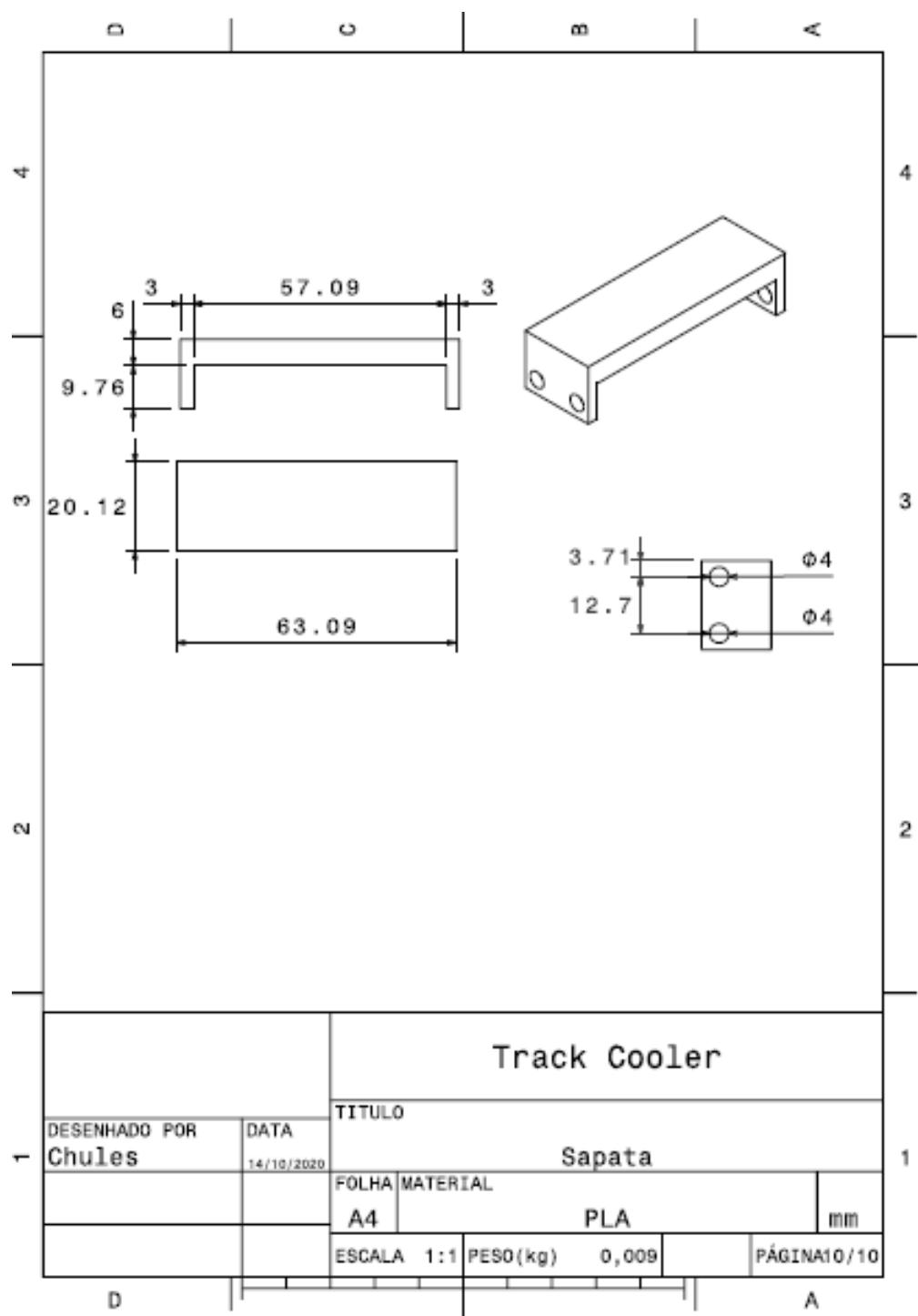


Figura 114 – Sapatas

APÊNDICE F – Custos

F.1 Estimativa de custos

Com base no escopo definido, bem como nos requisitos elicitados, foram listados os seguintes equipamentos indispensáveis para o projeto. Seus valores foram definidos por meio de pesquisa de mercado, e são apresentados em reais.

