Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA

Projeto Integrador II

DAMTE
Drone Auxiliar de Mapeamento Terrestre

Brasília, DF

2021

Bruno Ramos Ribeiro, Felipe Coelho Serra Gonçalves, Guilherme Gonçalves Machado, João Vitor de Moura Rosa Silva, João Vítor Morandi Lemos, José Aquiles Guedes de Rezende, Rafael Teodosio, Samara Cristina Silva dos Santos, Tiago Rodrigues dos Santos, Vinícius Hiroshi Souza Miwa, Wemerson Fontenele Sousa

DAMTE
Drone Auxiliar de Mapeamento Terrestre

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Brasília, DF

2021

Lista de ilustrações

Figura 1 – Estrutura Analítica do Projeto. 22
Figura 2 – Organograma. 22
Figura 3 – Monitor Portátil BlitzWolf BW-PCM3 (BLITZWOLF, 2020). 26
Figura 4 – Chaves tácteis KFC-A06 (DAIER, 2017). 26
Figura 5 – Módulo *joystick* KY-023(JOY-IT, 2017). 27
Figura 6 – Raspberry PI 3B+ (RASPBERRY.ORG, 2018). 27
Figura 7 – Conversor analógico digital CJMCU-ADS1015(PIBITS, 2016). 28
Figura 8 – Módulo LoRa HAT SX1262 (WAVESHARE, 2020). 29
Figura 9 – Módulo Lidar SF30/B (LIGHTWARE, 2019). 30
Figura 10 – Servo Motor TP SG90 (TOWERPRO, 2014). 30
Figura 11 – Altímetro e acelerômetro LSM6DS33(POLOLU, 2016). 31
Figura 12 – Raspberry PI Camera IR-CUT (WAVESHARE, 2015). 32
Figura 13 – STEVAL-ESC001V1 (STMICROELECTRONICS, 2018). 33
Figura 14 – Interconexões entre os componentes presentes na central de controle (Autoria Própria). 33
Figura 15 – Interconexões entre os componentes presentes no drone (Autoria Própria). 35
Figura 16 – Diagrama Funcional do Sistema de Carregamento Off-Grid (Autoria própria com imagens do site NeoSolar) 42
Figura 17 – Diagrama Unifilar do Sistema de Carregamento Off-Grid (Autoria Própria) 43
Figura 18 – Comparação entre os tipos de baterias com relação às densidades energéticas.(BEGGI; LOISEL; NGUYEN, 2018) 44
Figura 19 – Baterias 45
Figura 20 – Chassi do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA) 53
Figura 21 – Vista isométrica do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA) 53
Figura 22 – Vista frontal do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA) 54
Figura 23 – Vista lateral do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA) 54
Figura 24 – Vista traseira do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA) 54
Figura 25 – Vista superior do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA) 55

Figura 26 – Vista inferior do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA) . . . 55
Figura 27 – Modelo inicial da central de controle (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA) . . . 56
Figura 28 – Direções Ortotrópicas (Autoria própria) . . . 58
Figura 29 – Chanfro PETG HY 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software Ansys) . . . 60
Figura 30 – Chanfro ABS HY 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software Ansys) . . . 60
Figura 31 – Perfil 30303 PETG HX 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software Ansys) . . . 66
Figura 32 – Cordenadas dos frames (Autoria própria) . . . 66
Figura 33 – Frame v1 PETG HX 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando os Softwares SOLIDWORKS e Ansys) . . . 68
Figura 34 – Frame v2 PETG HY 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando os Softwares SOLIDWORKS e Ansys) . . . 68
Figura 35 – Frame v3 PETG HX 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando os Softwares SOLIDWORKS e Ansys) . . . 69
Figura 36 – Hélice (DEMOLINARI, 2016) . . . 71
Figura 37 – Entradas (Autoria própria, calculado utilizando o Software E-calc) . . . 71
Figura 38 – Resultados (Autoria própria, calculado utilizando o Software E-calc) . . . 72
Figura 39 – Representação das constantes para cálculo do momento de inércia (SILVA; CORDEIRO, 2019) . . . 75
Figura 40 – Geometria Montada Vista Isométrica (Autoria própria, desenvolvido utilizando o SOLIDWORKS e visualizada a partir do Software ANSYS) 77
Figura 41 – Geometria Montada Vista Lateral (Autoria própria, desenvolvido utilizando o SOLIDWORKS e visualizada a partir do Software ANSYS) . 77
Figura 42 – Geometria Montada Vista Superior (Autoria própria, desenvolvido utilizando o SOLIDWORKS e visualizada a partir do Software ANSYS) . 78
Figura 43 – Geometria Montada Vista Inferior (Autoria própria, desenvolvido utilizando o SOLIDWORKS e visualizada a partir do Software ANSYS) . 78
Figura 44 – Perfil 30303 PETG HX 4,59N (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software Ansys) . . . 79
Figura 45 – Frame v3 PETG HX 4,59N (Autoria própria, desenvolvido utilizando os Softwares SOLIDWORKS e Ansys) . . . 79
Figura 46 – Geometria Montada PETG HX 4,59N (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Softwares SOLIDWORKS e Ansys) . . . 80
Figura 47 – Diagrama de casos de uso do mapeamento (Autoria própria) . . . 83
Figura 48 – Diagrama de casos de uso da situação de emergência (Autoria própria) 84

Figura 49 – Diagrama de casos de uso do retorno autônomo (Autoria própria) . . . 85
Figura 50 – Diagrama de Atividades (Autoria própria) 85
Figura 51 – Diagrama de classes (Autoria própria) 86
Figura 52 – Representação de retorno com obstáculo (Autoria própria) 87
Figura 53 – Estrutura (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software SOLIDWORKS) 101
Figura 54 – Chassi (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software SOLIDWORKS) 102
Figura 55 – Braço (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software SOLIDWORKS) 103
Figura 56 – Perna (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software SOLIDWORKS) 104
Figura 57 – Case (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software SOLIDWORKS) 105

Lista de tabelas

Tabela 1 – Matriz de riscos 17
Tabela 2 – Tabela de impacto de risco (NAPOLEãO, 2019) 18
Tabela 3 – Tabela de probabilidade de risco 18
Tabela 5 – Cronograma Geral 24
Tabela 6 – Tabela de definições para I^2C. Fonte: (NXP SEMICONDUCTORS, 2014) 37
Tabela 7 – Custos do Sistema de Carregamento Off-Grid - (Autoria Própria) . . . 43
Tabela 8 – Custo para o drone 45
Tabela 9 – Matriz de decisão para modelo estrutural (Autoria própria) 48
Tabela 10 – Propriedades Matéria Prima - Grãos (3DLAB, entre 2013 e 2019) (ENSINGERPLASTICS, 20–?) 51
Tabela 11 – Resultados ensaios em corpos de provas impresso (3DLAB, entre 2013 e 2019)(ENSINGERPLASTICS, 20–?) 51
Tabela 12 – Dimensionamento inicial de peso do projeto (Autoria própria com os dados dos links referenciados) 52
Tabela 13 – Propriedades Ortotrópicas (SANTOS et al., entre 2020 e 2021) 58
Tabela 14 – Propriedades da Malha (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys) 59
Tabela 15 – Dimensões do Mac 2 Pro (DJI, entre 2020 e 2021) 59
Tabela 17 – Resultados das Simulações dos Braços com ABS H = x; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys) 62
Tabela 18 – Resultados das Simulações dos Braços com ABS H = y; V = x; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys) 62
Tabela 19 – Resultados das Simulações dos Braços com PETG H = x; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys) 63
Tabela 21 – Resultados das Simulações dos Braços com PETG H = y; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys) 64
Tabela 22 – Resultados das Simulações dos Frames com ABS H = x; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys) 66
Tabela 23 – Resultados das Simulações dos Frames com ABS H = y; V = x; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys) 67
Tabela 24 – Resultados das Simulações dos Frames com PETG H = x; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys) 67
Tabela 25 – Resultados das Simulações dos Frames com PETG H = y; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys) 67
Tabela 26 – Entradas (Autoria própria, calculado utilizando o Software E-calc) . . 73
Tabela 27 – Motor e hélice (Autoria própria, calculado utilizando o Software E-calc) 73

Tabela 28 – Resultados simulação E-calc (Autoria própria, calculado utilizando o Software E-calc) 74
Tabela 29 – Constantes para cálculo do momento de inércia (Autoria própria) . . . 76
Tabela 30 – Momentos de inércia (Autoria própria) 76
Tabela 31 – Resultados das simulações da geometria otimizada (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys) 79
Tabela 32 – Requisitos Funcionais (Autoria própria) 96
Tabela 33 – Requisitos não Funcionais (Autoria própria) 96
Tabela 36 – Backlog de software (Autoria própria) 99
Tabela 38 – Casos de uso (Autoria própria) 100

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	*Associação Brasileira de Normas Técnicas*
ABS	*Acrilonitrila Butadieno Estireno*
I^2C	*Inter Integrated Circuit*
NBR	*Norma Brasileira*
PLA	*Poliácido láctico*
PETG	*Politereftalato de etileno*
PEEK	*Poli(éter-éter-cetona)*
PWM	*Pulse Width Modulation*
v1	*Versão 1*
v2	*Versão 2*
v3	*Versão 3*
HX	*Quando "H" representa a direção "x"*
HY	*Quando "H" representa a direção "y"*
2D	*2 Dimensões*
3D	*3 Dimensões*
UART	*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*
CAD	*Channel Activity Detection*
LBT	*Listen Before Transmission*
LTE	*Long Term Evolution*
CSS	*Chirp Spread Spectrum*
LoRa	*Long Range*
LPWAN	*Low Power Wide Area Network*
IRQ	*Interrupt Request*
STC	*Condições Padrões de Teste*

Lista de símbolos

g	Grama
V	Unidade de tensão elétrica
m	Metro
cm	Centímetro
MPa	Megapascal
$R\$$	Real
kg	Quilograma
$^{\circ}C$	Grau Celsius
$ShoreD$	Escala de dureza
Vcc	Tensão em Corrente Contínua
Vca	Tensão em Corrente Alternada
A	Ampère
Ah	Ampère-hora
W	Watt
Wh	Watt-hora
Wp	Watt-pico
mm	Milímetros
N	Newton
σ	Tensão
Δ	Variação
σadm	Tensão Admissível
σesc	Tensão de Escoamento
$\sigma encont$	Tensão Encontrada na Simulação

I_{xx}	Momento de Inércia em Relação ao Eixo x
I_{yy}	Momento de Inércia em Relação ao Eixo y
I_{zz}	Momento de Inércia em Relação ao Eixo z
rpm/V	Rotações por Minuto por Volts
Ohm	Unidade de medida de Resistência Elétrica
m/s	Metro por Segundo
g/W	Grama por Watt

Sumário

1 INTRODUÇÃO . . . 13
1.1 Objetivo geral . . . 14
1.1.1 Objetivos Específicos . . . 14
1.2 Apresentação do projeto . . . 14

2 PLANEJAMENTO . . . 15
2.1 Justificativa . . . 15
2.2 Objetivo . . . 15
2.3 Descrição Resumida do Projeto . . . 15
2.4 Requisitos Gerais . . . 15
2.5 Stakeholders . . . 16
2.6 Restrições . . . 16
2.7 Premissas . . . 16
2.8 Matriz de riscos . . . 17
2.8.1 Tabela de impacto . . . 18
2.8.2 Tabela de probabilidade . . . 18
2.8.3 Riscos . . . 18
2.9 Ferramentas . . . 20
2.10 Estrutura Analítica do Projeto (EAP) . . . 21
2.11 Organograma . . . 22
2.12 Cronograma Geral . . . 23

3 ELETRÔNICA . . . 25
3.1 Definição de Componentes . . . 25
3.1.1 Central de Controle . . . 25
3.1.2 Drone . . . 29
3.2 Interconexão dos Componentes . . . 33
3.2.1 Central de Controle . . . 33
3.2.2 Drone . . . 34
3.3 Protocolos de Comunicação . . . 36
3.3.1 Protocolo I2C . . . 36
3.3.2 UART . . . 38
3.3.3 LoRa . . . 38

4 ENERGIA . . . 41
4.1 Sistema de Carregamento Off-Grid . . . 41

4.1.1 Painel Fotovoltaico . . . 41
4.1.2 Controlador de Carga e Inversor . . . 41
4.2 Aplicação no Projeto . . . 41
4.2.1 Custos do Sistema de Carregamento Off-Grid . . . 43
4.3 Bateria do Drone . . . 43
4.3.1 Custos para o drone . . . 45

5 ESTRUTURA . . . 46
5.1 Modelo estrutural . . . 46
5.1.1 Asa Rotativa ou Multirotor . . . 46
5.1.2 Asa Fixa . . . 47
5.2 Material da estrutura . . . 49
5.2.1 ABS . . . 49
5.2.2 PLA . . . 49
5.2.3 PETG . . . 50
5.2.4 PEEK . . . 50
5.3 Dimensionamento inicial de peso . . . 52
5.4 Ideia inicial de estrutura . . . 53
5.5 Modelo Inicial da central de controle . . . 55
5.6 Otimização da estrutura . . . 55
5.7 Simulação para análise estrutural . . . 56
5.7.1 Método dos elementos finitos: . . . 56
5.7.2 Critério de falha: . . . 57
5.7.2.1 Falha por carregamento estático: . . . 57
5.7.2.1.1 Teoria da Tensão Normal Máxima (TNM) . . . 57
5.7.2.1.2 Teoria da Energia de Distorção (TED) . . . 57
5.7.3 Material ortotrópico . . . 57
5.7.4 Malha . . . 58
5.8 Braço do drone . . . 59
5.8.1 Simulações do braço . . . 59
5.8.2 Resultados . . . 61
5.8.3 Escolha do Braço . . . 64
5.8.3.1 Geometria . . . 64
5.8.3.2 Material . . . 64
5.8.3.3 Direções Ortotrópicas . . . 65
5.8.3.4 Fator de segurança . . . 65
5.9 Frame . . . 65
5.9.1 Resultados . . . 65
5.9.2 Geometria . . . 68
5.9.3 Material . . . 68

5.9.4 Direções Ortotrópicas . . . 69
5.9.5 Fator de Segurança . . . 69
5.10 Autonomia de voo . . . 69
5.10.1 Motores e hélices . . . 69
5.11 Análise analitica . . . 74
5.11.1 Empuxo . . . 74
5.11.2 Força de empuxo . . . 74
5.11.3 Momento de inércia . . . 75
5.12 Geometria otimizada . . . 76
5.13 Validação da geometria otimizada . . . 78
5.14 Classificação do drone . . . 80
5.15 Definições de normas . . . 80

6 SOFTWARE . . . 82
6.1 Arquitetura de Software . . . 82
6.1.1 Finalidade . . . 82
6.1.2 Escopo . . . 82
6.1.3 Dispositivos e serviços . . . 82
6.1.4 Visão Geral . . . 83
6.1.5 Casos de uso . . . 83
6.1.6 Visão Lógica . . . 85
6.1.7 Visão da Implementação . . . 85
6.1.7.1 Diagrama de classes . . . 86
6.2 Arquitetura da Informação . . . 86
6.3 Inovação . . . 87

REFERÊNCIAS . . . 88

7 APÊNDICE . . . 95
7.1 Software . . . 95
7.1.1 Principais decisões de software . . . 95
7.1.2 Requisitos de Software . . . 96
7.1.3 Backlog . . . 97
7.1.4 Tabela de casos de uso . . . 99
7.2 Estrutura . . . 100
7.2.1 Visões 2D do drone . . . 100

1 Introdução

Drone é o nome dado a um veículo aéreo não tripulável que é controlado por um usuário a curtas, médias ou longas distâncias (PRUDKIN; BREUNIG, 2019). Nos últimos anos drones se tornaram itens populares no dia a dia, uma tecnologia até então restrita a operações militares ganhou notoriedade no grande público fazendo parte do cotidiano de civis.

Em suas aplicações militares, em geral, drones começaram a ser utilizados para levar suprimentos e no auxílio de vigilância em períodos de guerra, mas com a expansão de pesquisas e tecnologias começou a ganhar incrementos que moldaram os modelos de drones que muitos conhecem hoje, sempre acompanhados por um controle remoto moderno, uma câmera de alta resolução, podendo ser operados por usuários com o básico de entendimento sobre o hardware para realização de captação de imagens em altura.

Os drones se tornaram ferramentas de auxílio a proteção ambiental, filmagens cinematográficas e recreação (FERREIRA, 2017). Um outro segmento o qual os drones estão aparecendo são as entregas domiciliares. Em Agosto de 2020 foi divulgado pela Administração Federal de Aviação dos Estados Unidos que a empresa Amazon recebeu autorização para operar sua frota de drones para entrega, Prime Air, para realizar o transporte de pequenas encomendas (PALMER, 2020). Alguns exemplos de uso no Brasil podem ser vistos no WWF-Brasil, uma ONG com trabalho voltado ao incentivo a conservação da biodiversidade, que utiliza drones para realizar monitoramento em territórios na Amazônia e no Cerrado. E em 2020 passou a utiliza-los no auxílio a proteção contra o desmatamento e queimadas na região do pantanal.(WWFBRASIL, 2021)

Com essas aplicações é possível ver que a tecnologia presente nesses veículos pode continuar a ser ampliada para além de mapeamento de áreas de proteção ambiental e usos militares, os drones também pode ter seu uso expandido para outros nichos, um deles é a busca e reconhecimento. Em 2019 após o rompimento da barragem do Vale do Córrego do Feijão, em Brumadinho, Minas Gerais, a aeronáutica convocou operadores de drones para auxiliarem na leitura da área diante da quantidade reduzida de helicópteros no início da operação (ITARC, 2019).

1.1 Objetivo geral

Construir um drone para mapeamento de terrenos em situações de busca e reconhecimento.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Auxiliar o panejamento e atuação de equipes de resgate com o mapeamento realizado pelo drone.
- Garantir que o drone tenha autonomia no caso de perca de contato com a central de controle.
- Projetar um sistema de carregamento off-grid para central de controle.

1.2 Apresentação do projeto

O projeto Damte, abreviação de drone auxiliar de mapeamento terrestre, traz a proposta de apresentar um modelo de drone quadricóptero auxiliar que poderá ser controlado por equipes de resgate para mapeamento de regiões de risco durante missões de busca e reconhecimento.

O Damte é formado por:

- Drone
- Central de controle
- Sistema de carregamento off-grid

As informações captadas pelo drone durante o voo quando enviadas para central de controle poderão ser agrupadas e criar mapas 3D da região de resgate. Com o mapeamento realizado pelo drone espera-se que as equipes possam traçar rotas de atuação com as informações fornecidas para a central de controle no intervalo entre voos, garantindo mais segurança na missão.

O sistema de carregamento off-grid é uma garantia de que mesmo com o drone atuando em regiões isoladas ou com falta de suprimentos, a central de controle possa ser mantida em funcionamento.

2 Planejamento

2.1 Justificativa

Missões de salvamento exigem de equipes de resgate adaptação aos mais diferentes cenários, sejam eles escombros, inundações, deslizamentos de terra, profundidades e entre outros. Cenários que desafiam a capacidade do corpo humano, mas que podem ser contornados pelo uso de tecnologia, como drones, para aumentar a rapidez e eficiência da missão.

2.2 Objetivo

Projetar um drone para mapeamento de terrenos em situações de busca e reconhecimento.

2.3 Descrição Resumida do Projeto

O projeto Damte traz a proposta de apresentar um modelo de drone auxiliar que poderá ser controlado por equipes de resgate para mapeamento de regiões de risco durante missões de busca. Com o mapeamento realizado pelo drone espera-se que as equipes possam traçar rotas de atuação com as informações fornecidas para o controlador no intervalo entre voos, garantindo mais segurança na missão. O Damte será composto por um drone, controlador, e um sistema de carregamento off-grid, que poderá ser utilizado para manter o funcionamento da central de controle em situações extremas, como regiões isoladas ou falta de suprimentos.

2.4 Requisitos Gerais

- O drone tem que servir de apoio às equipes de resgate;
- O drone precisa coletar dados para reprodução de terrenos em 3D;
- O drone precisa ter estrutura que preserve seus os sensores;
- O drone precisa ser otimizado para alcance e tempo de voo;
- O drone precisa ter a estrutura leve para maximizar durabilidade;
- O drone precisa ter medidas de segurança para caso haja perda de sinal;

- A central de controle precisa se comunicar com o drone;
- A central de controle precisa ser otimizada para um maior alcance;
- A central de controle precisa manter um nível de estabilidade na comunicação;
- A central de controle precisa apresentar uma interface;
- A central de controle precisa ter um controle de fácil manuseio;
- A central de controle precisa reunir os dados e apresentá-los ao controlador;

2.5 Stakeholders

- Bombeiros Civis
- Defesa Civil
- Populações atingidas por situações adversas que necessitem de equipes de resgate

2.6 Restrições

- A comunicação entre o drone e a central possui um alcance limitado;
- O drone perde atuação em condições climáticas: alta velocidade de ventos e tempestades;
- O drone possui restrições de bateria;

2.7 Premissas

- O drone sempre poderá mapear terrenos;
- O drone conseguirá retornar a base em caso de perca de contato;
- O drone terá telemetria para sua altura, aceleração, inclinação e pressão;
- A central de controle deve ser portátil;
- A central de controle deve ser carregada pelo sistema de carregamento off grid quando necessário;

2.8 Matriz de riscos

A Matriz de Riscos ou Matriz de Probabilidade e Impacto é uma ferramenta de gerenciamento de riscos que permite de forma visual identificar quais são os riscos que devem receber mais atenção. Por se tratar de uma ferramenta para priorização de riscos, ela pode ser aplicada na etapa de avaliação de riscos. Dessa forma, a identificação dos riscos é uma etapa que deve ser feita antes da aplicação da ferramenta.(NAPOLEãO, 2019)

O grande diferencial da Matriz de Riscos é a facilidade que ela proporciona para visualizar informações sobre um determinado conjunto de riscos. Por se tratar de uma ferramenta gráfica, se torna fácil identificar quais riscos irão afetar menos ou mais a organização, possibilitando a tomada de decisões e a realização de medidas preventivas para tratar esses riscos. Além disso, por ser uma ferramenta de fácil entendimento e por dispor informações de forma clara e precisa, colabora com engajamento da equipe no processo de gestão de riscos.(NAPOLEãO, 2019)

A matriz de risco consiste em uma matriz (tabela) orientada por duas dimensões: probabilidade e impacto. Por meio dessas duas dimensões, é possível calcular e visualizar a classificação do risco, que consiste na avaliação do impacto versus a probabilidade. (NAPOLEãO, 2019)

Abaixo está representada na tabela 1 a matriz de riscos referente ao projeto Damte.