Tabela 23 – Tabela de custos do projeto

Tabela de custos aproximado		
Nome	Preço por unidade (R\$)	Quantidade
Motor RS-895 *	85,00	2
Transformador 110-220Vca/24Vca	69,90	1
Transformador 110-220Vca/30Vca	162,87	1
Freio eletromagnético DC *	200,00	2
Redução planetária 14:1 *	101,65	2
Tarugo de nylon 300 x 40 mm	35,00	1
Rolamento 626	6,00	16
Eixo 6mm	23,00	1
Eixo 8mm	36,00	1
Sapatas de PLA	2,70	80
Revestimento de TPU	4,02	80
Correntes (valor de 1 metro)	32,00	3
Espuma de poliuretano A+B	70,00	1
Chapa aço 1020 (para a cantoneira)	38,00	2
Chapa aço 1020 (para a gangorra)	4,75	4
Chapa aço 1020 (para os pinhões)	5,62	8
Mão de obra (corte do pinhão)	22,05	8
Mão de obra (corte da gangorra)	16,00	4
Mão de obra (corte da cantoneira)	45,25	2
Kit fibra de vidro	120,00	1
Conversor DC-DC YL-KREE K240503*	45,60	1
Bateria Lítio-Ion	276,41	2
Microcontrolador ESP32	61,45	2
Módulo GPS GY-NEO6MV2	28,98	1
Módulo ponte H BTS7960	42,69	2
Sensor de temperatura (DS18B20)	19,56	1
Tela LCD 16x2	26,63	1
Cabo USB	12,63	1
Pacote de jumper	28,53	1
Ferro de solda	30,06	1
Tubo de estanho	10,03	1
Ultrassônico	14,00	4
Placa de fernalite perfurada 10 x 10	12,03	1
Rele 24V 30A a 10 x 10	74,76	1
Total (R\$)	3572,11	

*Valores calculados seguindo a cotação do dólar comercial do dia 18/10/2020 (US\$ 1 = R\$ 5,65)

Os custos estimados saíram de 2351,11 reais, cotados no ponto de controle 1, para 3572,11 reais. O aumento previsto de custos se deu principalmente devido ao avanço do projeto, pois, com a posse de cálculos e simulações é possível estimar com mais precisão esses gastos. Porém, no próximo ponto de controle ainda podem ocorrer alterações, como

por exemplo nas quantidades de materiais para se adequar corretamente aos planos de construção.

APÊNDICE G – Avaliação Interna do Grupo

Track Cooler				
Ponto de Controle 2				
Grupo Técnico de Eletrônica (Engenharia Eletrônica)				
Nome Completo	Matrícula	Pontualidade de Entregas	Avaliação de Entregas	Desempenho
Gabriela Cristina Cardoso de Sousa	15/0127065	10	9	9,1
Jennifer Gladys Pereira Cavalcante	12/0033127	10	9	9,1
Bruno Carvalho Faria dos Santos	14/0132767	10	9	9,1
Grupo Técnico de Estrutura (Engenharia Aeroespacial, Automotiva e Energia)				
Nome Completo	Matrícula	Pontualidade de Entregas	Avaliação de Entregas	Desempenho
Douglas Silva de Melo	15/0123485	10	9,5	9,55
Antonio Lucas Suzuk Aguiar	18/0135945	10	9,5	9,55
Gabriel Henrique Chules	15/0126441	10	10	10
Bhia Teixeira Cardoso	16/0114055	10	9,5	9,55
Gabriel Souza Firmino	14/0140719	9	10	9
Gabriel Rolim Moreira	14/0140611	9	9	8,19
Grupo Técnico de Software (Engenharia de Software)				
Nome Completo	Matrícula	Pontualidade de Entregas	Avaliação de Entregas	Desempenho
Sannya Santana de Arvelos	13/0133418	10	9	9,1
Lucas Oliveira Silva	15/0016018	10	9	9,1
Byron Kamal Barreto Correa	15/0007281	10	9	9
Igor Guimarães Veludo	13/0028240	10	9	9,1
João Victor Lustosa Braz	14/0146156	10	8	8,2
Matheus Filipe Faria Alves de Andrade	14/0155350	10	8	8,2