Impacto / **Probabilidade**	**Baixo**	**Médio**	**Alto**
Rara		Risco 08	Risco 01
Baixa	Risco 06	Risco 07	Risco 05
Média	Risco 03 Risco 04	Risco 02	

Tabela 1 – Matriz de riscos

2.8.1 Tabela de impacto

Descrição	**Impacto**
Impacto baixo, risco reversível em curto e médio prazo com custos pouco significativos	Baixo
Impacto médio, risco reversível em curto e médio prazo com custos baixos.	Médio
Impacto alto, risco reversível em curto e médio prazo com custos altos.	Alto

Tabela 2 – Tabela de impacto de risco (NAPOLEãO, 2019)

2.8.2 Tabela de probabilidade

Descrição	**Probabilidade**
Rara	1% a 10%
Baixa	11% a 35%
Média	36% a 60%
Alta	61% a 85%

Tabela 3 – Tabela de probabilidade de risco

2.8.3 Riscos

- Risco 01: Saída de membro da equipe
  - Probabilidade: Rara
  - Impacto: Alto
  - Origem: Organizacional
  - Plano de mitigação: Manter boa comunicação com a equipe em relação a impedimentos e sobrecarga.
  - Plano de contingência: Alocar tarefas do integrante que saiu para pessoas quetenham capacidade de realizar tais tarefas no espaço de tempo restante baseadoem afinidade com a tarefa e tempo disponível.
- Risco 02: Falha de comunicação entre diretorias
  - Probabilidade: Média

  - Impacto: Médio
  - Origem: Organizacional
  - Plano de mitigação: Tentar incentivar a equipe via meios de comunicação utilizados pelo grupo.
  - Plano de contingência: Organizar reunião para esclarecer possíveis problemas e conflitos.

- Risco 03: Tempo insuficiente para entrega
  - Probabilidade: Baixa
  - Impacto: Médio
  - Origem: Organizacional
  - Plano de mitigação: Distribuição correta do trabalho e comprometimento dos integrantes responsáveis
  - Plano de contingência: As diretorias são responsáveis por organizar e gerenciar seus prazos, caso seja necessário podem alterar com aviso prévio, respeitando o prazo geral de entrega.

- Risco 04: Sobrecarga de demanda
  - Probabilidade: Baixa
  - Impacto: Médio
  - Origem:Organizacional
  - Plano de mitigação: Planejamento conciso às atividades, competências e capacidades da equipe
  - Plano de contingência: Reorganização das atividades dentro da diretoria e, se necessário, retirada de atividades.

- Risco 05: Mudança no escopo
  - Probabilidade: Baixa
  - Impacto: Alto
  - Origem: Organizacional
  - Plano de mitigação: Fazer um planejamento com o mínimo de falhas possíveis e que deixe espaço para reagendamentos e mudanças caso necessário.
  - Plano de contingência: Se for identificado que é necessário realizar alguma mudança no escopo do projeto deve ser realizada uma reunião geral com toda equipe do projeto, e pro-posta deve ser aprovada pela maioria simples e em seguida apresentada aos professores.

- Risco 06: Falta do mínimo de lumens para reconhecimento do terreno
  - Probabilidade: Baixa
  - Impacto: Baixo
  - Origem: Projeto
  - Plano de mitigação: Estudo da implementação de uma luminária portátil movida a bateria independente do sistema
  - Plano de contingência: Mudança de posição para um ângulo onde seja possível captar lumens dos corpos celestes para reconhecimento visual
- Risco 07: Alto consumo dos componentes da bateria
  - Probabilidade: Baixa
  - Impacto: Médio
  - Origem: Projeto
  - Plano de mitigação: Procura de componentes de baixo consumo que atendam aos requisitos mínimos do sistema.
  - Plano de contingência: Utilização de baterias com maior capacidade, aumentando a duração de sua carga.
- Risco 08: Ambientes com alta interferência de dados
  - Probabilidade: Rara
  - Impacto: Grande
  - Origem: Projeto
  - Plano de mitigação: Utilização de transceptor em uma faixa de frequência onde haja menos interferências.
  - Plano de contingência: Desenvolvimento de sistema de amplificação e filtragem do sinal para diminuir influência das interferências

2.9 Ferramentas

Durante a realização do projeto, foram utilizadas algumas ferramentas para auxiliar tanto o processo de desenvolvimento quanto o de planejamento. Essas ferramentas estão listadas a seguir.

- Overleaf: Editor LaTeX colaborativo baseado em nuvem usado para escrever, editar e publicar documentos científicos (OVERLEAF, 2020).

- Github: Plataforma de hospedagem de código-fonte e arquivos com controle de versão usando o Git (GITHUB, 2020). Os arquivos utilizados no projeto podem ser encontrados neste repositório.
- LucidChart: Plataforma online para criação de diagramas e fluxogramas (LUCIDCHART, 2021).
- CATIA: Software utilizado para modelagem 3D, aplicações de design usado nas áreas de engenharia (DASSAULTSYSTEMES, 2020a).
- ANSYS: Software destinado a todos os campos da engenharia que requerem a simulação no desenvolvimento de produtos e processos (ESSS, 2020).
- E-Calc: Software utilizado para avaliar e projetar motores elétricos e hélices para drones (ECALC, 2020).
- SOLIDWORKS: Software utilizado para modelagem 3D, aplicações de design usado nas áreas de engenharia (DASSAULTSYSTEMES, 2020b).

2.10 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

A EAP é uma subdivisão hierárquica do trabalho do projeto em partes menores, mais facilmente gerenciáveis. Seu objetivo primário é organizar o que deve ser feito para produzir as entregas do projeto (JUSTO, 2018).

Abaixo está representada na figura 1 a EAP referente ao projeto Damte, e nela pode-se observar a divisão de tarefas por área adotada pelo grupo que consiste em:

- Organização ou planejamento
- Estrutura
- Eletrônica
- Energia
- Software

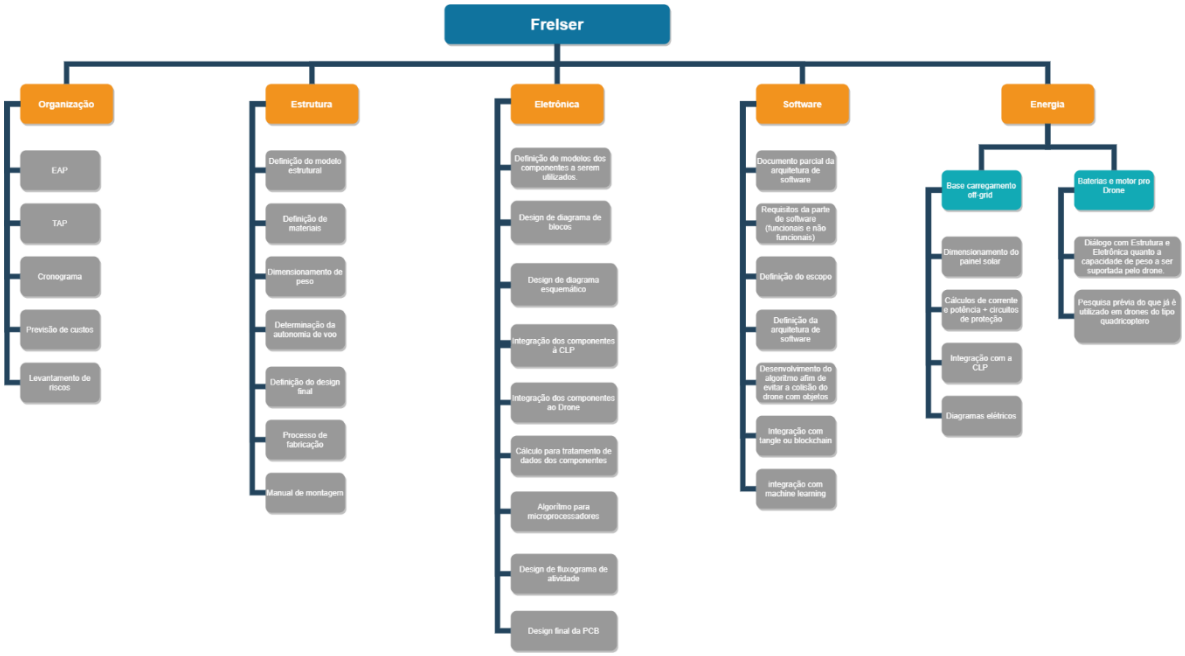

Figura 1 – Estrutura Analítica do Projeto.

2.11 Organograma

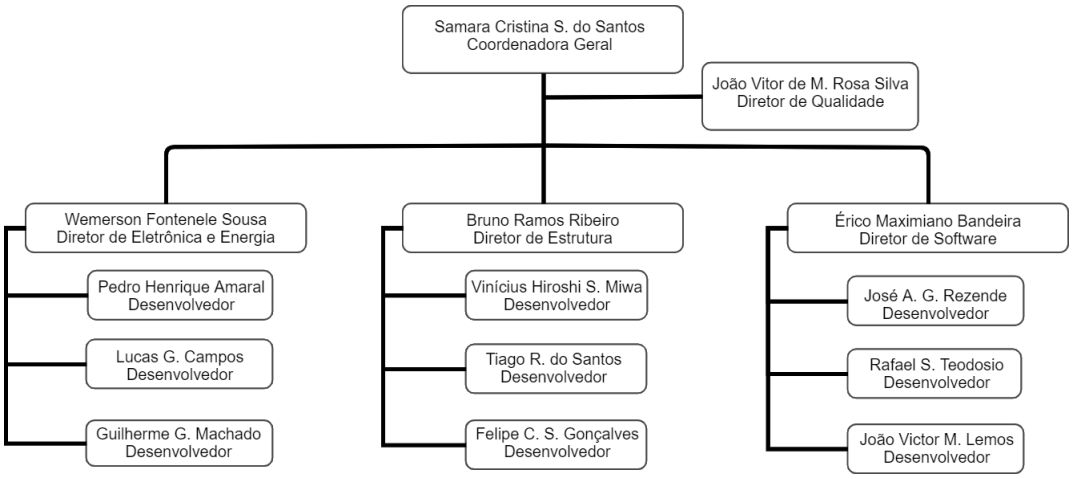

Figura 2 – Organograma.

2.12 Cronograma Geral

(continua)

Área	**Atividade**	**Entrega**
Planejamento	EAP	Ponto de Controle 1
	TAP	Ponto de Controle 1
	Cronograma Geral	Ponto de Controle 1
	Previsão de Custos	Ponto de Controle 1
	Levantamento de riscos	Ponto de Controle 1
Energia	Reunião com Estrutura e Eletrônica quanto a capacidade de peso a ser suportada pelo drone.	Ponto de Controle 2
	Dimensionamento da bateria para o drone	Ponto de Controle 2
	Dimensionamento do Painel Solar	Ponto de Controle 2
	Diagramas elétricos	Ponto de Controle 2 e 3
	Integração com a central de controle	Ponto de Controle 3
Estrutura	Definição do modelo estrutural	Ponto de Controle 1
	Determinação de materiais	Ponto de Controle 1
	Definição do design final	Ponto de Controle 2
	Dimensionamento do peso	Ponto de Controle 2
	Determinação da autonomia de voo	Ponto de Controle 2
	Processo de fabricação	Ponto de Controle 3
	Manual de montagem	Ponto de Controle 3
Eletrônica	Definição de modelos dos componentes a serem utilizados.	Ponto de Controle 1
	Design de diagrama de blocos	Ponto de Controle 2
	Design de diagrama esquemático	Ponto de Controle 2
	Integração dos componentes à central de controle	Ponto de Controle 2
	Integração dos componentes ao Drone	Ponto de Controle 2
	Cálculo para tratamento de dados dos componentes	Ponto de Controle 3
	Algoritmo para microprocessadores	Ponto de Controle 3
	Design de fluxograma de atividade	Ponto de Controle 3
	Design final da PCB	Ponto de Controle 3

(conclusão)

Área	**Atividade**	**Entrega**
Software	Definição do escopo	Ponto de Controle 1
	Definição da arquitetura de software	Ponto de Controle 2
	Definição das funções e algoritmos a serem desenvolvidos	Ponto de Controle 2
	Integração com eletrônica	Ponto de Controle 3
	Desenvolvimento de códigos	Ponto de Controle 3

Tabela 5 – Cronograma Geral

3 Eletrônica

A área de eletrônica tem participação em duas frentes do projeto, o drone e a central de controle. Ficando responsável por definir os componentes que melhor se adequem ao projeto, e através das especificações destes, trabalhar na interconexão dos componentes, definindo os protocolos de comunicação utilizados, assim como qualquer adaptação necessária para a a realização destas interconexões. Além disso, a área de eletrônica trabalhará, integrada à área de software, no desenvolvimento dos códigos de programação necessários para a finalização do projeto, sempre visando atender os requisitos de comunicação e controle, além da captação e apresentação de dados.

3.1 Definição de Componentes

Com a exceção do transceptor escolhido para a realização da comunicação entre a central de controle e o drone, os componentes foram definidos separadamente para cada uma das frentes, sempre tendo em mente atingir os requisitos do projeto.

3.1.1 Central de Controle

A central de controle teve seus componentes definidos visando disponibilizar uma boa interface para o usuário, uma boa capacidade de processamento e comunicação com o drone. Para tanto, a escolha de componentes foi dividida em duas etapas, sendo elas interface e computador e comunicação, como estão melhor explicados abaixo:

Interface: Parte responsável pela apresentação dos dados recebidos do drone, além da disponibilização de componentes para o controle deste, ou dos dados a serem apresentados. Para tal parte, foram escolhidos como componentes eletrônicos:

- Monitor Portátil BlitzWolf BW-PCM3 - 15,6"FHD (Figura 3): Será o componente responsável pela apresentação de dados ao usuário da central de controle, contando com uma tela de 15.6 polegadas, proporção de tela 16:9, e resolução 1920x1080 Full HD (BLITZWOLF, 2020). Sendo escolhido principalmente devido ao seu tamanho médio, que gera praticidade na movimentação da central, mas sem dispensar um tamanho e resolução bons o suficiente para que seja possível a visualização dos dados recebidos do drone, sem perda de detalhes;

Figura 3 – Monitor Portátil BlitzWolf BW-PCM3 (BLITZWOLF, 2020).

- Chaves tácteis KFC-A06 (Figura 4): Que funcionam de maneira a abrir ou fechar um circuito, dependendo do fato deste ser pressionado ou não (DAIER, 2017). Este será então utilizado para enviar comandos diretos, como a seleção dos dados a serem apresentados no *display*, devido à sua praticidade, baixo custo e confiabilidade;

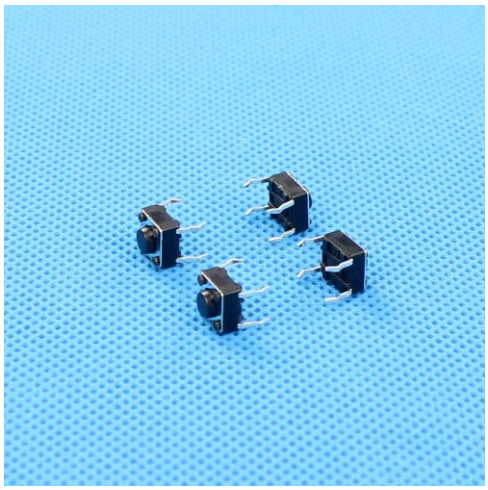

Figura 4 – Chaves tácteis KFC-A06 (DAIER, 2017).

- Módulo *joystick* KY-023 (Figura 5): Que se trata de um módulo que possui dois potenciômetros que variam sua resistência gradualmente a depender de uma movimentação em uma espécie de manche vertical posicionado em seu centro, sendo esses movimentos direcionais, positivos ou negativos, nos eixos de coordenadas cartesianas X e Y, com sua saída variando a depender da intensidade dessa movimentação, além de possuir uma chave táctil em seu centro, que pode ser pressionada para o controle de movimentações no eixo Z, ou ativação de qualquer outra função (JOY-IT, 2017). Sendo assim, este módulo foi escolhido por permitir o controle da movimentação do drone da maneira que o usuário desejar.

Figura 5 – Módulo *joystick* KY-023(JOY-IT, 2017).

Computador e comunicador: Esta parte é responsável por realizar a comunicação com o drone para controle deste, e recepção dos dados obtidos, trabalhando integrada a interface da central de controle para realizar esta tarefa. Para tal parte, foram escolhidos como componentes eletrônicos:

- Raspberry PI 3B+ (Figura 6): Se trata de um computador reduzido, integrado em uma única placa, possuindo entradas HDMI, USB, além de pinos como portas próprias para comunicação com dispositivos eletrônicos, além disso, possui uma processador quad-core trabalhando na frequência de 1.4 GHz, e 1 GB de memória RAM (RASPBERRY.ORG, 2018). Devido à esses fatores, esta placa foi escolhida, pois atende às necessidades de uma boa capacidade de processamento para trabalhar com imagens, além de uma conexão com os demais componentes eletrônicos facilitada devido às suas entradas próprias para tal;

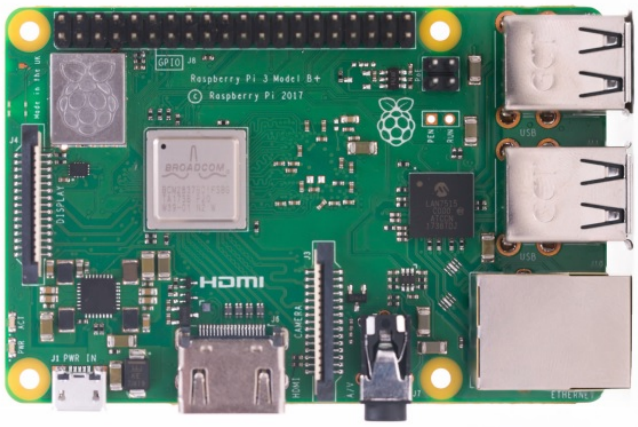

Figura 6 – Raspberry PI 3B+ (RASPBERRY.ORG, 2018).

- Conversor analógico digital (AD) CJMCU- ADS1015 (Figura 7): Se trata de um módulo baseado no chip conversor analógico digital de 12 bits de precisão da Texas Instruments (TI). Um conversor analógico digital se trata de um sistema que converte um sinal analógico em um sinal digital quantizando os valores analógicos

em um equivalente digital, representados por uma determinada quantidade de bits, onde cada bit representa uma casa do valor analógico (INSTRUMENTS, 2018). Possuindo, entretanto, alguns pontos que afetam a precisão dessa representação digital do sinal, sendo que para este trabalho, a principal influência é a incerteza de quantização, que ocorre devido ao número limitado de bits para representar o valor analógico, o que faz com que valores muito pequenos não possam ser representados, e esta incerteza é de ±50% do bit menos significativo, ou *least significative bit* (LSB), que pode ser calculado pela equação 3.1.1, onde n é o número de bits do conversor, e V_{ET} é a tensão de entrada de escala total (INSTRUMENTS, 2015). Um conversor se faz necessário para realizar a interconexão entre a Raspberry PI e os potenciômetros do módulo joystick, pois estes tem em suas saídas sinais analógicos, e a Raspberry PI só possui entradas digitais, além disso, este ainda será utilizado para a medição da tensão da bateria, para identificar a sua porcentagem, para indicar o momento de recarregar o dispositivo. Este módulo em específico foi escolhido por possuir 12 bits de precisão, o que resulta em um baixo LSB, e quatro entradas analógicas, removendo a necessidade do uso de múltiplos dispositivos de conversão.

$$LSB = \frac{V_{ET}}{2^n} \; [V] \tag{3.1}$$

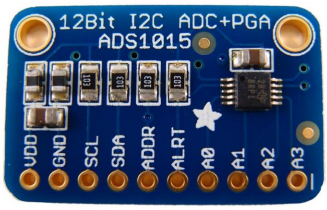

Figura 7 – Conversor analógico digital CJMCU-ADS1015(PIBITS, 2016).

- Módulo Raspberry PI Long Range (LoRa) HAT SX1262 915MHz (Figura 8): que se trata de um módulo de encaixe próprio para placas Raspberry PI, que possui como principal componente o chip transceptor SX1262 que possui um alcance de até 5Km (WAVESHARE, 2020). Sendo que seu transceptor trabalha na frequência de 915 MHz, utilizando-se da técnica de modulação LoRa, que permite sua aplicação em comunicações de longo alcance, com baixo consumo energético, sendo este estimado como sendo 13 [mW] quando ativo (SEMTECH, 2019). Com isso, temos que este módulo atende as principais necessidades do projeto, que são um bom alcance na comunicação, e um baixo consumo energético.

Figura 8 – Módulo LoRa HAT SX1262 (WAVESHARE, 2020).

3.1.2 Drone

A frente do drone teve seus componentes definidos visando disponibilizar sempre um baixo consumo e peso, para não sobrecarregar o drone em termos de peso e bateria, sem perder qualidade em termos de controle e obtenção de dados pelo drone, sendo a escolha de componentes subdividida em quatro etapas, sendo elas: o mapeador de terreno, o receptor de imagens, os sensores, os controladores e o computador e comunicador. Que tem seu funcionamento explicado abaixo:

Mapeador de terreno: Esta parte é responsável por fazer mapeamento 3D do terreno, desenvolvido para o planejamento logístico de resgate. Consistindo de uma estrutura que se move lateralmente, para conseguir obter dados sobre o terreno em uma área abaixo do drone, e não apenas um único ponto. Foram escolhidos como componentes para realização desta tarefa:

- Módulo Light Detection And Ranging (Lidar) SF30/B (Figura 9): este módulo utiliza a tecnologia Lidar, que consiste na emissão de pulsos de laser, e na detecção do reflexo desses pulsos no sensor, e através do tempo levado para detectar o reflexo desses pulsos, é possível obter uma nuvem de pontos contendo informações sobre o que há entre o sensor, e o objeto que refletiu a luz emitida (COHEN, 2020). O módulo SF30/B,possui um alcance de 50m, permitindo que o drone permaneça a uma distância relativamente alta do solo, permitindo que o drone sobrevoe árvores, ou outros obstáculos, sem grandes preocupações de danos a este, além disso, o módulo conta com uma taxa de leituras ajustável que vai até uma taxa de 20010 leituras por segundo, e uma alta taxa se faz necessária para evitar que o drone reduza demais sua velocidade para a realização das leituras (LIGHTWARE, 2019).

Figura 9 – Módulo Lidar SF30/B (LIGHTWARE, 2019).

- Servo Motor TowerPro (TP) SG90 (Figura 10): servo motores são dispositivos eletromecânicos que podem produzir um torque e velocidade baseados na corrente e tensão aplicadas a estes, podendo ter movimentação controlada externamente, baseado em sua posição (KOLLMORGEN, 2020). Seu controle de movimentação baseada em sua posição se faz necessária para a realização das leituras, pois para a realização do mapeamento, é necessário saber o ponto sobre o qual está sendo feita essa leitura, para que seja possível uma reconstrução da área mapeada.O modelo em questão possui um bom torque, de 1.8kgf/cm, e uma velocidade que leva 0.1s para rotacionar 60º, possuindo torque suficiente para mover o sensor Lidar, e uma boa velocidade (TOWERPRO, 2014).

Figura 10 – Servo Motor TP SG90 (TOWERPRO, 2014).

Sensores: Esta parte é responsável pela obtenção de dados auxiliares ao controle do drone, assim como a identificação da posição do drone, para que seja possível a identificação do local onde o drone está obtendo os dados para mapeamento. Para isto, foi escolhido um componente que possui os principais sensores necessários para o controle de estabilidade e identificação da posição do drone integrados em um único circuito:

- Altimeter and Inertial Measurement Unit (AltIMU) da Pololu, o AltIMU-10 v5 (Figura 11): Que se trata de uma placa que contém integrados à ela o giroscópio e

acelerômetro de três eixos LSM6DS33, que será responsável por captar as acelerações e trepidações do drone, de modo a caso sejam captadas trepidações bruscas, seja possível controlar a movimentação do drone através de seu motor, de maneira a fazer com que este mantenha uma boa estabilidade. Além disso, o módulo possui ainda o magnetômetro LIS3MDL, responsável por realizar medições sobre os campos magnéticos próximos aos sensor, e o barômetro LPS25H, responsável por captar a velocidade do vento na região onde o drone vai estar posicionado (POLOLU, 2016). Com tais sensores, é possível possuir um bom sensoreamento sobre a inércia do drone, e este módulo possui a praticidade de possuir todos os sensores juntos em um único circuito integrado, o que diminui o espaço ocupado por estes, assim como o custo de compra dos componentes.

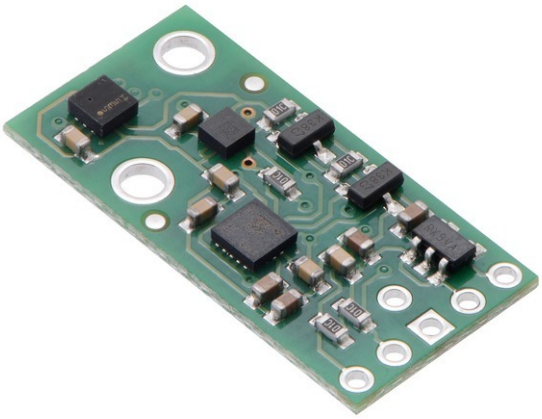

Figura 11 – Altímetro e acelerômetro LSM6DS33(POLOLU, 2016).

Computador e comunicador: Esta parte é responsável por realizar a comunicação com a central de controle, para recebimento dos comandos de movimentação, assim como o envio dos dados obtidos, trabalhando integrado aos sensores, o receptor de imagens e o mapeador de terreno para realizar estas tarefas. Para tal parte, foram escolhidos como componentes eletrônicos a Raspberry PI 3B+ e o módulo Raspberry PI LoRa HAT SX1262 915MHz, e o conversor AD CJMCU- ADS1015 para a medição da tensão e consequentemente da porcentagem de carga da bateria, assim como estes foram usados na central de controle.

Receptor de imagens: Esta parte é responsável pela obtenção de imagens em tempo real ao redor do drone, para o auxílio no controle de movimentação deste, além do possível auxílio à identificação de locais onde o mapeamento apresentou alguma complicação. O componente escolhido para esta parte foi:

- Módulo Raspberry PI Camera InfraRed-Cut-Off filter (IR-CUT) (Figura 12): Se trata de uma câmera específica para ser utilizada juntamente com as placas Rasp-

berry PI, contando com dois light-emitting diodes (LEDs) infravermelhos posicionados nas laterais da lente da câmera, que podem ser ativados e desativados para proporcionar uma boa imagem mesmo em situações de baixa luminosidade (WAVESHARE, 2015). Sendo escolhida devido a sua facilidade de conexão com a Raspberry PI, evitando a necessidade do uso de adaptadores para a conexão de uma câmera tradicional.

Figura 12 – Raspberry PI Camera IR-CUT (WAVESHARE, 2015).

Controladores: Esta parte é responsável por realizar o controle da velocidade dos motores, e consequentemente a movimentação do drone. Para tal, foram escolhidos para realizar esta tarefa os seguintes componentes:

- STEVAL-ESC001V1 - Electronic Speed Controller (ESC) (Figura 13): Se trata de um controlador de velocidade para motores *BrushLess Direct Current* (BLDC), motores não escovados de corrente contínua, totalmente programáveis que pode controlar a velocidade de motores com correntes de até 30A continuamente, com picos de corrente de até 40A, e tensão de entrada podendo ir de 11.1V à 22.2V (ST-MICROELECTRONICS, 2018). Este se faz necessário pois motores do tipo não escovado (definido pela área de estrutura), precisam de um controlador para aumentar ou diminuir sua velocidade, e este controle de velocidade é feito a depender da movimentação que espera-se ser realizada pelo drone.

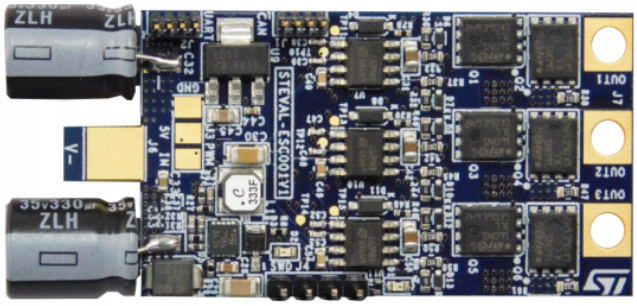

Figura 13 – STEVAL-ESC001V1 (STMICROELECTRONICS, 2018).

3.2 Interconexão dos Componentes

Com os componentes definidos, é necessário determinar como estes estarão interligados, protocolos de comunicação, e possíveis adaptações entre as conexões para que seja possível a realização do projeto. Portanto, as interconexões foram divididas entre o circuito presente no drone, e o circuito presente na central de controle.

3.2.1 Central de Controle

A frente da central de controle teve desenvolvido primeiramente um diagrama de blocos mostrando as interconexões dos componentes definidos, apresentado na Figura 14.

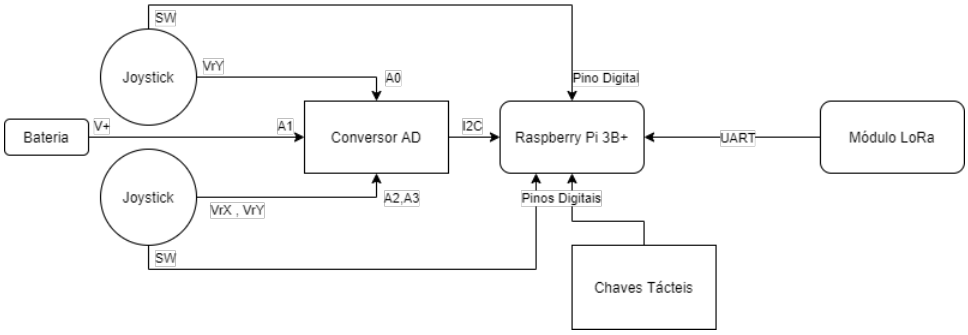

Figura 14 – Interconexões entre os componentes presentes na central de controle (Autoria Própria).

Estando primeiramente, centrados no computador reduzido Raspberry PI 3B+. que é o responsável por realizar a comunicação com os demais componentes, de maneira a interligar todas as etapas do projeto.

Relacionados à central de controle, está o uso de dois módulos *joystick* a serem utilizados para os comandos de movimentação do drone, o primeiro terá ambos seus eixos de movimentação utilizados para realizar comandos de movimentação direcionais do drone de ir para os lados, ou para frente e para trás, e o segundo joystick terá apenas um de seus eixos utilizados, no caso o eixo Y, para realizar o controle de altura do drone. Estes

estarão conectados à Raspberry PI ao passar os valores analógicos de tensão na saída dos pinos VrX ou VrY do módulo para as entradas analógicas do conversor AD, que por sua vez irá se comunicar com a Raspberry PI por meio do protocolo de comunicação Inter-Integrated Circuit (I^2C), ou circuito inter-integrado. O I^2C é uma tecnologia de comunicação que possui apenas dois barramentos - o SDA (Serial Data Line - barramento de dados) e o SCL (Serial Clock Line - barramento do clock), onde cada componente conectado no barramento possui um único endereço e é mantido sempre uma relação de mestre-escravo, podendo o mestre trabalhar como receptor ou transmissor (é multi-mestre, podendo ter mais de um mestre no barramento sem conflitos), a recepção ou emissão de dados sempre é iniciado pelo mestre (NXP SEMICONDUCTORS, 2014). A RaspBerry Pi consegue suportar até 64 dispositivos, muito superior à quantidade exigida no projeto (RASPBERRY.ORG, 2018).

Os módulos joystick possuem ainda uma chave táctil (SW) em seu centro que pode ser utilizada para comandos diretos específicos, como por exemplo, fazer com que o drone pare em um determinado local, estas chaves estarão conectadas à Raspberry PI por meio de suas entradas digitais. Além das chaves tácteis presentes nos módulos *joystick*, existem ainda as chaves tácteis a serem utilizadas para controle de funções da central de controle, estas também irão se comunicar com a Raspberry PI por meio de suas entradas digitais.

A interface contaria ainda com a conexão entre o monitor e a Raspberry PI que irão se comunicar através de suas portas "High Definition Multimedia Interface" (HDMI), no caso a comunicação será unidirecional, com a Raspberry PI enviando as imagens a serem apresentadas no monitor. A comunicação via HDMI funciona passando sinais de áudio e vídeo de alta qualidade de um de seus terminais ao outro sem a necessidade de que estes sejam comprimidos antes desta ação, trazendo grande facilidade na realização desta ação (ARROW, 2018).

Ligada ao conversor AD, entraria ainda, a bateria, que teria seu polo de tensão positiva ligado a uma entrada analógica, pois a partir dos dados da ficha técnica desta, é possível identificar a porcentagem de carga da bateria a partir do nível de tensão medido.

Por fim, haverá a conexão entre o módulo LoRa e a Raspberry PI, que será feita por meio do protocolo de comunicação Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART), através dessa comunicação a Raspberry PI poderá tanto receber, ou enviar dados necessários para atingir os requisitos do projeto.

3.2.2 Drone

A frente do drone também teve desenvolvido um diagrama de blocos mostrando as interconexões dos componentes definidos, apresentado na Figura 15.

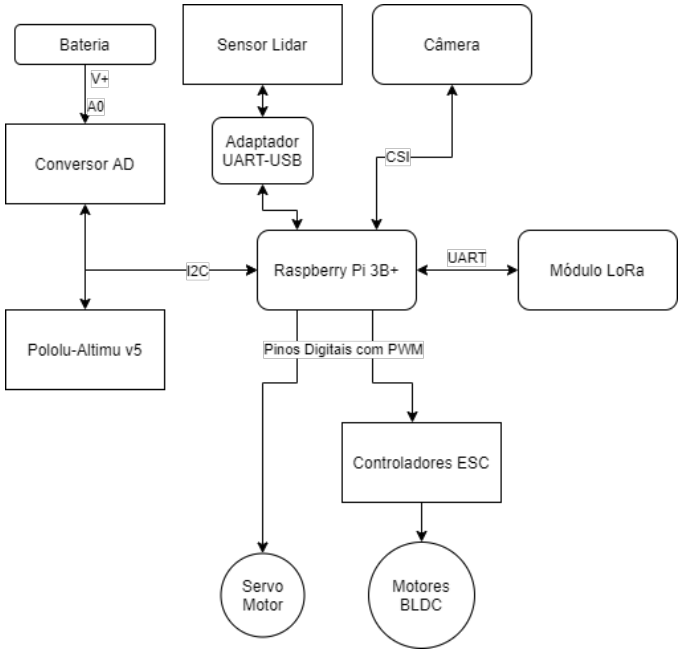

Figura 15 – Interconexões entre os componentes presentes no drone (Autoria Própria).

Assim como na central de controle, este está centrado na Raspberry PI, que também irá se comunicar com o conversor analógico digital por meio do protocolo I^2C, para realizar a medição da porcentagem da carga da bateria, e com o transceptor LoRa por meio do protocolo UART, para conseguir realizar a comunicação com a central de controle.

Além disso, estarão conectados à Raspberry PI por meio do protocolo de comunicação I^2C, os sensores presentes no módulo AltIMU-10 v5, de maneira a receber os dados referentes as medições realizadas, sendo que cada um destes possui sue próprio endereçamento I^2C.

A câmera irá se comunicar com a Raspberry PI através da Mobile Industry Processor Interface (MIPI) Camera Serial Interface Type-2 (CSI-2) presente nesta, de maneira a conseguir enviar as imagens captadas diretamente para Raspberry PI. A comunicação via CSI se trata de uma interface que busca facilitar e padronizar a conexão de pequenas câmeras a processadores da indústria de dispositivos móveis, tal interface tem alta adoção devido a sua facilidade de uso, além de sua capacidade de suportar aplicações de alto desempenho, com imagens com altas resoluções (indo além de 8K), de vídeo e fotografia (MIPI, 2019).

Os sinais do sensor Lidar passarão por um adaptador de UART para USB, que faz parte do pacote do sensor Lidar SF30/B, para conectá-lo à Raspberry e será utilizada a biblioteca disponibilizada pela LIGHTWARE (2019), através da qual será possível controlar tanto a taxa de amostragem, como receber os resultados dos valores das distâncias obtidas pelo sensor.

O servo motor, através de seu pino de sinal, irá se comunicar com a Raspberry PI,

que através de uma de suas portas digitais, realizará uma modulação por largura de pulso, ou *pulse width modulation* (PWM), para tornar possível o controle da posição deste, de maneira a movimentá-lo continuamente, para que sejam possíveis as medições do sensor Lidar sobre as informações do terreno em toda a área abaixo do drone. Modulação por largura de pulso se trata de um procedimento para controlar o nível de tensão DC visto por um determinado dispositivo analógico, como por exemplo um motor ou um LED, ao controlar uma saída digital, realizando ciclos onde a onda fica em nível alto (no caso da Raspberry PI 3.3[V]) e nível baixo(0[V]) de maneira controlada, e através da modificação da razão entre o tempo em que o sinal fica em nível alto e o tempo do ciclo total (o chamado duty cycle), é possível modificar o nível DC visto por um leitor analógico, desde que estes ciclos possuam uma frequência suficientemente alta, a depender do dispositivo de leitura (KOHLHASE, 2020).

Os controladores ESC, assim como o servo motor, irá, através de seu pino de sinal, se comunicar com a Raspberry PI, que através de uma de suas portas digitais, enviará um sinal PWM para controlar a velocidade de cada motor, de maneira a controlar a movimentação do drone.

3.3 Protocolos de Comunicação

Alguns aspectos das comunicações entre os componentes ficariam superficiais, devido ao seu protocolo de comunicação ser muito complexo para ser explicado brevemente, sendo eles os protocolos de comunicação I^2C, UART e LoRa, que são melhor explicados a seguir:

3.3.1 Protocolo I2C

O I2C (Inter-Integrated Circuit) é uma tecnologia, desenvolvida em 1982 pela Phillips Semiconductor. Atualmente em sua versão 6, suas principais características, de acordo com NXP Semiconductors (2014), são: possui apenas dois barramentos - o SDA (Serial Data Line) e o SCL (Serial Clock Line); cada componente conectado no barramento possui um único endereço; é mantido sempre uma relação de mestre-escravo, podendo o mestre trabalhar como receptor ou transmissor; é multi-mestre, incluindo um detector de conflito, o qual previne corrupção de dados se dois mestres iniciação transferência de dados simultaneamente; Serial, barramento de 8-bits, bidirecional e com velocidade de até 400 kbits/s em Fast-mode, 1 Mbit/s em Fast-mode Plus e 3,4 Mbit/s em High-speed mode e também pode ser operado em modo unidirecional, com 5 Mbit/s em Ultra Fast-mode.

Existem muitos benefícios pelo uso do I2C, como baixíssimo consumo de corrente, grande imunidade à ruído e largas faixas de voltagem de fonte e temperatura de operação.

Algumas terminologias necessárias para o entendimento da relação entre os componentes conectados por I2C, expostos na Tabela 6:

Termos	Descrição
Transmissor	Componente o qual envia mensagem pelo barramento
Receptor	Componente o qual recebe mensagem pelo barramento
Mestre	Dispositivo o qual inicia a transferência, gera o sinal de clock e termina as transferências
Escravo	O dispositivo endereçado pelo mestre
Multi-mestre	Mais de um mestre pode realizar o controle do barramento sem corromper a mensagem
Arbitração	Procedimento para garantir que, se mais de um mestre tenta controlar o barramento ao mesmo tempo, apenas um seja permitido, permitindo a não corrupção da mensagem
Sincronização	Procedimento que permite sincronizar o clock de dois ou mais dispositivos

Tabela 6 – Tabela de definições para I^2C. Fonte: (NXP SEMICONDUCTORS, 2014)

A recepção ou emissão de dados sempre é iniciado pelo mestre, logo, o procedimento para mestre-transmissor seria:

1. Mestre A endereça componente B;
2. Mestre A manda dados para componente B;
3. Mestre A encerra a transferência;

Para a recepção, teríamos:

1. Mestre A endereça componente B;
2. Mestre A recebe dados de componente B;
3. Mestre A encerra a transferência;

Por fim, a quantidade de componentes conectados é limitada pela capacitância no barramento. Mestre e escravo possuem um transistor ligado ao barramento, tendo eles capacitâncias parasitas. A RaspBerry Pi é capaz de suportar até 64 dispositivos no barramento.

Também é importante frisar que, embora seja possível o trabalho multi-mestre, este não será usado no projeto, tendo apenas a RaspBerry PI 3 como mestra.

3.3.2 UART

Universal Asynchronous Receiver Transmitter também conhecido como UART é um tipo de comunicação serial onde apenas 2 fios são necessários para comunicação de dados em qualquer direção. Quando em não operação o nível lógico é consistentemente mantido em alto, algo herdado da telegrafia onde era mantido nível alto para se certificar que os transmimssores não estariam danificado. Utiliza como contador a unidade Baud, que é a variação de um estado lógico, sendo equivalente a bits em um sistema com apenas 2 níveis lógicos más não necessáriamente o mesmo para outros sistemas e os receptores/transmissores de dados devem ter a mesma taxa (IBRAHIM, 2011).

Não tem um clock para sincronização de dados más sim um bit de início que é a primeira mudança de estado do nível lógico alto seguido dos bits de dados, que podem ir de 5 a 8 caso haja bit de paridade, e de 1 a 2 bits de parada(IBRAHIM, 2011). O bit de paridade que checa a quantidade de bits em valor lógico alto e se eles são pares ou impares, caso no recebimento de dados o bit de paridade não se alinhe com os valores do pacote, saberemos que houve erro na transmissão de dados e a mesma lógica pode ser aplicada à situação contraditória(KEIM, 2016).

O UART transmissor recebe os dados de forma paralela do bus de dados e logo após o UART serializa os dados recebidos, adiciona o bit de início, bit de paridade e o bit de parada e envia pelo seu Tx a um BaudRate pré-definido até o Rx do UART receptor, onde ele descarta os bits de inicio, paridade e parada e parareliza os dados para serem enviados ao seu respectivo bus de dados(IBRAHIM, 2011).

3.3.3 LoRa

Long Range ou LoRa é a camada física de comunicação, precursora da tecnologia LPWAN que é caracterizada por baixo consumo de energia para comunicação de longa distância. LoRa® é baseado em CSS, um método utilizado comumente em meio militar e espacial pela robustez e resistência a interferência, aborda toda a banda alocada para sua finalidade para enviar qualquer sinal mas sem adição de elementos pseudo-aleatórios para discernimento de barulho de sinal de canal, LoRa® é a primeira implementação de baixo custo de CSS para uso comercial(LORAALLIANCE, 2015).

Tendo semelhanças com LTE tem aplicação comum para cobrir cidades e estações de comunicação por quilômetros utilizando apenas alguns gateways em distribuição estrela para conseguir sanar as necessidades desses ambientes, alimentando receptores que funcional a bateria ou baixo consumo, tem baixas taxas de dados chegando até 50kbps nos melhores dos casos, e frequência de A banda de atuação da tecnologia é de 923MHz (915MHz a 928MHz) na América Latina, pode funcionar como via de 2 mãos para tráfego de dados e pode coexistir com outras tecnologias de comunicação tal como LTE-Cat-1 e

LTE-Cat-m (LORAALLIANCE, 2015). Referências3DLAB Permite costumização de interrupção de pacotes por IRQ, LoRa® CAD para modulação de espectro para determinar se há sinal de outro LoRa dentro da mesma NETID e outras funcionalidades comuns a camada lógica LoRaWan(WAVESHARE, 2017).

Comunicação direta com a interface do Rapsberri pi chamando as funções disponibilizadas no Datasheet, o jumper de seleção UART deverão estar na posição B oque significa que o Rapsberry controlará diretamente o componente e então será possível configurar os aparelhos e equiparar os dados de entrada para inicialização do sistema, tais como endereços, velocidade de dados e LBT para evitar interferência(WAVESHARE, 2017) .

Para comunicação entre LoRa's, será utilizado o protocolo LoRaWan Classe A, que é a camada lógica de consumo mínimo e bidirecional, sendo completamente assíncrona e permitindo que qualquer um dos 2 dispositivos possam começar uma transmissão e podendo ter qualquer um dos 2 dispositivos entrar em modo de hibernação sem nenhum pre-requisito para isso ou para retomada de atividade(LORAALLIANCE, 2015).