Anexos

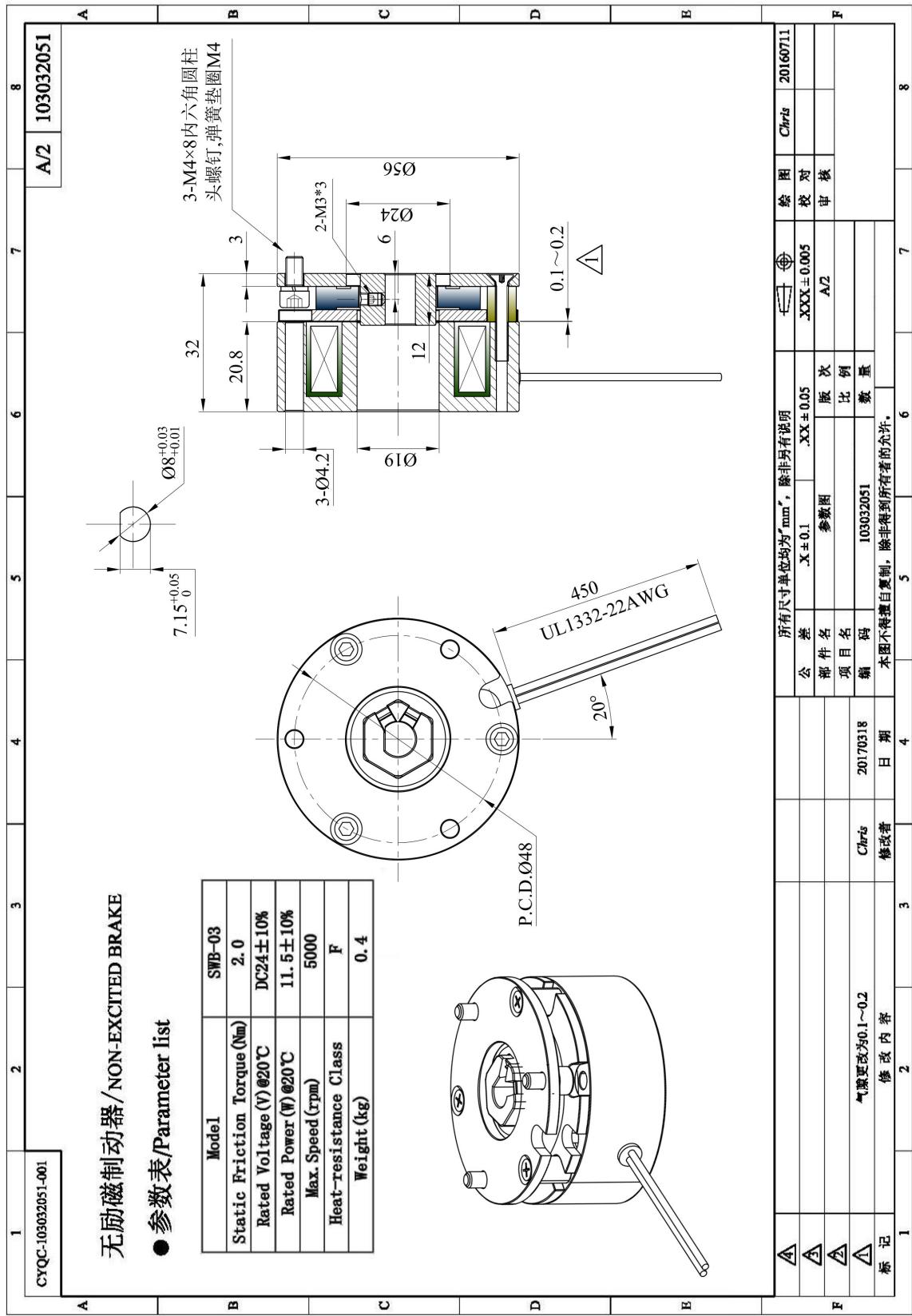
ANEXO A – Reppositórios do Projeto

<https://github.com/track-cooler>

[https://github.com/track-cooler/app*trackcooler*](https://github.com/track-cooler/apptrackcooler)

ANEXO B – Desenhos Técnicos

B.1 Freio



B.2 Redução

 **SUNTRY MOTOR**
Devote Store PLG36 planetary reducer

★Planet gear reducer	
Inner gear ring material	Steel
Output bearing form	Ball bearing
The radial load	≤35N
The axial load	≤8N
Radial clearance	≤0.04mm
Axial clearance	≤0.02mm
Back gap (without load)	≤0.8°
Gear life (When 5000RPM)	8000H