Configuração de registradores será necessária cada vez que for energizado pois elas se perdem a cada ver que o aparelho for desligado, os jumpers de seleção de modo deverão ser mudados para modo de configuração, mantendo M0 em curto e removendo M1 antemão e deverão seguir os seguinte padrões para realizar a configuração em hexadecimal:

1º byte: Header de comando.

2º byte: Primeiro endereço do módulo (ADDH).

3º byte: Segundo endereço do módulo (ADDL).

4º byte: Endereço NETID para distinguir redes.

5º byte: Configuração de dados.

6º byte: Tamanho de dados, filtros e potência de sinal.

7º byte: Configuração de módulo para repetição de sinal e LBT

8º byte: Encriptação para evitar que outros aparelhos de configurações parecidas não reconheçam os dados.

Para os LoRas deste projeto, deverão ser aplicadas as seguintes configurações a cada boot de sistema:

-DRONE:

ADDH: 01

ADDL: 01

NET ID: 05

Baud Rate: 9600

Bit de paridade: 8N1

Velocidade Wireless: 4,8kbps

Set de visião de pacotes: 240 bytes por pacote

Barulho do ambiente: Habilitado, será conferido o grau de barulho pelo hardware.

Potência: 22dBm

Comando: -C0 00 05 01 01 05 63 04

-CENTRAL DE CONTROLE:

ADDH: 01

ADDL: 02

NET ID: 05

Baud Rate: 9600

Bit de paridade: 8N1

Velocidade Wireless: 4,8kbps

Set de visião de pacotes: 240 bytes por pacote

Barulho do ambiente: Habilitado, será conferido o grau de barulho pelo hardware.

Potência: 22dBm

Comando: -C0 00 05 01 02 05 63 04

4 Energia

A área de energia atua em duas frentes neste projeto: com o sistema de carregamento off-grid e com as baterias do drone.

4.1 Sistema de Carregamento Off-Grid

Um sistema fotovoltaico off- grid é um sistema não conectado à rede que pode ser adaptado aos mais diversos tipos de situações e localidades. Esse tipo de sistema tem apenas uma finalidade que é o carregamento de baterias. Para o projeto, o sistema funcionará como um carregamento de emergência para central de controle. O sistema off-grid é composto, em geral, por:

- Painel Fotovoltaico
- Banco de baterias
- Controlador de carga
- Inversor

4.1.1 Painel Fotovoltaico

Parte mais aparente de um sistema fotovoltaico, constituído de células fotovoltaicas de materiais semicondutores, principalmente o silício, que por meio do efeito fotovoltaico fazem a conversão direta da radiação solar em energia elétrica.(VIAN et al., 2021)

4.1.2 Controlador de Carga e Inversor

O controlador de carga ou regulador de carga permite ao usuário acompanhar o estado de tensão e carga das baterias durante o funcionamento do sistema off-grid. O inversor é responsável por transformar a corrente contínua das baterias com tensões de entrada de 12/24Vcc em tensões de 110/220Vca. (SOLAR, 2021)

4.2 Aplicação no Projeto

O sistema do projeto é uma versão de menor escala de um sistema fotovoltaico off-grid para que o usuário disponha de uma fonte de energia alternativa durante missões isoladas.

Para essa aplicação é necessário apenas 1 painel fotovoltaico fornecendo uma tensão média de 12Vcc (Tensão em Corrente Contínua), uma vez que a central de controle é conectada diretamente ao controlador de carga que oferece uma saída USB de 5V a 2.4A, suficiente para manter o funcionamento da central quando necessário e aplicável. O sistema não utiliza inversor, pois não tem como finalidade alimentar equipamentos que necessitem tensão em corrente corrente alternada (Vca).

A bateria estacionária é carregada para o uso emergencial, uso categorizado por mudanças no tempo na região da missão ou afins, que possam afetar a geração de energia por meio do sistema.

Para o projeto será utilizado:

- Painel fotovoltaico com geração média de 337Wh/dia.
- Controlador de carga PWM de 10A
- Bateria Estacionária 30Ah

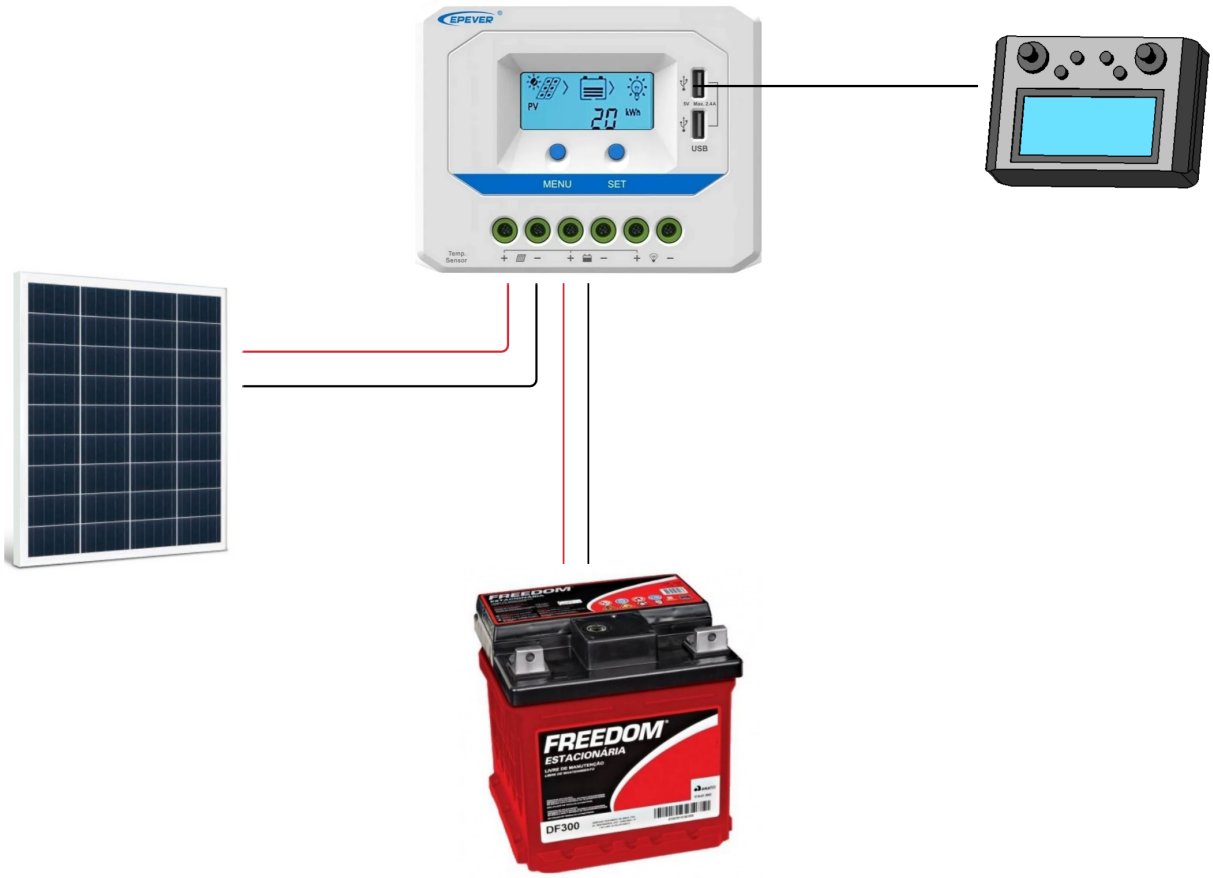

Figura 16 – Diagrama Funcional do Sistema de Carregamento Off-Grid (Autoria própria com imagens do site NeoSolar)

O painel fotovoltaico definido para o sistema possui uma faixa de potência de 55 a 150Wp e corrente de potência máxima de 5,75A em STC (Condições Padrões de Teste).

No dimensionamento de cabos para o sistema são aplicadas a ABNT NBR 280 de cabos isolados e a ABNT NBR 16612 de cabos de potência para sistemas fotovoltaicos. O sistema requer cabos com seção nominal de $6mm^2$, medida padrão para sistemas de baixa tensão.

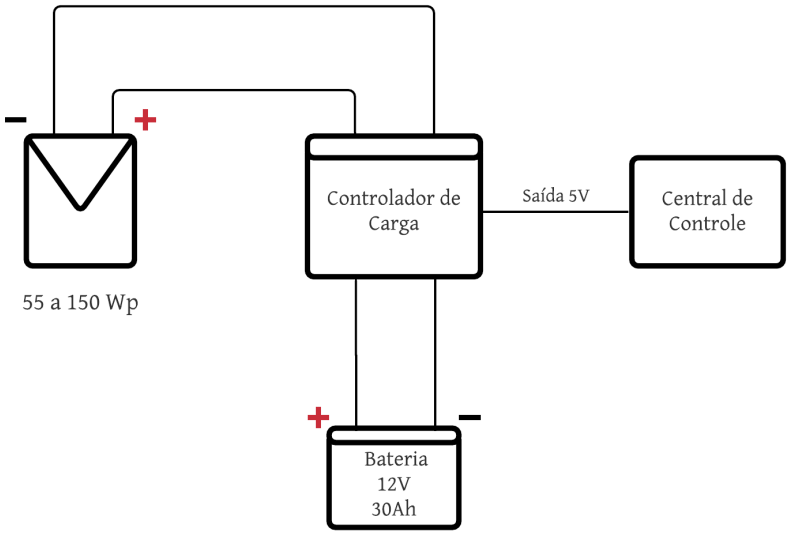

Figura 17 – Diagrama Unifilar do Sistema de Carregamento Off-Grid (Autoria Própria)

4.2.1 Custos do Sistema de Carregamento Off-Grid

Equipamento	**Quantidade**	**Custo Médio(R$)**
Painel Solar	1	299,00
Controlador de Carga	1	255,50
Bateria Estacionária	1	349,00
Cabos Fotovoltaicos	1	77,02
Total	4	980,52

Tabela 7 – Custos do Sistema de Carregamento Off-Grid - (Autoria Própria)

4.3 Bateria do Drone

A escolha da bateria busca atender parâmetros essenciais ao funcionamento do drone. As características levadas em conta são a capacidade máxima, a tensão, energia, o eletrólito, a densidade gravimétrica de energia e a capacidade nominal de descarga.(VANZWOL, 2017)

As baterias de polímero de lítio (LiPo) são o tipo padrão para montagem de drones devido à alta densidade específica de energia, já que cada grama a menos no drone aumenta seu tempo de voo; e ao formato mais tradicional ser mais bem acomodado pela estrutura do drone. Comparativamente com baterias de íons de lítio (Li-ion), as baterias de LiPo se tornam inferiores pelo seu custo e por sua densidade volumétrica de energia, que acaba sendo compensada por seu eficiente formato de paralelepípedo ao invés do formato cilíndrico da bateria Li-ion.(VANZWOL, 2017) A Figura 18 apresenta graficamente a comparação dos tipos de bateria em relação a densidade gravimétrica de energia e a densidade volumétrica de energia.

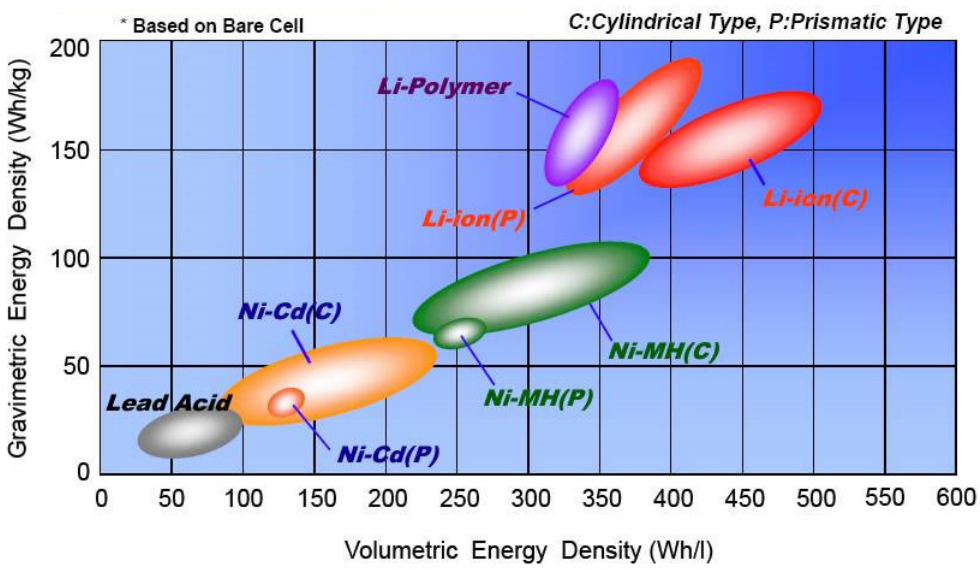

Figura 18 – Comparação entre os tipos de baterias com relação às densidades energéticas.(BEGGI; LOISEL; NGUYEN, 2018)

Outro ponto a ser considerado em favor das baterias LiPo é o revestimento usado em sua fabricação, visto que ela pode ser formada por policarbonato ou ABS,(VANZWOL, 2017) enquanto a bateria Li-ion possui revestimento de níquel.(LITHIUMIONBATTERY.ORG, 2021) A influência do material se dá em impactos sofridos pela bateria serem melhor absorvidos por polímeros que por metais. As baterías Li-ion ainda apresentam a desvantagem de superaquecer mais facilmente e o risco de dano e combustão em altas voltagens e baixa pressão.(INSTITUTE, 2021) A Figura a e Figura b representam respectivamente a bateria de polímero de lítio e a bateria de íon de lítio.

(a) Bateria de Polímero de Lítio.(HOBBYKING.COM, 2021)

(b) Bateria de Íon de Lítio.(MORRIS, 2020)

Figura 19 – Baterias

Para atender as especificações do motor Spitz 3548-05 a bateria possui como características:

- Capacidade: 8000 mAh
- Tensão: 11,1 V
- Energia: 88,8 Wh
- Peso aproximado: 670 g
- Número de células: 3 em série
- Capacidade nominal de descarga: 60 C

4.3.1 Custos para o drone

O custo da bateria leva em conta modelos que se aproximam as especificações citadas (Tabela 8).

Quantidade	**Equipamento**	**Custo(R$)**
Bateria	1	316,96

Tabela 8 – Custo para o drone

5 Estrutura

A área de estrutura é responsável por projetar a parte esquelética do projeto, desde a central de controle até o drone em si, dessa forma, ao pensar nos problemas a serem enfrentados como resistência à variação climática (chuva, frio, calor, ventos fortes), estabilidade estrutural, autonomia de voo, alcance de área mapeada, custo de fabricação e peso da estrutura, duas prioridades foram determinadas para ser definidas como ponto inicial para a estrutura do drone: o modelo estrutural e o material a ser utilizado na fabricação da estrutura.

5.1 Modelo estrutural

Dois tipos de drones foram estudados, o drone de asa fixa e o drone de asa rotativa, foram levantadas as principais características de cada modelo.

5.1.1 Asa Rotativa ou Multirotor

Drones de asa rotativa possuem diversos rotores para movimentar as hélices e manobrar o aparelho. Essa categoria possui alguns modelos e cada modelo é diferente devido a quantidade de rotores que compõem a aeronave, quatro rotores (quadricópteros), seis (hexacópteros) ou oito (octocópteros) (VULEJ, entre 2018 e 2020). O drone multirotor depende principalmente de seus rotores, movidos a motor, para deslocamentos horizontais (ANAC, 2008).

As principais vantagens dos drones de asas rotativas são:

- Facilidade de pilotagem: drones com multi-rotores são mais fáceis de voar e podem realizar decolagem e pouso vertical, também requerem menos espaço para decolagem e pouso, têm grande flexibilidade de manobra e podem pairar em voo (GTA, 2019). Essa facilidade de pilotar, conseguir ficar parado no ar, baixas velocidades de voo, favorece o uso desse equipamento em inspeções de segurança, imagens artísticas, entre outros (NETO, 2017).

- Menor custo: drones de asa rotativa dominam o mercado de drone a um preço competitivo. Pode-se encontrar quadricópteros profissionais com preços que variam de 8 a 10 mil reais, enquanto os de asas fixas, com qualidade semelhante, possuem um preço 8 a 10 vezes superior (GTA, 2019). A estrutura do drone de asa rotativa é mais simples do que a de asa fixa, o que pode explicar seu menor custo (SENAR, 2018).

Devido sua simplicidade o drone de asa rotativa está se tornando mais acessível (NETO, 2017).

- Maior capacidade de carga útil: os drones multirotores geralmente suportam um peso maior devido ao seu design (GTA, 2019).

- Mais compacto: drones com múltiplos rotores não precisam da área de superfície ou envergadura, como os drones de asa fixa, porque voam com múltiplas hélices. Eles são projetados para serem dobrados e embalados em caixas menores, tornando-os mais fáceis de transportar (GTA, 2019). O drone de asa rotativa consegue alçar voo na vertical, enquanto os de asa rotativa o fazem na horizontal (SENAR, 2018).

As desvantagens do modelo de asa rotativa são:

- Menor área mapeada: a limitação dos drones com vários rotores é a área mapeada para uma única bateria. Em clima ideal, a maioria dos drones com vários rotores pode voar por cerca de 30 minutos (GTA, 2019). A média de área mapeada por bateria durante um voo é de cerca de 50 ha (HORUS, entre 2014 e 2021).

- Menos estabilidade: As características aerodinâmicas dos drones multirotores os tornam mais suscetíveis a ventos fortes (GTA, 2019). Devido a baixa aerodinâmica desse tipo de drone a velocidade de operação é mais baixa comparado ao drone de asa fixa (SENAR, 2018). Fatores esses que faz com que o drone de asa rotativa precise de mais motores para ser estável durante o voo tendo que possuir ao menos três motores, o que faz com que seu gasto energético seja elevado (NETO, 2017).

5.1.2 Asa Fixa

O desenho desta categoria é muito semelhante ao de um avião normal, neste modelo de drone existe um corpo central com duas asas de cada lado, com apenas uma hélice para impulsionar. As asas garantem a elevação do drone, o que compensa seu peso, permitindo se manter em altura (VULEJ, entre 2018 e 2020). Eles têm diferentes vantagens, como:

- Maior área mapeada: drones de asa fixa podem cobrir uma área maior em um único ciclo de bateria. Isso os torna ideais para mapear regiões grandes ou lineares (GTA, 2019). Esses drones possuem uma vantagem aerodinâmica comparado ao drone de asa rotativa, o que diminui sua necessidade de motores para sua sustentação (HORUS, entre 2014 e 2021). A velocidade de operação dos drones de asa rotativa é elevada comparado ao de asa rotativa (SENAR, 2018), apesar da sua elevada velocidade em voo ele tem maior capacidade de cobertura em mapeamento. E conseguem atingir tetos de voos mais elevados .

- Maior estabilidade: comparado com drones de asa rotativa, o de asa fixa proporciona maior estabilidade em ventos fortes. Fornece opções de voo para áreas onde ventos fortes são esperados ou frequentes (GTA, 2019).

Esse tipo de drone também apresenta algumas desvantagens operacionais:

- Necessidade de uma maior área de pouso e decolagem: drones de asa fixa requerem áreas maiores de decolagem e pouso; em alguns casos, como em cidades ou áreas com vegetação densa, isso pode causar perda de produtividade (GTA, 2019). Esses drones alçam voo na horizontal, e pousam na horizontal, o que dificulta sua usabilidade (SENAR, 2018).
- Maior custo: atualmente no mercado, os drones de asa fixa costumam ser mais caros do que os multirotores (GTA, 2019). Os drones de asa rotativa possuem uma estrutura simplificada, o que o torna mais barato, e por essa razão ser mais difundido no mercado (NETO, 2017).
- Dificuldades na pilotagem: drones de asa fixa apresentam mais dificuldades para pilotar, até mesmo em piloto automático (GTA, 2019). Porém em caso de falhas motores segundo, os drones de asa fixa conseguem planar, o que não acontece com os de asa rotativa (NETO, 2017).
- Menos compacta: a vantagem dos drones de asa fixa de apresentar maior autonomia vem diretamente de sua área de superfície e envergadura, o que significa que são mais difíceis de armazenar e geralmente requerem mais tempo de montagem para voar (GTA, 2019).

A partir das informações levantadas sobre cada tipo de drone, foi construída uma matriz de decisão para escolher a melhor opção para o projeto. A matriz de decisão é a Tabela 9, a seguir:

Requisitos (peso)	**Asa fixa**	**Asa rotativa**
Preço (x 2)	1 x 2 = 2	2 x 2 = 4
Tamanho/Portabilidade (x 1)	1 x 2 = 2	2 x 2 = 4
Facilidade de pilotagem (x 1)	1 x 2 = 2	2 x 2 = 4
Eficiência de área mapeada (x 3)	2 x 3 = 6	1 x 3 = 3
Estabilidade (x 3)	2 x 3 = 6	1 x 3 = 3
Área de decolagem e pouso (x 2)	1 x 2 = 2	2 x 2 = 4
Capacidade de carga (x 2)	1 x 2 = 2	2 x 2 = 4
Total	**22**	**26**

Tabela 9 – Matriz de decisão para modelo estrutural (Autoria própria)

A matriz de decisão possui dois valores possíveis para cada requisito, 1 para o modelo que possui desvantagem e 2 para o modelo que possui vantagem, os quais são multiplicados pelo peso de importância em cada requisito. Os pesos foram definidos pelo núcleo de estrutura sabendo que os requisitos são para um drone de mapeamento. Ao analisar a matriz, tem-se que o melhor modelo estrutural é o drone de asa rotativa. Apesar do modelo de asa fixa ter desvantagens na maioria dos requisitos, ele é superior em dois pontos importantes para drones de mapeamento, que são a eficiência de área mapeada e estabilidade, porém essas desvantagens podem ser contornadas por drones de asa rotativa, utilizando mais baterias e construindo uma estrutura com maior porte, respectivamente. Assim, é definido que para o projeto Damte, o modelo estrutural de asa multirotor é a melhor opção.

5.2 Material da estrutura

Pensando em fazer uma estrutura leve, com facilidade de fabricação e com um preço mais baixo do que os drones de mapeamento que estão no mercado, fabricar a estrutura em impressão 3D foi a opção escolhida. Sendo que para impressão 3D os quatro materiais pesquisados são PLA, PETG, ABS e PEEK.

5.2.1 ABS

O ABS é um material leve, flexível, porém rígido e com capacidade de absorver impactos. Pode ser utilizado em diversas situações, pois pode assumir qualquer cor e formato, uma boa opção para a fabricação de filamentos de impressão 3D (3DLAB, entre 2013 e 2019).