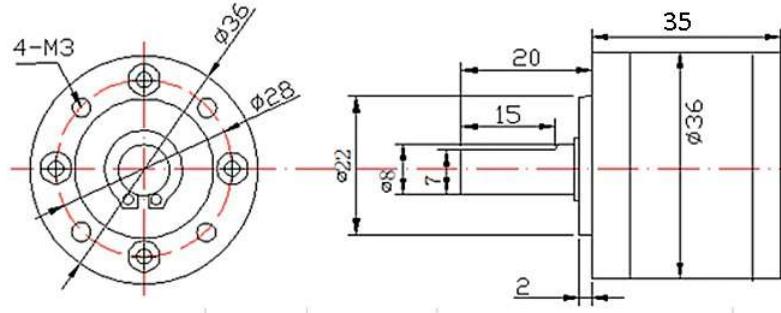


For 36mm DC Motor



For 42mm Step Motor

★Installation size and appearance drawing

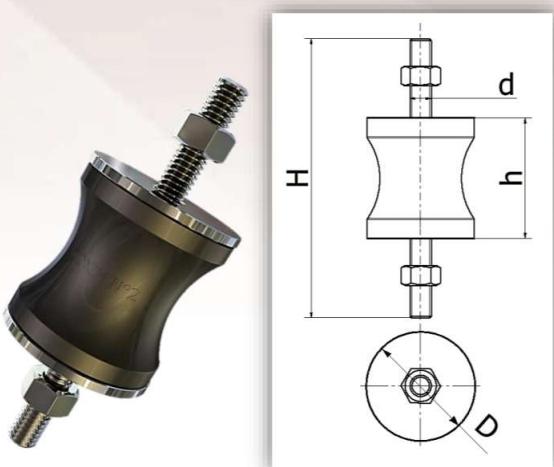


B.3 Coxim

Linha Coxim

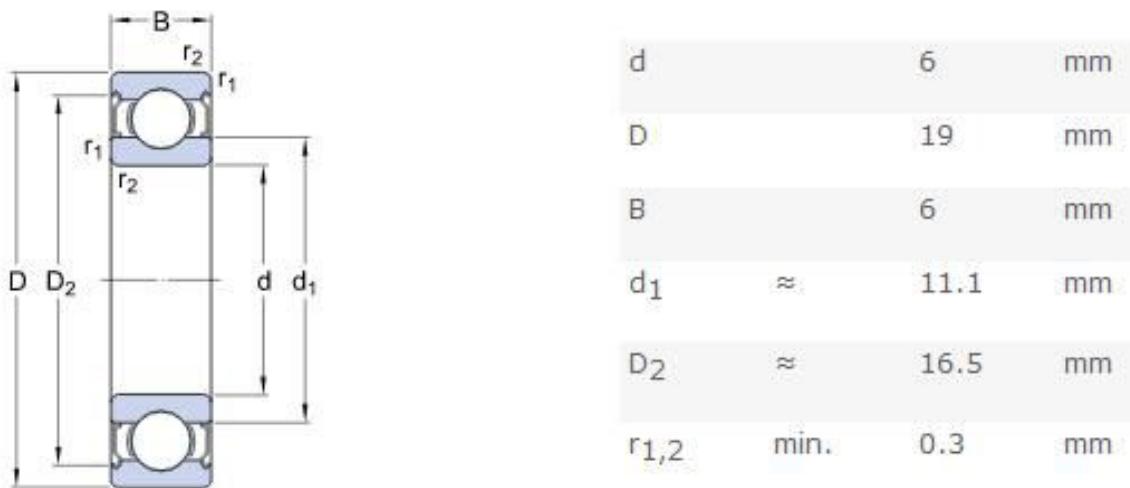
Projetada para aplicações de fixação de motores, equipamentos em chassis e suportes metálicos. A Linha **Coxim** contém uma geometria côncava em formato de carretel. Esta geometria, juntamente com a composição adequada da borracha, é responsável pelo ótimo desempenho no amortecimento, garantindo flexibilidade e resistência à compressão, à tração e ao cisalhamento.