Recomenda-se o uso do ABS para: peças pequenas com boa resistência mecânica; peças que serão lixadas posteriormente e em peças que ficarão expostas ao sol ou em ambientes mais quentes (3DLAB, entre 2013 e 2021).

5.2.2 PLA

O PLA é um dos materiais mais populares para impressão 3D, pois apresenta uma variedade de cores à sua escolha e é mais fácil de imprimir em comparação com o ABS. O PLA possui melhores propriedades térmicas e mecânicas que o ABS, melhorando assim sua capacidade de impressão e reduzindo os efeitos de empenamento no processo de fabricação (SANTANA et al., 2018).

Além de boas propriedades mecânicas e de processamento, estabilidade térmica e baixo impacto ambiental, o PLA também possui funções interessantes como biocompati-

bilidade, biodegradabilidade. No entanto, algumas deficiências do PLA, como fragilidade inerente, alongamento limitado na ruptura e baixa resistência ao impacto, representam alguns desafios para a ampla aplicação de materiais (SANTANA et al., 2018).

É recomendado usar o PLA quando são necessárias: peças suscetíveis a atrito e desgaste; alta qualidade superficial sem necessidade de acabamento; peças grandes e demonstrativas; peças expostas à carga estática (3DLAB, entre 2013 e 2021).

5.2.3 PETG

Um filamento que reúne as melhores qualidades do ABS (resistente e dúctil) com a facilidade de impressão que o PLA oferece (3DLAB, entre 2013 e 2021).

Em um aspecto geral, o filamento de PETG apresenta alta resistência ao desgaste, alta resistência a corrosão e agentes oxidantes; alta firmeza anti impacto; baixa deformação durante a impressão; boa resistência térmica (3DLAB, entre 2013 e 2021).

O filamento PETG é indicado quando necessário: peças que precisam de certa flexibilidade; alta resistência mecânica e química; boa resistência térmica; peças sujeitas a pressão (3DLAB, entre 2013 e 2021)

5.2.4 PEEK

O filamento PEEK é um material plástico de alta performance com um excelente equilíbrio de propriedades físicas. Possui um dos mais altos níveis de resistência ao calor e resistência mecânica disponíveis entre os plásticos. É também uma das melhores opções ao procurar boa resistência química, bem como resistência à radiação (ENSINGERPLASTICS, 20–?).

Recomenda-se o uso do filamento PEEK em: peças aplicadas em partes externas devido à sua excelente resistência à erosão da chuva; em peças de uso interno, devido à sua baixa fumaça e emissões tóxicas de gás e herdando a retardação da chama (PRINTIT3D, 2013).

As propriedades de cada material em formato de grão estão na Tabela 10:

Propriedades	**ABS**	**PETG**	**PEEK**	**PLA**
Densidade (g/cm^3)	1,04	1,27	1,31	1,24
Temp. Fusão (°C)	220	240	341[1]	185
Tg (°C)	100	85	150[1]	60
Tensão de Escoamento (MPa)	38	51	116[2]	66
Resistência à Flexão (MPa)	66	72	175[3]	130
Módulo de Elasticidade (MPa)	2200	2120	4200[3]	4350
Preço (R$/kg)	89,90	129,90	5422,74	129,90

Tabela 10 – Propriedades Matéria Prima - Grãos (3DLAB, entre 2013 e 2019) (ENSINGERPLASTICS, 20–?)

As propriedades de corpos de provas impressos com cada material estão na Tabela 11:

Propriedades	**ABS**	**PETG**	**PEEK**	**PLA**
Tensão de Escoamento (MPa)	14,7[4]	18,6[4]	-	24,8[4]
Módulo de Elasticidade (MPa)	1335,9[4]	1067,9[4]	-	1896[4]
Tensão de Ruptura (MPa)	29[4]	32,6[4]	-	46[4]
Alongamento (%)	7,08[4]	7,74[4]	5[2]	3,69[4]
Dureza Shore D (Shore D)	74[5]	75[5]	-	85[5]
Temperatura HDT (°C)	86,13[6]	67,3[6]	162[7]	55,11[6]

Tabela 11 – Resultados ensaios em corpos de provas impresso (3DLAB, entre 2013 e 2019)(ENSINGERPLASTICS, 20–?)

Ao analisar as propriedades de cada material, o PEEK apesar de apresentar vantagens estruturais e térmicas, possui um preço muito elevado, e já que uma de suas principais qualidades, que é de atuar em altas temperaturas, não será necessária para o projeto, ele é o primeiro a ser descartado. O PLA apesar da facilidade de impressão e boas propriedades mecânicas, possui a temperatura de transição vítrea (tg) de 60 ºC, ou seja, após

[1] DIN 5376
[2] DIN EN ISO 527-2
[3] DIN EN ISO 178
[4] Norma ASTM D 638
[5] Norma ASTM D 2240
[6] Norma ISO 75
[7] ISO-R 75 Method A

60 °C, as moléculas internas começam a se mover e a estrutura começa a deformar. Isso é muito negativo para peças que são expostas ao sol, que é o caso do projeto Damte, então o PLA também é descartado. O ABS é o mais econômico das quatro opções, é resistente e dúctil, além de possuir a temperatura de transição vítrea de 100 ºC. A outra opção é o PETG, que apresenta propriedades mecânicas semelhantes às do ABS, temperatura de transição vítrea de 85 Cº e é a segunda opção com menor preço e ainda possui facilidade de impressão.

5.3 Dimensionamento inicial de peso

Foi realizado uma estimativa de peso do drone mais o conjunto de sensores eletrônicos (payload). Essa estimativa não tem muito impacto pois a massa do drone utilizado foi a do modelo inicial, considerando o material plástico. O dimensionamento feito está na tabela 12.

Nº do componente	**Componente**	**Detalhes**	**Peso (g)**
1	Sensor Lidar	YDLIDAR x4	189,00
2	Giroscópio	Módulo L3GD20H da ST	0,80
3	Raspbery pi 3B+	-	60,00
4	Módulo Lora	sx1272	5,00
5	Acelerômetro	Módulo LSM303D da ST	0,60
6	Módulo GPS e altímetro	Módulo LPS25H da ST	0,50
7	Câmera infravermelho	Foxeer Micro Cat 3 1200TVL 0.00001lux Super Low Light Night Câmera	10,70
8	Gimbal	Storm32 bgc	181,00
9	Drone	Design Inicial	690,00
Total			1136,60

Tabela 12 – Dimensionamento inicial de peso do projeto (Autoria própria com os dados dos links referenciados)

5.4 Ideia inicial de estrutura

Um modelo inicial foi desenhado utilizando o Software CATIA apenas para visualização da ideia do projeto, onde a payload está agregada ao mesmo compartimento da câmera. A seguir estão o chassi e as vistas do design inicial na estrutura, figura 20 à figura 26.

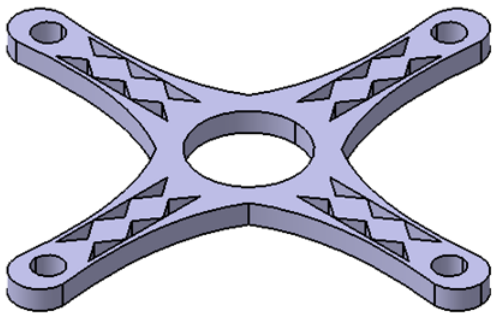

Figura 20 – Chassi do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA)

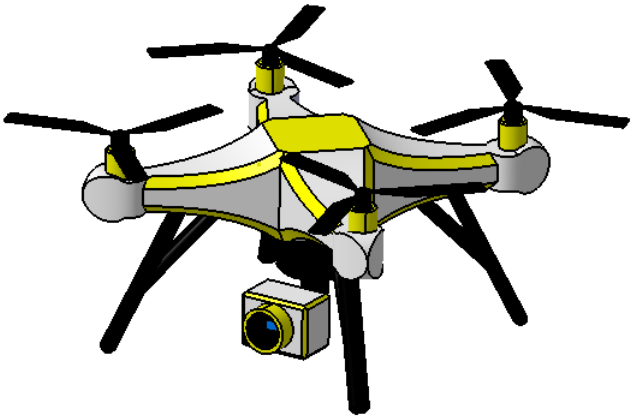

Figura 21 – Vista isométrica do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA)

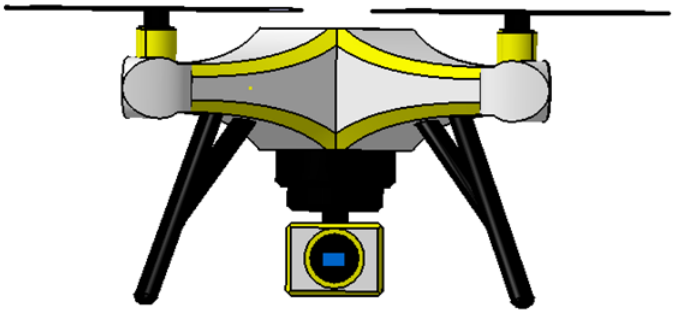

Figura 22 – Vista frontal do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA)

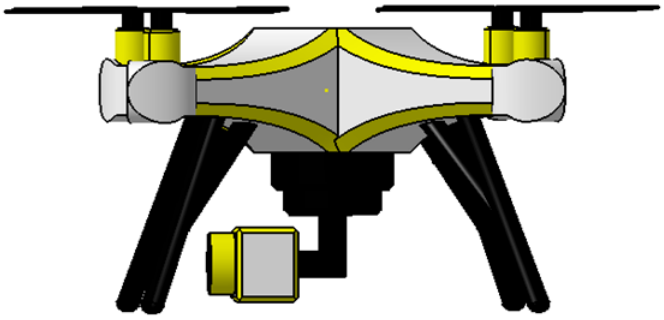

Figura 23 – Vista lateral do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA)

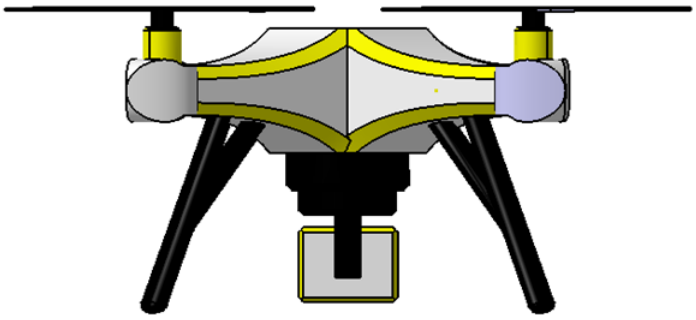

Figura 24 – Vista traseira do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA)

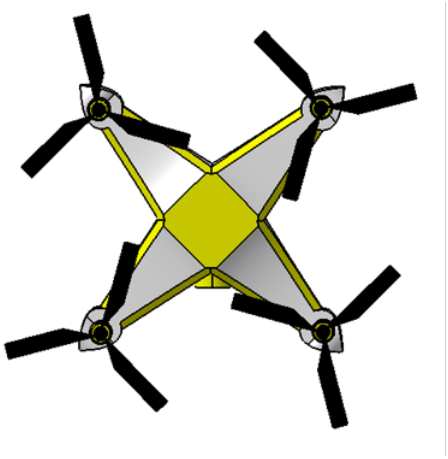

Figura 25 – Vista superior do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA)

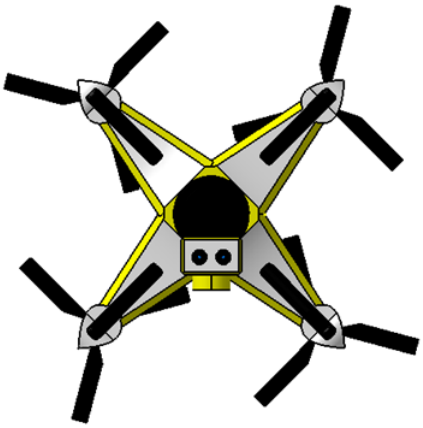

Figura 26 – Vista inferior do drone (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA)

5.5 Modelo Inicial da central de controle

A ideia é construir uma central de controle portátil pela qual vai ser possível pilotar o drone e receber todos os dados obtidos pelos sensores ao realizar o mapeamento. Na Figura 14 está a primeira ideia para a estrutura da central de controle.

5.6 Otimização da estrutura

Com o objetivo de cumprir as exigências requeridas para o ponto de controle 2, o núcleo de estrutura ficou responsável pelas simulações, a fim de definir o material a ser utilizado na fabricação do drone, a posição que as peças vão ser impressas e justificar as escolhas feitas no processo de modelagem e definição das hélices e motores que vão ser utilizadas.

Para projetar a estrutura do drone, três partes principais são levadas em conside-

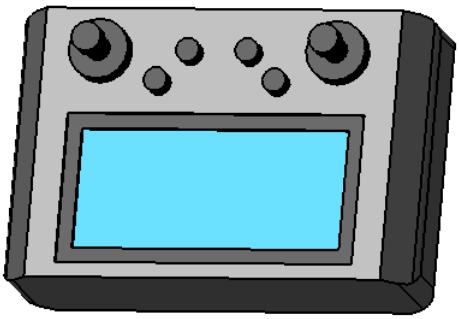

Figura 27 – Modelo inicial da central de controle (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software CATIA)

ração: chassi, o braço e o suporte do motor. O foco para o ponto de controle 2 é no chassi e no braço, portanto a sequência lógica definida para o projeto é: primeiro o braço, depois o chassi e por fim o suporte do motor.

Com isso, as simulações foram realizadas para o perfil do braço do quadricóptero e chassi, as quais serão mostradas ao decorrer do ponto de controle. Assim foi possível projetar uma geometria otimizada, que acabou sendo totalmente diferente do modelo que foi proposto inicialmente no tópico 5.4.

5.7 Simulação para análise estrutural

Para definir o perfil do braço e chassi, foram feitas simulações para verificar o comportamento de vários perfis propostos, e a partir dessa definição, foi possível projetar o CAD do chassi, sobre o qual também foram realizadas simulações para ver como ele atuava em certas condições.

5.7.1 Método dos elementos finitos:

Na simulação, dada a complexidade da realidade, é necessário o uso de modelos para prever o comportamento dos materiais. A conversão digital deste modelo pode aplicar métodos como elemento finito. Método dos elementos finitos "contínuo discreto". Nessa perspectiva, ele simplifica o cálculo de estruturas complexas de engenharia e as torna viáveis, como esteiras, máquinas de pátio e edifícios industriais. Por meio do método dos elementos finitos no simulador, você pode ver esse elemento finito de entidade complexo em "pequenas partes". Desta forma, os cálculos e simulações necessários podem ser executados em partes menores e depois expandidos em um todo (BRASIL, 2020). A partir disso o método resolve as equações físicas que domina cada parte discretizada utilizando, para isso, uma solução numérica, que nada mais é que a utilização de operações matemáticas

mais simples que aproximam do valor exato de cada equação (RODRIGUES, entre 2018 e 2020).

A confecção das geometrias assim como as simulações foram feitas utilizando o software ANSYS Student 2021 R1. Nele, a geometria inserida com pontos "infinitos"eventualmente se torna uma forma geométrica que é "quebrada"em outras formas geométricas conhecidas e menores (como triângulos, hexaedros, tetraedros). Essa "fratura"ajuda os cálculos a prever o comportamento de materiais sólidos em diferentes condições (BRASIL, 2020). A exceção da utilização do ANSYS aconteceu na confecção do chassi, por se tratar de uma geometria mais complexa foi utilizado o software Solid Works que é focado no desenvolvimento de geometrias.

5.7.2 Critério de falha:

5.7.2.1 Falha por carregamento estático:

A carga estática refere-se à carga que não muda durante a análise, ou a carga que muda pouco em um determinado intervalo de tempo. A teoria da falha de carga estática pode ser aplicada a materiais frágeis ou dúcteis (CARRION, 2019). Existem duas principais teorias de falha:

5.7.2.1.1 Teoria da Tensão Normal Máxima (TNM)

Supõe-se que quando pelo menos uma tensão principal atinge o limite de fratura por meio de tração ou compressão, o elemento mecânico falha. Adequado para materiais frágeis (CARRION, 2019).

5.7.2.1.2 Teoria da Energia de Distorção (TED)

Mais conhecida como critério de Von Mises, essa teoria se baseia no fato de que a estrutura cristalina de um material se deforma sob tensão. Essa deformação ao chegar ao limite elástico do material se torna irreversível, fazendo com que ocorra escoamento (CARRION, 2019). Será utilizado o critério de Von Mises para avaliar os comportamentos estruturais simulados, que resulta da comparação da tensão de Von Mises encontrada na análise de resistência pelo método dos elementos finitos com o limite de escoamento do material utilizado para a fabricação de peças mecânicas.

5.7.3 Material ortotrópico

A partir das limitações do PETG e ABS como possibilidades para estrutura, surgiu uma segunda problemática além da escolha do material propriamente dita. A impressão

utilizando a deposição de filamentos cria uma diferenciação de propriedades em cada direção do mesmo intitulado de ortotropia, as simulações, dessa forma, levou em consideração essa diferenciação de propriedades que podem ser visualizados na seguinte tabela:

Propriedades	**ABS**	**PETG**
Shear Modulus H (GPa)	0,68	0,64
Shear Modulus V (GPa)	0,56	0,65
Shear Modulus P (GPa)	0,58	0,63
Poisson Ratio H	0,31	0,36
Poisson Ratio V	0,27	0,29
Poisson Ratio P	0,22	0,26
Young Modulus H (GPa)	2,20	1,80
Young Modulus V (GPa)	2,09	1,67
Young Modulus P (GPa)	2,19	1,61
Yield Strength H (MPa)	34,12	40,32
Yield Strength V (MPa)	27,40	34,16
Yield Strength P (MPa)	32,43	36,18

Tabela 13 – Propriedades Ortotrópicas (SANTOS et al., entre 2020 e 2021)

No qual "H" representa a direção horizontal que foi atribuída inicialmente a direção "x" (tal situação será representada pela sigla HX) e no segundo caso na direção "y" (tal situação será representada pela sigla HY), V representa vertical e foi atribuída inicialmente a direção "y" e no segundo caso na direção "x", por fim "P" representa plano e foi atribuída a direção "z". Essas coordenadas estão exemplificadas na figura 28, a seguir.

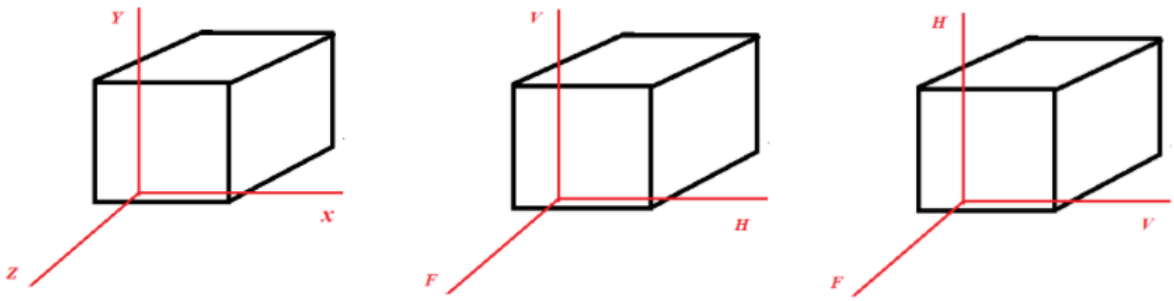

Figura 28 – Direções Ortotrópicas (Autoria própria)

5.7.4 Malha

A malha expressa a divisão dos elementos do objeto de pesquisa por meio de equações, garantindo assim a investigação de múltiplos pontos. Portanto, a precisão da qualidade da malha dependerá da modelagem, da geração da malha e de outros recursos usados na simulação (GIL, 2015).

A malha é a representação da união das subdivisões dos elementos, portanto a eficiência da malha dependerá da adaptabilidade do refinamento. Essa melhoria depende de operações aritméticas proporcionais ao elemento finito. A malha tem muitos tipos de modelagem, especialmente triângulos, quadriláteros, hexaedros (GIL, 2015).

As características gerais das malhas usadas em nossas simulações são mostradas a seguir, na Tabela 14.

Malha	**Número de Elementos**	**Número de Nós**
Braço	7950	44376
Frame	29252	58973
Geometria Montada	47457	96638

Tabela 14 – Propriedades da Malha (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys)

5.8 Braço do drone

O drone de asa rotativa apresenta uma menor estabilidade em relação ao de asa fixa, mas é possível compensar essa estabilidade ao planejando uma maior estrutura. A partir dessa ideia, foi realizada uma pesquisa sobre os drones quadricópteros mais utilizados para mapeamento para obter uma base de comprimento para o braço do drone. Três modelos de drone foram analisados, Mavic 2 Pro, Mavic Air, Phantom 4 Pro. Como a estrutura vai ser fabricada por impressão 3D, nós nos baseamos no modelo com a estrutura mais simples e que pode aguentar uma maior carga de peso, assim o modelo de base escolhido foi o Mavic 2 Pro e o comprimento do braço para o protótipo definido foi de 150 mm.

Dimensões	Dobrada: 214x91x84 mm (comprimento x espessura x altura) Desdobrada: 322x242x84 mm (comprimento x espessura x altura)
Distância diagonal	354 mm

Tabela 15 – Dimensões do Mac 2 Pro (DJI, entre 2020 e 2021)

5.8.1 Simulações do braço

Um primeiro teste foi feito com o intuito de concentrar tensões de forma intencional, para que assim, fosse validado em uma condição extrema o provável material a ser escolhido, além das direções ortotrópicas, desta forma, um chanfro foi desenhado na base da geometria, como pode ser visualizado nas figuras 29 e 30. Como condições de contorno,

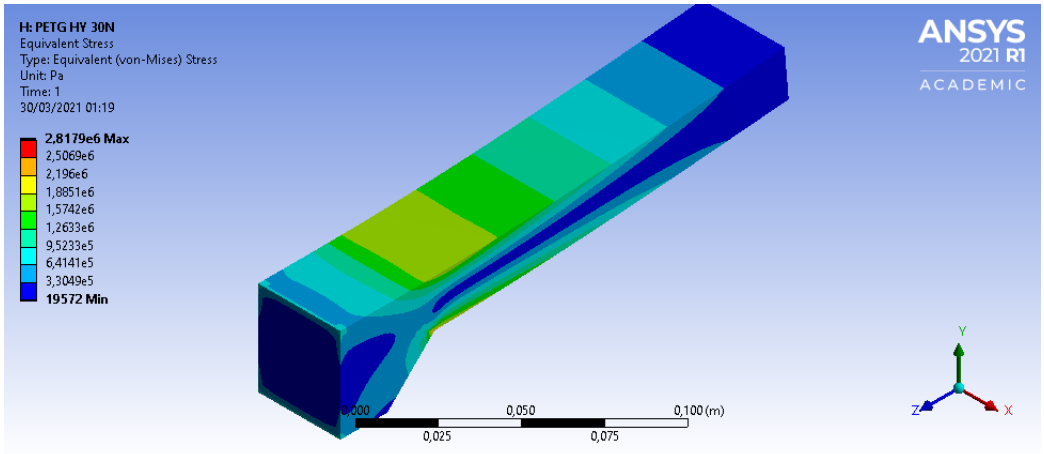

Figura 29 – Chanfro PETG HY 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software Ansys)

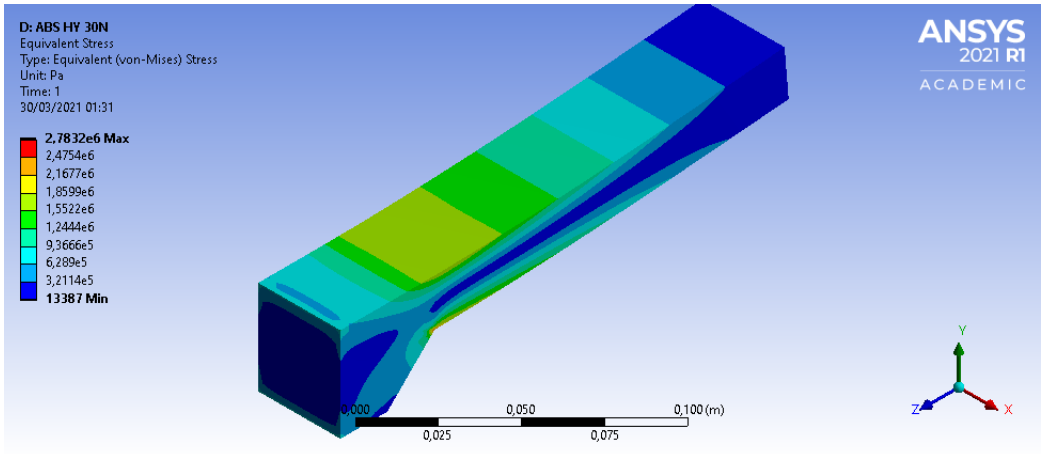

Figura 30 – Chanfro ABS HY 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software Ansys)

para essa validação, foram utilizadas forças de 20N e 30N, com variação ortotrópica nas direções "x" e "y" respeitando as coordenadas representadas na figura 28, utilizando os materiais PETG e ABS e o chanfro fixado. Essas forças foram estimadas considerando um empuxo de 2000 e 3000 g, respectivamente, por motor, ou seja, foi usado forças exageradas para simular condições de um drone com massa total variando entre 8 kg a 12 kg.

$$Empuxo = \frac{MassaTotal}{QuantidadeDeMotores} \tag{5.1}$$

$$ForçaDeEmpuxo = Empuxo * AceleraçãoDaGravidade \tag{5.2}$$

A geometria utilizada tem as dimensões do seu perfil retangular igual a 35x20mm, onde o 35 corresponde à largura, 20 corresponde à altura (DEMOLINARI, 2016).

O perfil com chanfro utilizando o material PETG apresentou uma deformação

aceitável de 1,2 e uma tensão máxima de 2,8 MPa muito abaixo da tensão de escoamento de 18,6 MPa presente na tabela 11, validando, dessa forma, o possível material. Já o perfil com chanfro utilizando o material ABS ficou com uma deformação aceitável de 0,9 mm e uma tensão máxima de 2,8 MPa muito abaixo da tensão de escoamento de 14,7 MPa presente na tabela 11, validando, dessa forma, o possível material, esses resultados podem ser observados nas figuras 29 e 30 e nas tabelas 18 e 21.

5.8.2 Resultados

Conseguinte foi dimensionado uma série de geometrias baseadas em drones presentes no mercado, em especial o MAC 2 PRO, para a delimitação do dimensionamento dos braços e chassi do drone. as dimensões dos perfis quadrados sugeridos apresentam três termos, onde o primeiro corresponde à largura, o segundo corresponde à altura, e o terceiro valor corresponde ao tamanho da parede. Em casos de perfis circulares, as dimensões têm apenas dois termos, o primeiro correspondente ao diâmetro e o segundo correspondente à parede do perfil. As forças das condições de contorno foram novamente 20N e 30N, sendo que uma ponta do braço é fixada e a força é aplicada na ponta livre. Foi considerada a variação ortotrópica nas direções “x” e “y” respeitando as coordenadas representadas na figura x, utilizando os materiais PETG e ABS Dessas mesmas simulações foram determinadas o material e a direção da impressão 3D. Os resultados podem ser visualizados nas tabelas a seguir:

(contínua)

		20 N		30 N	
Perfil	Massa (g)	σ (MPa)	Δmáx (mm)	σ (MPa)	Δmáx (mm)
Chanfro	160,16	1,8199	0,60962	2,7298	0,91444
Quadrado 30x30x3 (mm)	50,544	1,786	0,31052	2,679	0,46578
Quadrado 25x25x3 (mm)	41,183	2,5263	0,52868	3,7895	0,79302
Circular 25x1,25 (mm)	14,549	6,1287	1,6864	9,1931	2,5296
Circular 25x2,5 (mm)	27,567	3,6422	0,97171	5,4633	1,4576
Circular 15x1,75 (mm)	11,363	14,109	6,4599	21,163	9,6898
Circular 15x3,5 (mm)	19,725	10,695	4,5689	16,042	6,8533

(conclusão)

		20 N		30 N	
Perfil	Massa (g)	σ (MPa)	Δmáx (mm)	σ (MPa)	Δmáx (mm)
Retangular 20x30x3 (mm)	41,184	2,2262	0,39765	3,3393	0,59648

Tabela 17 – Resultados das Simulações dos Braços com ABS H = x; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys)

		20 N		30 N	
Perfil	Massa (g)	σ (MPa)	Δmáx (mm)	σ (MPa)	Δmáx (mm)
Chanfro	160,16	1,8555	0,60059	2,7832	0,90088
Quadrado 30x30x3 (mm)	50,544	1,8527	0,30514	2,779	0,4577
Quadrado 25x25x3 (mm)	41,183	2,6166	0,52193	3,9249	0,7829
Circular 25x1,25 (mm)	14,549	6,0965	1,6719	9,1447	2,5079
Circular 25x2,5 (mm)	27,567	3,6838	0,96376	5,5258	1,4456
Circular 15x1,75 (mm)	11,363	14,215	6,439	21,323	9,6586
Circular 15x3,5 (mm)	19,725	11,047	4,5564	16,571	6,8346
Retangular 20x30x3 (mm)	41,184	2,3132	0,39188	3,4698	0,58782

Tabela 18 – Resultados das Simulações dos Braços com ABS H = y; V = x; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys)

		20 N		30 N	
Perfil	Massa (g)	σ (MPa)	Δmáx (mm)	σ (MPa)	Δmáx (mm)
Chanfro	195,58	1,8684	0,80408	2,8026	1,2061
Quadrado 30x30x3 (mm)	61,722	1,8898	0,40048	2,8348	0,60072
Quadrado 25x25x3 (mm)	50,292	2,6876	0,69432	4,0314	1,0415
Circular 25x1,25 (mm)	17,766	6,0194	2,2359	9,0291	3,3538
Circular 25x2,5 (mm)	33,663	3,7117	1,2913	5,5676	1,937
Circular 15x1,75 (mm)	13,876	13,973	8,7105	20,959	13,066
Circular 15x3,5 (mm)	24,088	11,161	6,1723	16,742	9,2584
Retangular 20x30x3 (mm)	50,292	2,3761	0,52209	3,5642	0,78314

Tabela 19 – Resultados das Simulações dos Braços com PETG H = x; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys)

Fonte: Autoria própria

(contínua)

		20 N		30 N	
Perfil	Massa (g)	σ (MPa)	Δmáx (mm)	σ (MPa)	Δmáx (mm)
Chanfro	195,58	1,8786	0,80235	2,8179	1,2035
Quadrado 30x30x3 (mm)	61,722	1,9788	0,40053	2,9682	0,60079
Quadrado 25x25x3 (mm)	50,292	2,8041	0,69412	4,2062	1,0412
Circular 25x1,25 (mm)	17,766	6,0608	2,2356	9,0913	3,3534
Circular 25x2,5 (mm)	33,663	3,8016	1,2907	5,7024	1,936

(conclusão)

		20 N		30 N	
Perfil	Massa (g)	σ (MPa)	Δmáx (mm)	σ (MPa)	Δmáx (mm)
Circular 15x1,75 (mm)	13,876	14,091	8,7059	21,136	13,059
Circular 15x3,5 (mm)	24,088	11,527	6,168	17,29	9,252
Retangular 20x30x3 (mm)	50,292	2,4875	0,5219	3,7312	0,78285

Tabela 21 – Resultados das Simulações dos Braços com PETG H = y; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys)

5.8.3 Escolha do Braço

5.8.3.1 Geometria

Para a escolha da geometria o primeiro aspecto de filtragem utilizado foi priorizar a menor massa possível, dessa forma, percebe-se uma sobreposição nas geometrias circulares, contudo, a (15x1,7), a (25x1,2) e a (15x3,5), apresentam deformações altas indesejáveis para o projeto independente de material, direção de filamento e carga, utilizando desse critério a próxima geometria foi a (25x2,5) que apresenta valores aceitáveis para todos os casos independente do material, inicialmente ela foi escolhida.

Contradizendo a ideia inicial, o diferencial de peso entre a geometria circular (25x2,5) e a quadrada (30x30x3) foi menos de 20g em ambos os materiais, o que iria interferir pouco no peso da estrutura e também no preço da fabricação e levando em consideração que o drone poderia ser necessário em condições adversas de tempo, priorizou, assim, a segurança do drone, resultando na geometria quadrada.

5.8.3.2 Material

A escolha do material se deu a partir da priorização com o fator de segurança. O PETG apresenta uma tensão de escoamento de 18,6 MPa enquanto o ABS apresenta um valor 14,7 MPa, isso causa uma vantagem em relação ao PETG que mesmo ostentando deformações e tensões maiores tem uma distância em relação a tensão de escoamento superior.

5.8.3.3 Direções Ortotrópicas

Assim como as escolhas anteriores a prioridade em relação às direções ortotrópicas do PETG se deu a partir do maior distanciamento em relação a tensão de escoamento, ou seja, uma priorização ao fator de segurança, dessa forma, a direção do filamento determinada foi "H" = "x", sua superioridade pode ser visualizada nas tabelas 19 e 21.

5.8.3.4 Fator de segurança

A partir da escolha do braço foi possível o cálculo do fator de segurança. Como a tensão de escoamento do PETG é 18,6 MPa, dividimos esse valor por 1,5 para obter a tensão admissível e assim temos 12,4 MPa como a tensão base para podermos trabalhar com segurança. O resultado do perfil (30x30x3) HX sob carga de 20 N apresentou tensão máxima de 1,89 MPa, sendo 6.56 vezes menor do que a tensão admissível, e para a carga de 30 N, o perfil apresentou tensão máxima de 2,83 MPa, que é 4.37 vezes menor que a tensão admissível, assim ambos os resultados estão dentro do valor de segurança.

$$\sigma adm = \frac{\sigma esc}{1,5} \tag{5.3}$$

Onde:

σadm: é a tensão admissível

σesc: é a tensão de escoamento

$$FatorDeSegurança = \frac{\sigma adm}{\sigma encont} \tag{5.4}$$

σadm: é a tensão admissível

$\sigma encont$: é a tensão encontrada na simulação

O braço escolhido foi o (30x30x3) PETG HX que pode ser visualizado na figura a seguir com um carregamento de 30N em uma simulação de estresse equivalente:

5.9 Frame

5.9.1 Resultados

O frame é dado pela junção do chassi com os braços, através das simulações estruturais do mesmo é possível ter uma ideia geral da estrutura do drone, já que ele representa toda a parte esquelética do mesmo. As simulações dos frames foram feitas em direções diferentes em relação ao braço, para que as propriedades ortotrópicas não se alterassem foi considerado a direção "y" dos frames igual a direção "-z" dos braços e a direção "z" dos

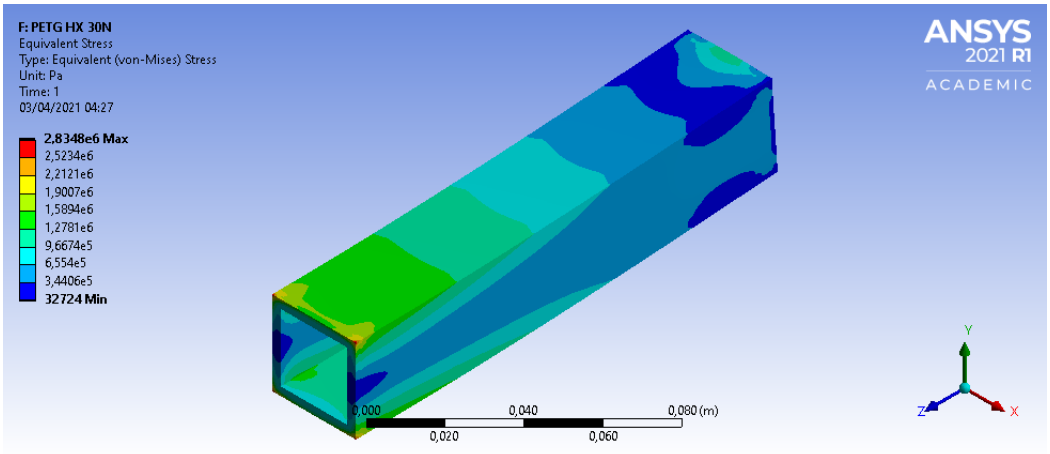

Figura 31 – Perfil 30303 PETG HX 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software Ansys)

frames foi considerado igual a direção "y" dos braços. As coordenadas dos braços podem ser visualizadas na figura 32.

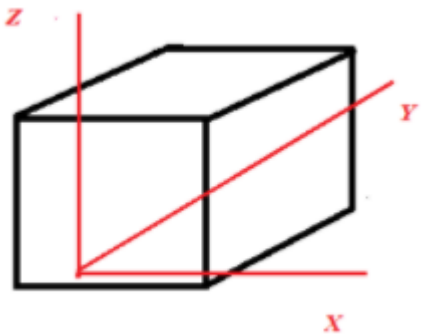

Figura 32 – Cordenadas dos frames (Autoria própria)

O resultado das simulações dos frames juntamente com uma geometria montada do frame, proteção eletrônica e suporte podem ser vistas a seguir:

		20 N		30 N	
Perfil	Massa (g)	σ (MPa)	Δmáx (mm)	σ (MPa)	Δmáx (mm)
Frame v1	270,92	212,5	18,699	318,76	28,048
Frame v2	225,23	36,622	6,2178	54,934	9,3267
Frame v3	263,16	4,3032	0,69691	6,4549	1,0454
Geometria Montada	330,51	4,1949	0,66958	6,2923	1,0044

Tabela 22 – Resultados das Simulações dos Frames com ABS H = x; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys)

		20 N		30 N	
Perfil	Massa (g)	σ (MPa)	Δmáx (mm)	σ (MPa)	Δmáx (mm)
Frame v1	270,92	222,24	20,646	333,35	30,969
Frame v2	225,23	36,875	6,5036	55,312	9,7554
Frame v3	263,16	4,265	0,73058	6,3975	1,0959
Geometria Montada	330,51	4,2762	0,70377	6,4142	1,0557

Tabela 23 – Resultados das Simulações dos Frames com ABS H = y; V = x; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys)

		20 N		30 N	
Perfil	Massa (g)	σ (MPa)	Δmáx (mm)	σ (MPa)	Δmáx (mm)
Frame v1	330,83	188,4	20,977	282,59	31,465
Frame v2	275,04	35,628	6,7446	53,442	10,117
Frame v3	321,36	4,0409	0,73034	6,0614	1,0955
Geometria Montada	403,61	4,3965	0,70109	6,5947	1,0516

Tabela 24 – Resultados das Simulações dos Frames com PETG H = x; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys)

		20 N		30 N	
Perfil	Massa (g)	σ (MPa)	Δmáx (mm)	σ (MPa)	Δmáx (mm)
Frame v1	330,83	212,13	21,455	318,19	32,183
Frame v2	275,04	33,542	6,8224	50,314	10,234
Frame v3	321,36	4,2286	0,76582	6,3429	1,1018
Geometria Montada	403,61	4,4897	0,70548	6,7345	1,0582

Tabela 25 – Resultados das Simulações dos Frames com PETG H = y; V = y; F = z (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys)

5.9.2 Geometria

Inicialmente foi desenhado um frame com excesso de furos e concentração de tensão (frame v1) o que ocasionou uma peça frágil, sendo assim, criou-se uma segunda geometria com o intuito de melhorar a primeira (frame v2), contudo ela manteve uma concentração de tensão grande o que foi necessário ser reforçado em uma terceira versão (frame v3).

5.9.3 Material

As condições em relação a escolha do material se repetiu no chassi, os valores em relação a diferença da tensão calculada na simulação e a tensão de escoamento favoreceu o PETG, dessa forma, fixou o material.

A evolução do frame pode ser visto pelas figuras 33, 34 e 35 a seguir:

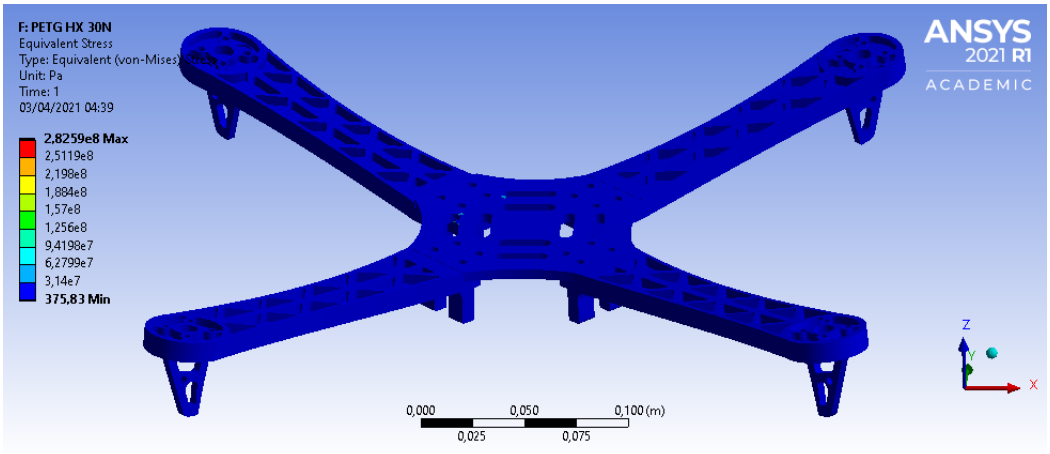

Figura 33 – Frame v1 PETG HX 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando os Softwares SOLIDWORKS e Ansys)

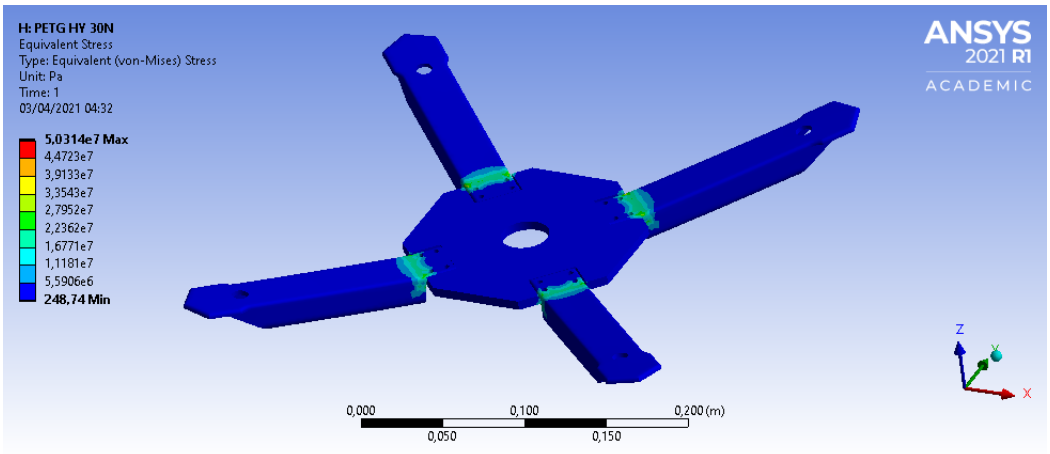

Figura 34 – Frame v2 PETG HY 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando os Softwares SOLIDWORKS e Ansys)

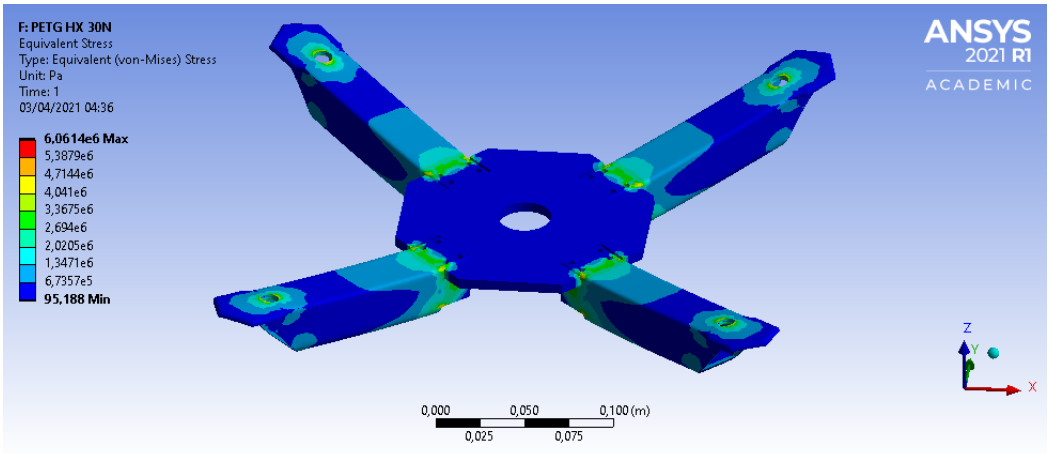

Figura 35 – Frame v3 PETG HX 30N (Autoria própria, desenvolvido utilizando os Softwares SOLIDWORKS e Ansys)

5.9.4 Direções Ortotrópicas

Assim como no braço a prioridade em relação às direções ortotrópicas do PETG se deu a partir do maior distanciamento em relação a tensão de escoamento, ou seja, uma priorização ao fator de segurança, dessa forma, a direção do filamento determinada foi "H" = "x", sua superioridade pode ser visualizada nas tabelas 24 e 25.