Coxim	Nº1	Nº2	Nº3
Capacidade à Compressão Kgf	10 a 70	70 a 150	150 a 250
Capacidade à Tração Kgf	2 a 14	14 a 30	30 a 50
Capacidade à Cisalhamento kgf	5 a 14	14 a 30	30 a 50
Diâmetro (D) mm	30	50	70
Diâmetro da Cintura (c) mm	23	39	52
*Parafuso (d) mm	1/4" 5/16" M6 M8	5/16" 3/8" M8 M10	3/8" 1/2" M10 M12
Altura da borracha (h) mm	30	50	70
Altura (H) mm	86	125	170

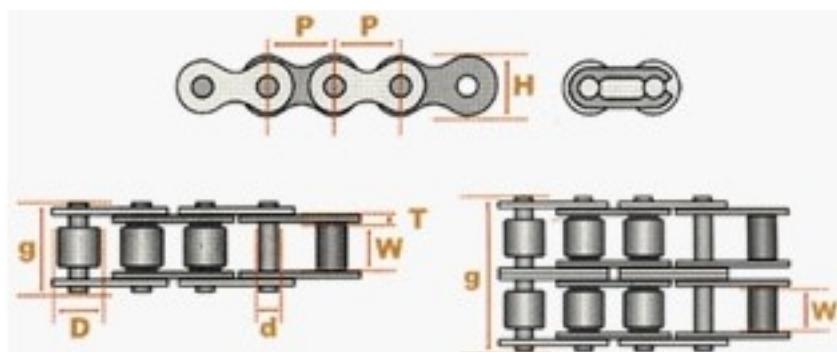


*Todas as roscas, em polegadas, seguem o padrão americano UNC, exceto as de bitola 1/2" que seguem o padrão WW.