5.9.5 Fator de Segurança

Como já discorrido no tópico 5.8.3.4 12,4 MPa é a tensão base para podermos trabalhar com segurança. O resultado frame v3 HX sob carga de 20 N apresentou tensão máxima de 4,04 MPa, sendo 3.07 vezes menor do que a tensão admissível, e para a carga de 30 N, o perfil apresentou tensão máxima de 6,06 MPa, que é 2.05 vezes menor que a tensão admissível, assim ambos os resultados estão dentro do valor de segurança.

5.10 Autonomia de voo

A partir da geometria encontrada foi possível fazer uma estimativa de peso mais precisa de todo o conjunto do drone. Os componentes eletrônicos estão com massa total de 327,08 g e a estrutura com 400 g. Considerando a parte que vai proteger a eletrônica, os fios, e uma margem de segurança para a massa, a estimativa de peso total do drone sem baterias e motor é 1200 g. A partir dessa estimativa foi possível definir o motor e as hélices que serão utilizadas no projeto.

5.10.1 Motores e hélices

O motor elétrico transforma energia elétrica em mecânica,que deve proporcionar empuxo suficiente para a elevação do drone (SILVA; CORDEIRO, 2011). Apesar de haver

diversos tipos de classificação para motores elétricos, dois se destacam, os motores com escovas e os sem escovas conhecidos como ("brushless"). Em drones por necessitarem de motores que possuem regime de trabalho em altas rotações e potência elevada, os motores de indução ("brushless") são mais utilizados devido sua eficiência e durabilidade (DEMOLINARI, 2016).

Os motores sem escova tem como característica principal três cabos conectores em seu acionamento e controle de rotação. Os motores de indução trifásicos comuns, operam em pequenas faixas de velocidade que variam conforme a frequência da corrente, outra desvantagem desse tipo de motor e sua baixa performance em situações transientes.Porém com introdução de eletrônica de potência, o que permitiu a construção de inversores que fornecem corrente em frequência variável, o que permitiu que esses motores fossem utilizados em diversas aplicações (DEMOLINARI, 2016).

Atualmente no mercado existem diversos fabricantes de motores brushless, que fornecem motores com variadas potências. Por depender exclusivamente dos motores para voar e manobrar esse motor deve ter potência suficiente para cumprir com esses objetivos.

As hélices são responsáveis por gerar o empuxo para o drone, por meio da movimentação de massas de ar, assim como os motores existem diversos fabricantes de hélices, que as fabricam em diversos materiais como: nylon, madeira, fibra de carbono, entre outros. O diâmetro e o passo são as principais características que resultam em diferentes valores de velocidade, empuxo e torque (SILVA; CORDEIRO, 2011).

As hélices de drones geralmente possuem passo fixo. O passo é associado ao ângulo da seção β da hélice, que indica a sua inclinação ao eixo longitudinal central. O passo, indica o quanto essa hélice seria deslocada realizando um giro completo, essa é uma medida teórica, que não leva em conta, por exemplo, o arrasto aerodinâmico nem a compressão do ar (DEMOLINARI, 2016). A variação no passo da hélice pode gerar variação no empuxo; Sendo maior, provoca um maior empuxo, porém exige mais torque do motor o que provoca aumento na corrente de acionamento, Sendo menor, gera menos empuxo, entretanto exige um menor esforço do motor (DEMOLINARI, 2016).

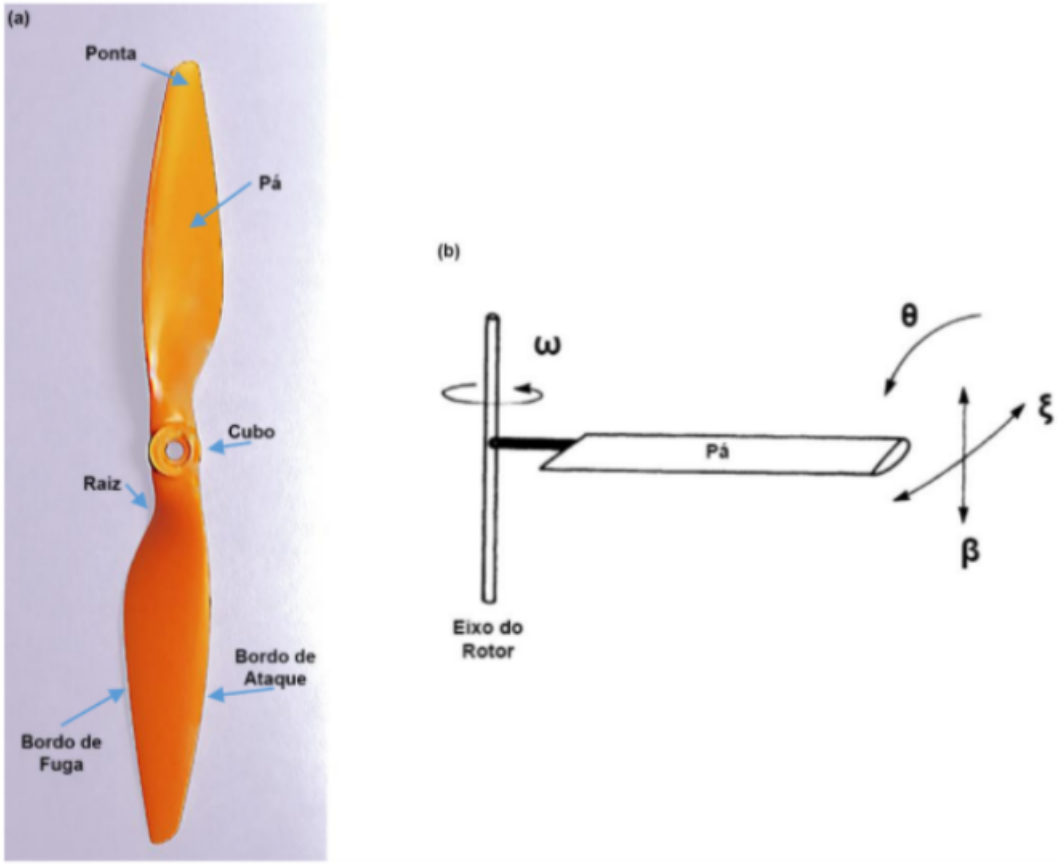

Figura 36 – Hélice (DEMOLINARI, 2016)

A escolha dos motores e hélices foram feitos com base em simulação no software ecalc, que foi recomendado por diversos blogs especializados na área. O software tem em sua base de dados, as características de motores e hélices disponíveis no mercado. A partir de inputs como peso do drone, tamanho do chassi, e altura de trabalho, entre outros, podemos avaliar se os motores e hélices são adequados para o drone. A imagem abaixo mostra a tela inicial desse software, no qual os dados do drone já foram inseridos.

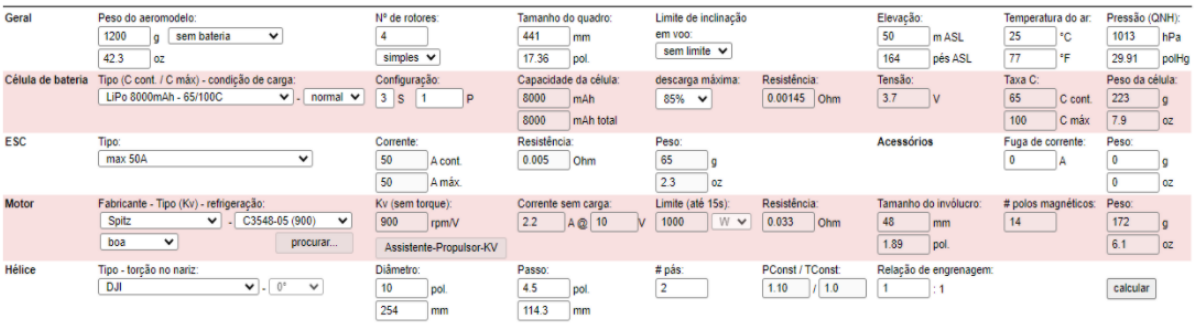

Figura 37 – Entradas (Autoria própria, calculado utilizando o Software E-calc)

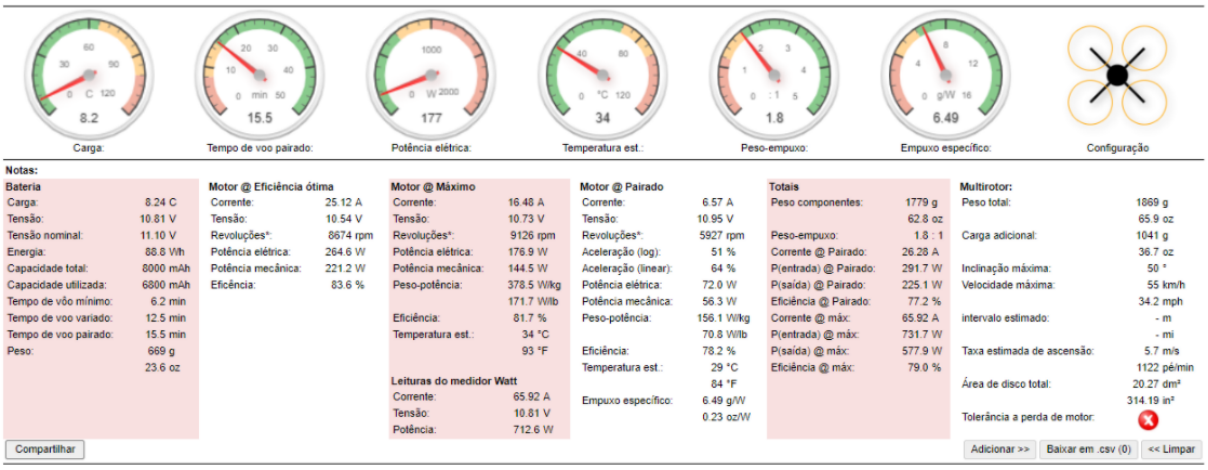

Figura 38 – Resultados (Autoria própria, calculado utilizando o Software E-calc)

As simulações foram feitas estimulando um peso de 1200 gramas para o conjunto chassi e componentes eletrônicos, entretanto essa massa não considerava o peso da bateria e dos motores. O peso de um drone é um fator fundamental, pois o esse influencia de forma negativa a capacidade de voar do drone. Ao adicionarmos as massas de bateria e dos motores uma massa de aproximadamente 1869 gramas foi encontrada. Com base nessa massa, o drone precisa de um empuxo mínimo por motor de aproximadamente 468 gramas. Esse valor de empuxo por motor foi encontrado dividindo a massa total pelo número de motores. Em blogs especializados em drones é recomendado uma relação de empuxo peso de no mínimo 1,8 a 2,4 para o drone que está sendo projetado. Com base em simulação, foi possível escolher os motores e hélices que serão utilizados. O motor escolhido foi o da marca Spitz modelo C3548-05 (900) e a hélice da marca DJI de 10 polegadas de diâmetro e passo de 4,5 polegadas.

Esses motores e hélices, proporcionam uma relação de empuxo de 1,8 o que está dentro da margem recomendada para o drone a ser fabricado. A seguir será apresentado os inputs, tabela 26, dados da hélice e motor obtidos, tabela 27 e os resultados adquiridos por essa simulação estão na tabela 28 a seguir.

Geral	
Peso sem bateria	1200 g
Número de rotores	4
Tamanho do quadro	441 mm
Limite de inclinação de voo	sem limite
Elevação	50 mASL
Temperatura do ar	25°C
Pressão (QNH)	1013 hPa
Célula de bateria	
Tipo (C. cont./C. máx)	LiPo 8000 mAh - 65/100C
Configuração	3 S 1 P
Descarga máxima	85
ESC	
Tipo	max 50 A
Fuga de corrente	0 A
Peso	0 g

Tabela 26 – Entradas (Autoria própria, calculado utilizando o Software E-calc)

Motor	
Fabricante	Splitz
Kv (sem torque)	900 rpm/V
Corrente sem carga	2,2 A 10 V
Limite (Até 15 s)	1000 W
Resistência	0,33 Ohm
Tamanho do Invólucro	48 mm
Poloes magnéticos	14
Peso	172 g
Hélice	
Tipo	DJI
Diâmetro	254 mm
Passo	114,3 mm
Pás	2
PConst	1,10
TConst	1,0
Relação de engrenagem	1:1

Tabela 27 – Motor e hélice (Autoria própria, calculado utilizando o Software E-calc)

Fonte: Software E-calc

Tempo de voo pairado	15,5 minutos
Temperatura estável	34 °C
Relação peso empuxo	1,8
Empuxo específico	6,49 g/W
Inclinação máxima	50º
Taxa estimada de ascensão	5,7 m/s

Tabela 28 – Resultados simulação E-calc (Autoria própria, calculado utilizando o Software E-calc)

5.11 Análise analitica

Com a geometria otimizada estabelecida, os motores e hélices definidos, foi possível realizar o cálculo das forças a serem aplicadas no drone para análise estrutural, assim será mostrado como foi obtido forças mais precisas para serem utilizadas nas simulações estruturais e realmente validar a estrutura projetada do drone, além de ser possível calcular os momentos de inércia do drone.

5.11.1 Empuxo

O empuxo necessário para o drone poder voar pode ser obtido dividindo a massa total do drone pela quantidade de motores. O empuxo necessário em cada motor em nosso projeto é 468 g. A equação 5.1 para o cálculo do empuxo já foi mencionada no tópico 5.8.1

Massa total do drone: 1869 g

Quantidade de motores: 4

Empuxo necessário em cada motor: 468 g

5.11.2 Força de empuxo

A força de empuxo exercida por cada motor pode ser obtida multiplicando o empuxo pela aceleração da gravidade. A força de empuxo necessária em cada motor em nosso projeto é 4, 59 N. A equação 5.2 para o cálculo da força de empuxo já foi mencionada no tópico 5.8.1

Empuxo necessário em cada motor: 468 g

Aceleração da gravidade: 9,81 m/s^2

Força de empuxo de cada motor: 4,59 N

5.11.3 Momento de inércia

Os momentos de inércia são calculados a partir das seguintes equações (SALDANHA, 2019):

$$I_{xx} = \frac{2MR^2}{5} + 2L^2m \tag{5.5}$$

$$I_{yy} = \frac{2MR^2}{5} + 2L^2m \tag{5.6}$$

$$I_{zz} = \frac{2MR^2}{5} + 2L^2m \tag{5.7}$$

Onde:

I_{xx} é o momento de inércia em relação ao eixo x.

I_{yy} é o momento de inércia em relação ao eixo y.

I_{zz} é o momento de inércia em relação ao eixo z.

M é a massa da estrutura central

R é a metade do comprimento da estrutura central

m é a massa do motor

L é a distância dos motores à estrutura central

Cada constante está representada na figura 39 a seguir, e logo em seguida na tabela 29 estão seus valores.

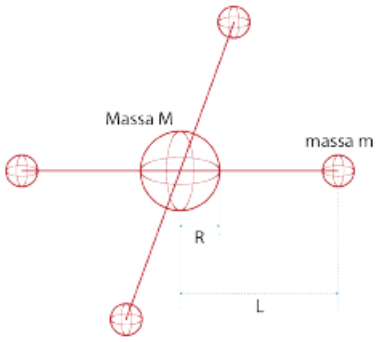

Figura 39 – Representação das constantes para cálculo do momento de inércia (SILVA; CORDEIRO, 2019)

Massa central da estrutura (M)	190,13 g
Metade do comprimento da estrutura central (R)	220,5 mm
Massa do motor (m)	65 gramas
Distância dos motores à estrutura central (L)	129,22 mm

Tabela 29 – Constantes para cálculo do momento de inércia (Autoria própria)

Os momentos de inércia obtidos, tabela 30, foram:

I_{xx}	0,0059 kg*m^2
I_{yy}	0,0059 kg*m^2
I_{zz}	0,0080 kg*m^2

Tabela 30 – Momentos de inércia (Autoria própria)

5.12 Geometria otimizada

Foi usado como base para montar o chassi frame do drone F550, que é um drone bastante popular e que tem uma estrutura de extrema qualidade, porém foi realizado modificações grandes como a região central do frame do drone que foi fabricada totalmente sólida, sem otimização topológica, pois o processo de fabricação é através da manufatura aditiva, é essa tecnologia produz peças com qualidade e geometrias complexa de baixo peso.

Os braços foram reforçados com perfil quadriculado para reduzir o efeito das cargas do motor na estrutura. Os acoplamentos de todas as peças foram feitos em mesmos pontos, evitando criar muitos furos na estrutura, e acrescentar parafusos, de modo a otimizar a massa e evitar pontos de concentração de tensão.

Todas as quinas da estrutura foram filetadas para evitar concentradores de tensão, mas levando em consideração também raios de curvaturas que não fossem atrapalhar o processo de fabricação, sempre evitando ângulos maiores que 60 graus.

Nesta fase do projeto ainda não foi considerado os furos de encaixe do motor, pois isso irá depender da definição do modelo do mesmo, que estava sendo feito em paralelo com o desenvolvimento da estrutura, inviabilizando a definição deste furos a estrutura foi projetada para suporta as cargas adversas de tempo, por isso a mesma foi desenhada de modo robusto mas ao mesmo tempo utilizando-se de geometrias simples, para otimizar o processo de impressão das peças, por isso o frame foi dividido em 4 braços, frame central, trem de pouso e caixa para eletrônica. com objetivo de possibilitar a fabricação em impressoras 3d, de mesa, tal frame pode ser visualizado nas imagens 40, 41, 42 e 43 a

seguir:

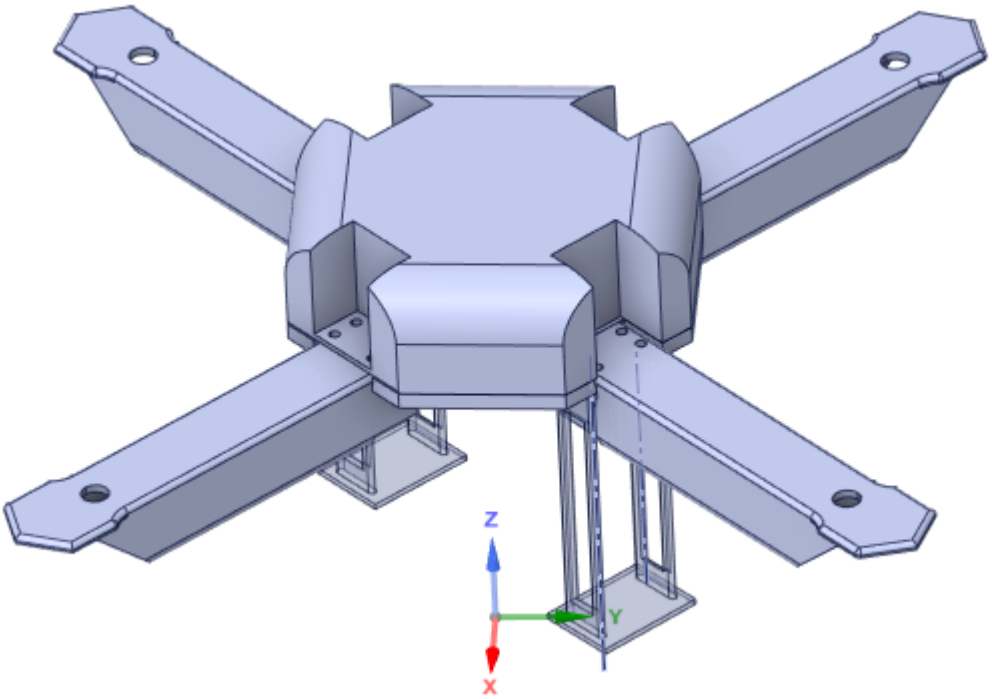

Figura 40 – Geometria Montada Vista Isométrica (Autoria própria, desenvolvido utilizando o SOLIDWORKS e visualizada a partir do Software ANSYS)

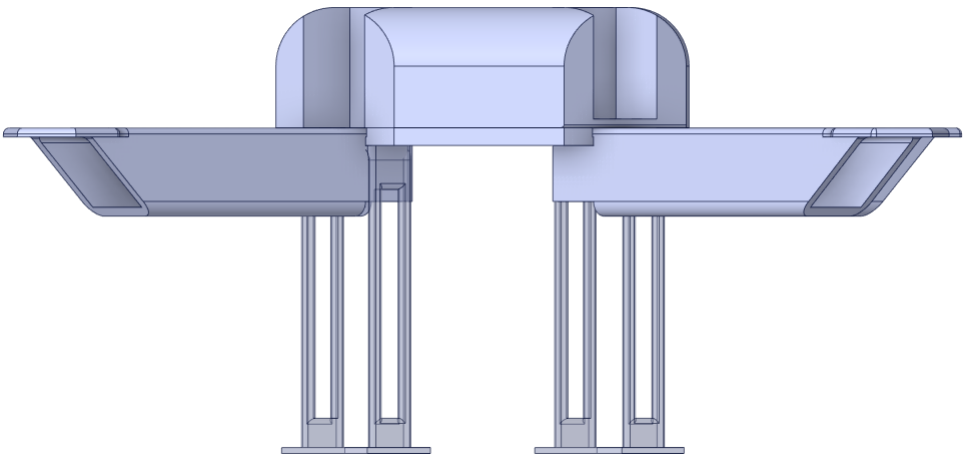

Figura 41 – Geometria Montada Vista Lateral (Autoria própria, desenvolvido utilizando o SOLIDWORKS e visualizada a partir do Software ANSYS)

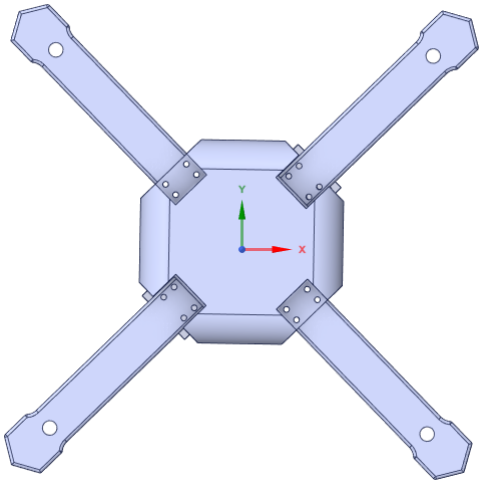

Figura 42 – Geometria Montada Vista Superior (Autoria própria, desenvolvido utilizando o SOLIDWORKS e visualizada a partir do Software ANSYS)

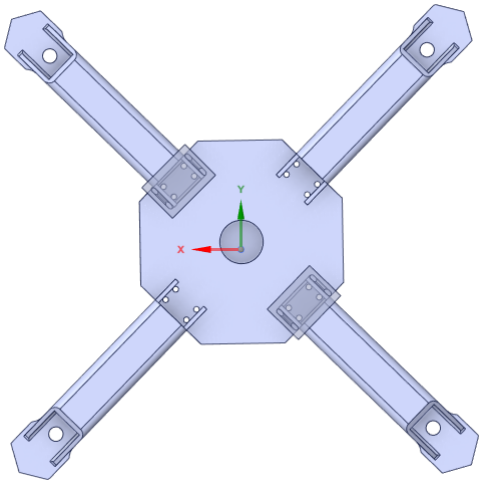

Figura 43 – Geometria Montada Vista Inferior (Autoria própria, desenvolvido utilizando o SOLIDWORKS e visualizada a partir do Software ANSYS)

5.13 Validação da geometria otimizada

A partir das escolhas de material, geometria e direções ortotrópicas do braço e frame foram feitas 3 simulações considerando o carregamento de 4,59 N para cada braço. O carregamento de 4,59 N foi dado pelo empuxo de cada motor, foram obtidos os seguintes resultados, mostrados na tabela 31.