B.4 Rolamento



B.5 Corrente

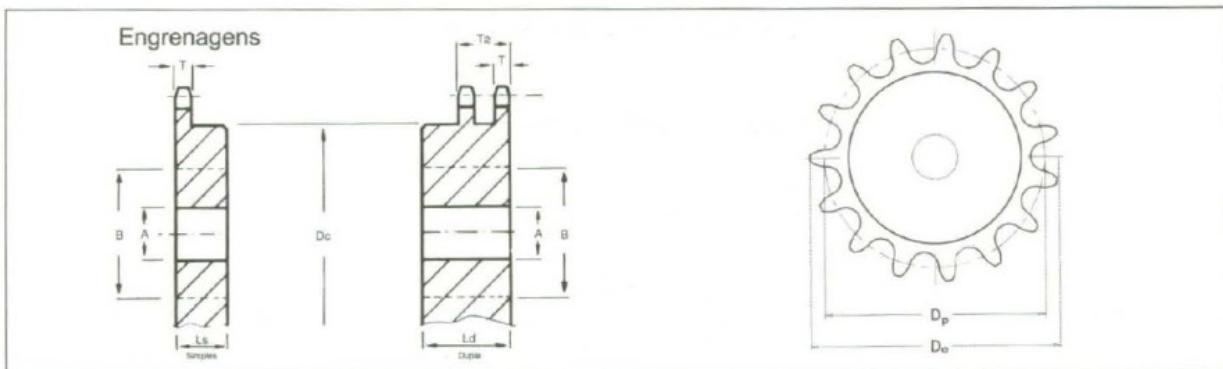


Correntes	PASSO		ENTRE PLACAS	ROLO	PLACAS			PINOS			CARGA RUPTURA	PESO
	P	P			Diametro	Espessura	Altura	Diametro	Rebite	Emenda		
	mm	in	W	D				d	g	G	(kgf)	(Kg/m)
25/1	6,35	1/4"	3,30	3,28	0,70	5,85	2,30	7,62	8,58	360	0,13	
35/1	9,525	3/8"	4,80	5,08	1,20	8,78	3,58	11,60	12,80	800	0,32	
35/2								22,00	23,20	1.600	0,69	
40/1	12,70	1/2"	7,95	7,92	1,50	12,00	3,97	16,35	17,85	1.420	0,63	
40/2								31,00	32,10	2.840	1,20	

Coeficientes de segurança n_s

Passo	RPM da Engrenagem Menor								
	50	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
Cor. de rolos 1/2" – 5/8"	7,0	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,7	13,2	14,8
3/4" – 1/4"	7,0	8,2	9,4	10,3	11,7	12,9	14,0	16,3	--
1 1/4" – 1 1/2"	7,0	8,6	10,2	13,2	14,8	16,3	19,5	--	--
Cor. Dentadas 1/2" – 5/8"	20,0	22,2	24,4	28,7	29,0	31,0	33,4	37,8	42,0
3/4" – 1/4"	20,0	23,4	26,7	30,0	33,4	36,8	40,0	46,5	53,5

B.6 Pinhão



D_p = Diâmetro primitivo (mm)

T = Largura do dente (mm)

D_e = Diâmetro externo (mm)

T₂ = Conforme indicado no desenho

D_c = Diâmetro do cubo (mm)

L_s = Largura total da roda dentada simples (mm)

A = Diâmetro do furo piloto (mm)

L_d = Largura total da roda dentada dupla (mm)

B = Furo máx. admissível (mm)

Dimensões conforme NORMA ANSI

Z	ANSI 35 - PASSO 3/8"							ANSI 40 - PASSO 1/2"							ANSI 50 - PASSO 5/8"						
	Ambas				simp. dupla			Ambas				simp. dupla			Ambas				simp. dupla		
	D _p	D _e	D _c	A	B	L _s	L _d	D _p	D _e	D _c	A	B	L _s	L _d	D _p	D _e	D _c	A	B	L _s	L _d
9	27.85	31.88	17	SF	11	16	22	37.13	42.51	22	12	15	25	30	46.42	53.14	28	15	19	25	45
10	30.82	35.03	20	SF	13	16	22	41.10	46.71	26	12	17	25	30	51.37	58.38	33	15	22	25	45
11	33.81	38.15	23	SF	15	16	22	45.08	50.87	30	12	20	25	30	56.35	63.59	38	15	25	25	45
12	36.80	41.26	26	12	17	16	22	49.07	55.02	34	12	23	25	30	61.34	68.77	44	15	29	25	45
13	39.80	44.36	29	12	19	16	22	53.07	59.15	39	12	26	25	30	66.34	73.93	48	15	32	25	45
14	42.81	47.45	32	12	21	16	22	57.07	63.26	43	12	29	25	30	71.34	79.08	53	17.5	35	25	45
15	45.81	50.63	35	12	23	20	25	61.08	67.37	47	12	31	25	30	76.36	84.21	59	17.5	39	25	45
16	48.82	53.60	38	12	25	20	25	65.10	71.47	51	17.5	34	25	30	81.37	89.33	64	17.5	43	25	45
17	51.84	56.87	41	12	27	20	25	69.12	75.56	55	17.5	37	25	30	86.40	94.45	69	17.5	46	25	45
18	54.85	59.73	44	12	29	20	25	73.14	79.55	59	17.5	39	25	30	91.42	99.56	74	17.5	49	25	45
19	57.87	62.80	47	12	31	22	25	77.16	83.73	63	17.5	42	25	30	96.45	104.66	79	17.5	53	30	45
20	60.89	65.85	50	12	33	22	25	81.18	87.80	67	17.5	45	25	30	101.48	109.76	84	20	56	30	45
21	63.91	68.91	53	12	35	22	25	85.21	91.88	71	17.5	47	25	30	106.51	114.85	89	20	59	30	45
22	66.93	71.96	56	12	37	22	25	89.24	95.95	75	17.5	50	30	36	111.55	119.94	94	20	63	30	45
23	69.95	75.01	59	12	39	22	25	93.27	100.02	79	17.5	53	30	36	116.59	125.02	99	20	66	30	45
24	72.97	78.06	62	15	41	22	25	97.30	104.09	83	17.5	55	30	36	121.62	130.11	100	20	67	34	45
25	76.00	81.11	65	15	43	22	25	101.33	108.15	87	17.5	58	30	36	126.66	135.19	100	20	67	34	45
26	79.02	84.16	68	15	45	22	25	105.36	112.21	92	17.5	61	30	36	131.70	140.27	110	20	73	34	45
27	82.05	87.21	70	15	47	22	25	109.40	116.28	95	17.5	63	30	36	136.74	145.34	110	20	73	34	45
28	85.07	90.25	72	15	48	22	25	113.43	120.34	95	17.5	63	30	36	141.79	150.42	86	20	57	37	51
30	91.12	96.34	78	15	52	25	30	121.50	128.45	100	17.5	67	30	36	151.87	160.57	86	20	57	37	51
32	97.18	102.42	84	15	56	25	30	129.57	136.57	100	20	67	30	36	161.96	170.71	86	20	57	37	51
35	106.26	111.55	93	15	62	25	30	141.68	148.73	86	20	57	32	36	177.10	185.91	86	20	57	37	51
38	115.34	120.66	103	15	69	25	30	153.79	160.89	86	20	57	32	41	192.24	201.11	86	25	57	37	51
40	121.40	126.74	110	15	73	25	30	161.87	168.99	86	20	57	36	46	202.34	211.24	86	25	57	40	55
45	136.55	141.93	126	20	82	25	30	182.06	189.24	86	20	57	36	46	227.58	236.55	86	25	57	40	55
48	145.64	151.04	130	20	87	25	30	194.18	201.38	86	25	57	36	46	242.73	251.73	98	25	65	40	55
54	163.82	169.25	72	20	48	30	35	218.42	225.67	86	25	57	36	46	273.03	282.09	98	25	65	40	55
57	172.91	178.33	72	20	48	30	35	230.54	237.81	98	25	65	36	46	288.18	297.26	98	25	65	40	55
60	182.00	187.46	80	20	57	30	35	242.66	249.95	98	25	65	36	50	303.33	312.44	98	25	65	40	55
76	230.49	236.01	80	20	57	30	35	307.32	314.66	98	25	65	36	50	384.15	393.35	98	30	65	40	55
95	288.08	293.64	80	20	57	30	35	384.11	391.52	98	25	65	36	50	480.14	489.40	110	30	73	40	55
114	345.68	351.26	98	20	65	30	35	460.91	468.35	110	25	73	36	50	576.13	585.44	110	30	73	40	55

B.7 Motor