Perfil	**Massa (g)**	σ **(MPa)**	$\Delta(mm)$
Braço 30303 PETG HX	61,722	0,43372	0,09191
Frame v3 PETG HX	321,36	0,92739	0,16761
Montagem	403,61	1,009	0,1609

Tabela 31 – Resultados das simulações da geometria otimizada (Autoria própria, calculado utilizando o Software Ansys)

As figuras 44, 45 e 46 a seguir ilustram as geometrias otimizadas:

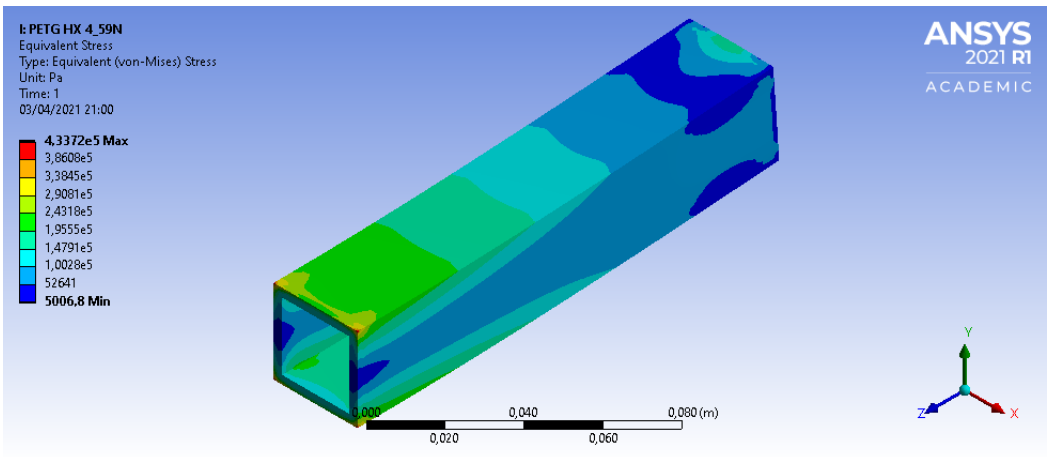

Figura 44 – Perfil 30303 PETG HX 4,59N (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software Ansys)

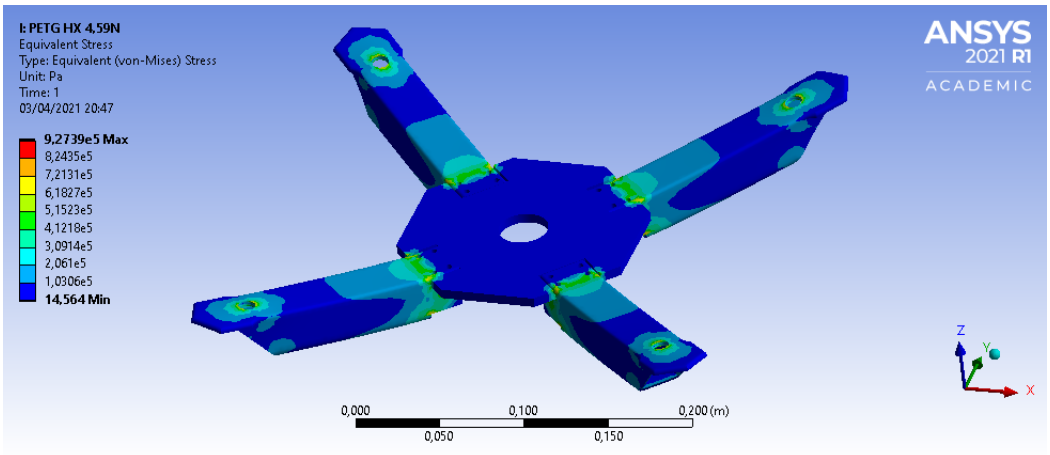

Figura 45 – Frame v3 PETG HX 4,59N (Autoria própria, desenvolvido utilizando os Softwares SOLIDWORKS e Ansys)

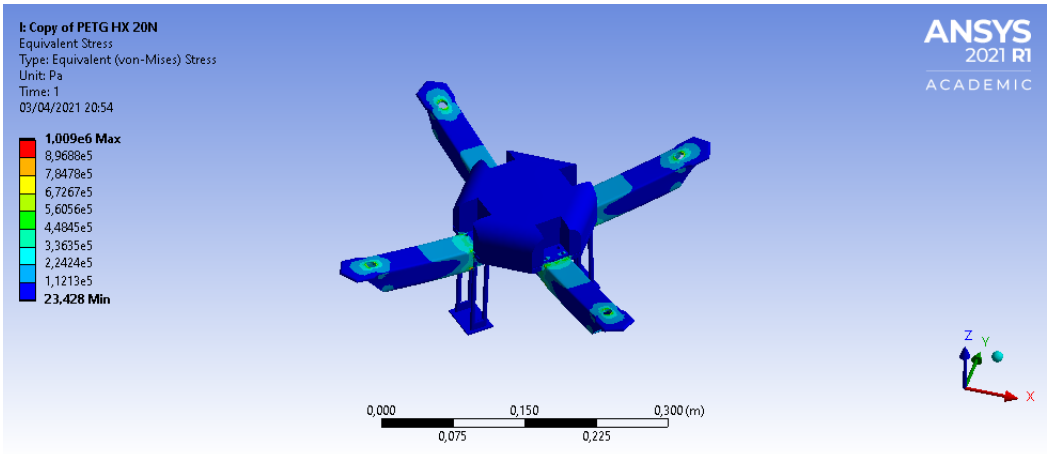

Figura 46 – Geometria Montada PETG HX 4,59N (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Softwares SOLIDWORKS e Ansys)

As geometrias foram validadas utilizando uma força exacerbada de 20 N e como esperado os valores de 4,59 N retornaram baixo estresse. O braço, frame e estrutura montada escolhidos demonstrou a tensão máxima de 0,434 MPa, 0,927 MPa e 1,01 MPa respectivamente que comparado com a tensão admissível adotada do PETG de 12,4 MPa resulta em um valores 28,57, 13,38 e 12,27 vezes menores respectivamente, respeitando, dessa forma, o valor de segurança. Os valores de segurança altos objetivam dar à estrutura do drone uma resistência maior em casos adversos, que seja necessário resistir a tensões maiores em decorrência, por exemplo, de rajadas de ventos.

5.14 Classificação do drone

De acordo com o peso máximo de decolagem, os drones são divididos em três categorias, nas quais devem ser considerados os pesos da bateria ou combustível do equipamento e o peso da carga final transportada (ANAC, 2017). De acordo com as normas E94-001B e E94-002A, nosso projeto está na classe 3, drone com peso máximo de decolagem maior que 250g e até 25 kg, e a altura máxima de voo de 122 metros. O planejado para o projeto é atuar até em 50 metros, que é a altura máxima de atuação do LIDAR, assim o nosso drone está dentro das normas.

5.15 Definições de normas

Norma ASTM D 638: Método padrão de teste para propriedades de tração de plásticos (ABNT, 2014).

Norma ASTM D 2240: Método de teste padrão para propriedade de borracha - Dureza do durômetro (ABNT, 2015).

Norma ISO 75: Plásticos - Determinação da temperatura de deflexão sob carga (ABNT, 1993).

DIN EN ISO 527-2: Plásticos - Determinação das propriedades de tração - Parte 2: Condições de teste para moldagem e extrusão de plásticos (ISO, 2012).

DIN EN ISO 178: Plásticos - Determinação das propriedades de flexão (ISO, 2019).

DIN 5376: Transmissores de velocidade de revolução para engenharia mecânica (DIN, 1974).

ISO-R 75 Method A: Plásticos - Determinação da temperatura de deflexão sob carga (ISO, 2020).

E94-001B. Autorização de Projeto de Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada - Procedimentos Gerais (ANAC, 2017).

E94-002A. Autorização de Projeto de Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada - RPAS - Requisitos Técnicos (ANAC, 2019).

6 Software

A área de Software será encarregada de produzir algoritmos auxiliares ao funcionamento motor do Damte, além de desenvolver algoritmos responsáveis por:

- Mapeamento do terreno com base nos dados fornecidos pelo LiDAR.
- Calcular menor rota de emergência para o Damte.
- Enviar impulsos elétricos responsáveis por fazer o drone voltar até o ponto inicial.
- Salvar as posições do drone ao longo do tempo utilizando Blockchain.
- Criar uma imagem baseada nos pontos gerados pelo mapeamento.
- Enviar impulsos elétricos responsáveis por fazer o drone voltar até o ponto onde ocorreu a situação de emergência.

6.1 Arquitetura de Software

Esse documento mostra uma visão geral do projeto Damte no quesito de arquitetura, de forma a mostrar como o mesmo estará sendo desenvolvido.

6.1.1 Finalidade

Este documento oferece uma visão geral arquitetural do projeto em si. O objetivo deste documento é capturar e comunicar as decisões arquiteturais significativas que foram tomadas em relação ao Damte e como ele será integrado ao hardware.

6.1.2 Escopo

No documento são abordados temas relacionados com a arquitetura do projeto, como a visão geral, a visão de implementação, o desempenho e a qualidade.

6.1.3 Dispositivos e serviços

- *Raspberry Pi*: Computador de baixo custo do tamanho de um cartão de crédito (RASPBERRYPI.ORG, 20–?).
- *Blockchain*: Estrutura de dados que utiliza blocos ligados um ao outro para manter segurança dos dados. (CONWAY, 2020)

- *LiDAR*: sensor que compreende o mundo em 3D usando feixes de laser e medindo o tempo que leva para o laser retornar. A saída é uma nuvem de pontos (COHEN, 2020).

6.1.4 Visão Geral

O documento tem suas respectivas visões e em cada uma delas seu enunciado ou diagrama que a representa.

6.1.5 Casos de uso

Os casos de uso documentam o que o projeto de software irá fazer no ponto de vista de algum ator, no caso o usuário, descrevendo suas principais funcionalidades e integrações com outras partes do projeto (RIBEIRO, 2012).

Na figura 47 é explicado como ocorre o mapeamento pelo sistema, onde o usuário leva o drone até o local onde será feito o mapeamento e o drone realiza a coleta e salvamento dos dados em um formato de pontos com 3 dimensões.

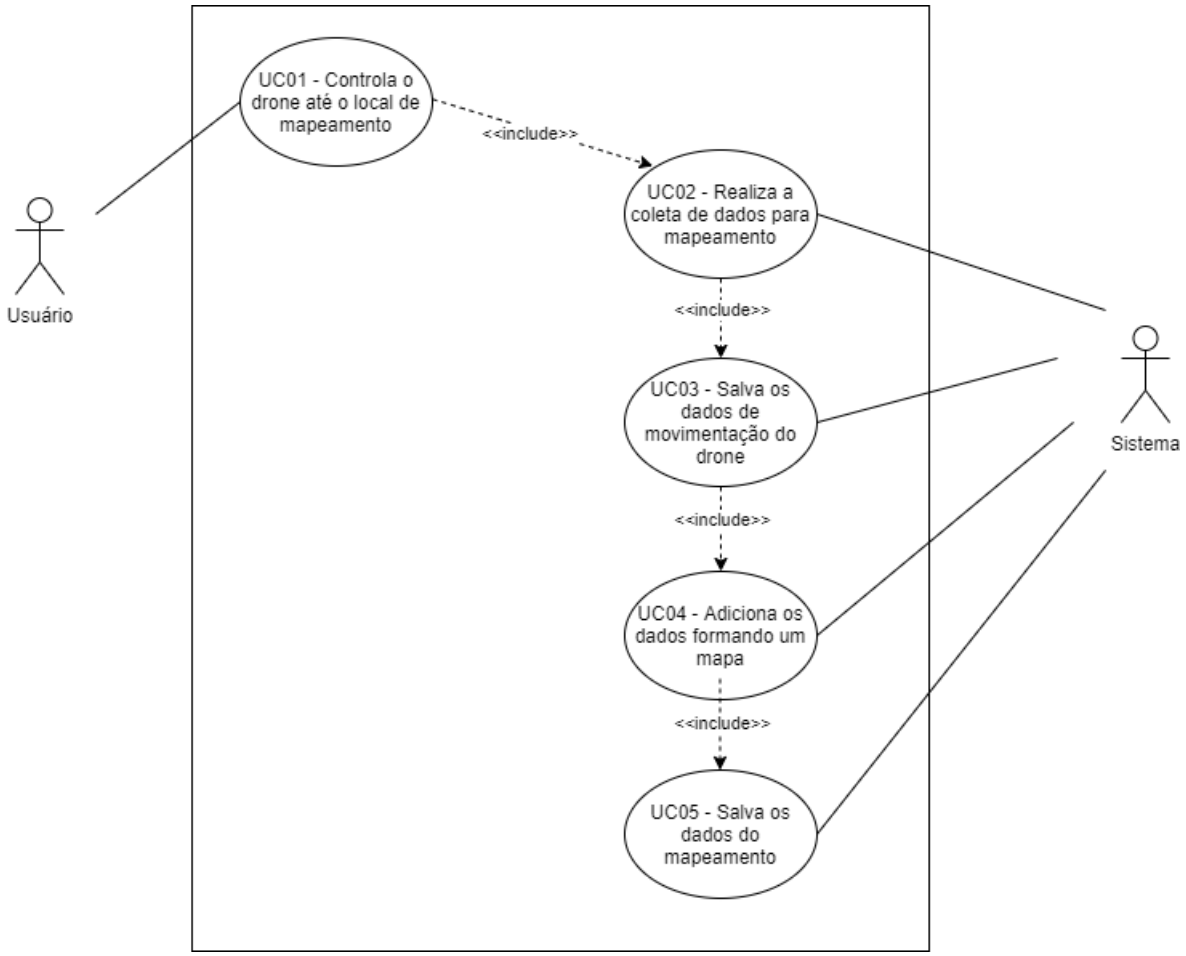

Figura 47 – Diagrama de casos de uso do mapeamento (Autoria própria)

Os casos de emergência podem ser: baixa carga na bateria e perda de comunicação com a central de controle. Na figura 48 o usuário escolhe, em caso de emergência por baixa bateria, se quer voltar de maneira manual ou se quer usar o algoritmo que usa Blockchain para retorna para a base usando o menor caminho calculado.

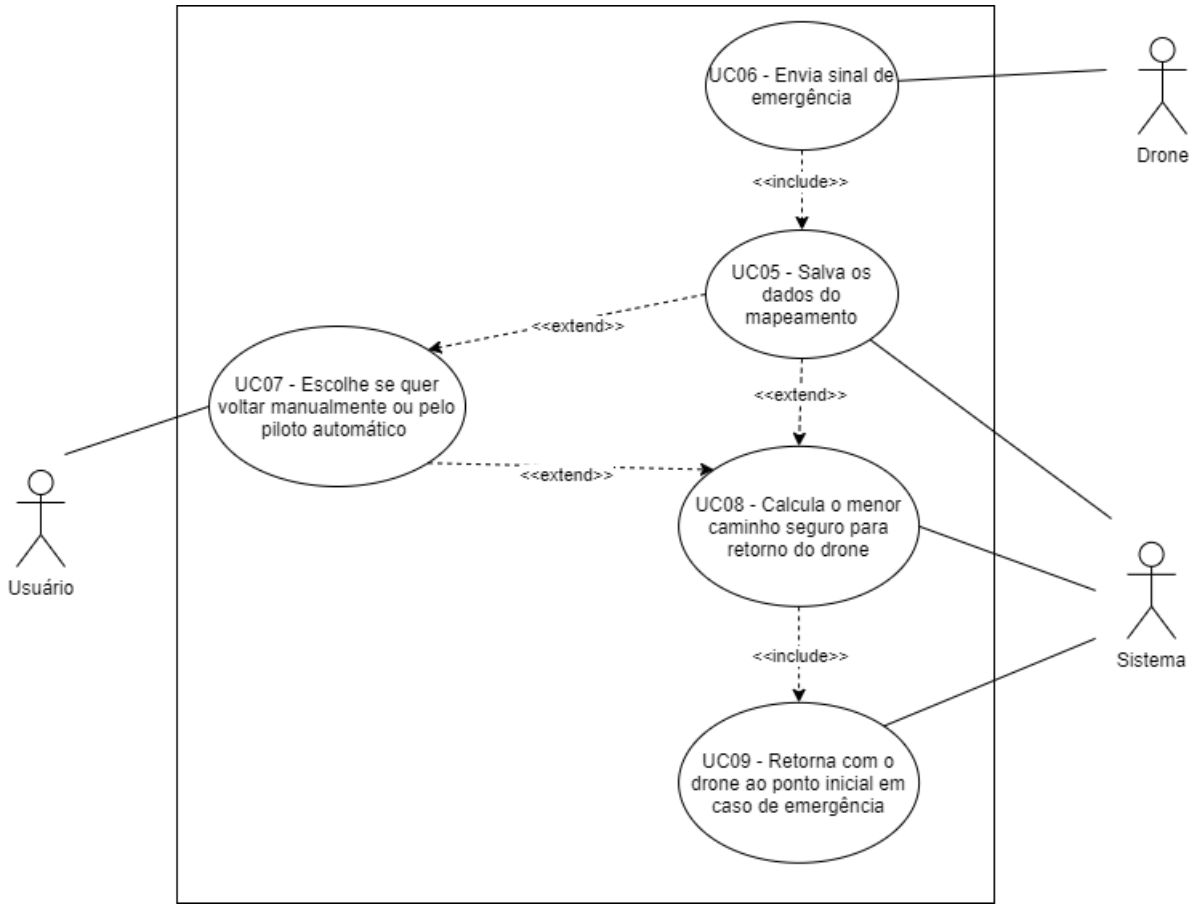

Figura 48 – Diagrama de casos de uso da situação de emergência (Autoria própria)

Na figura 49 o usuário tem a opção de retornar para o ponto onde ocorreu uma situação de emergência. Neste caso o sistema recupera os dados de movimentação do drone e o guia até o local onde estava no momento da emergência.

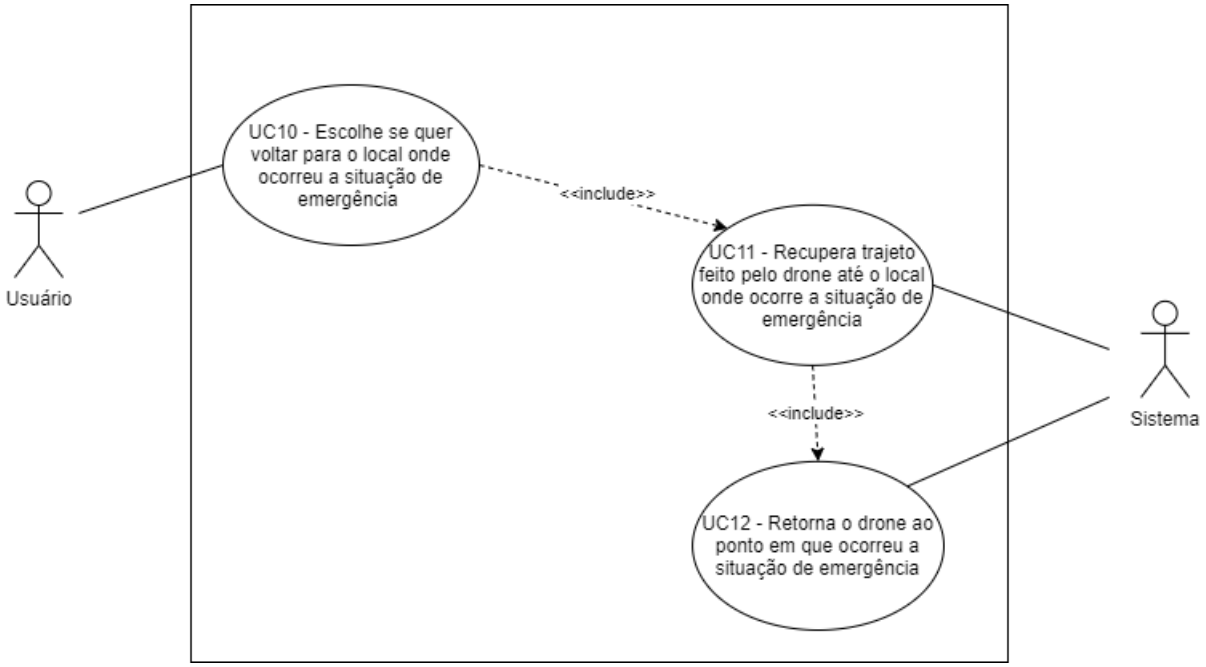

Figura 49 – Diagrama de casos de uso do retorno autônomo (Autoria própria)

6.1.6 Visão Lógica

O diagrama (Figura 50) descreve a atividade que o usuário e o drone vão realizar durante a atividade de mapeamento de uma área.

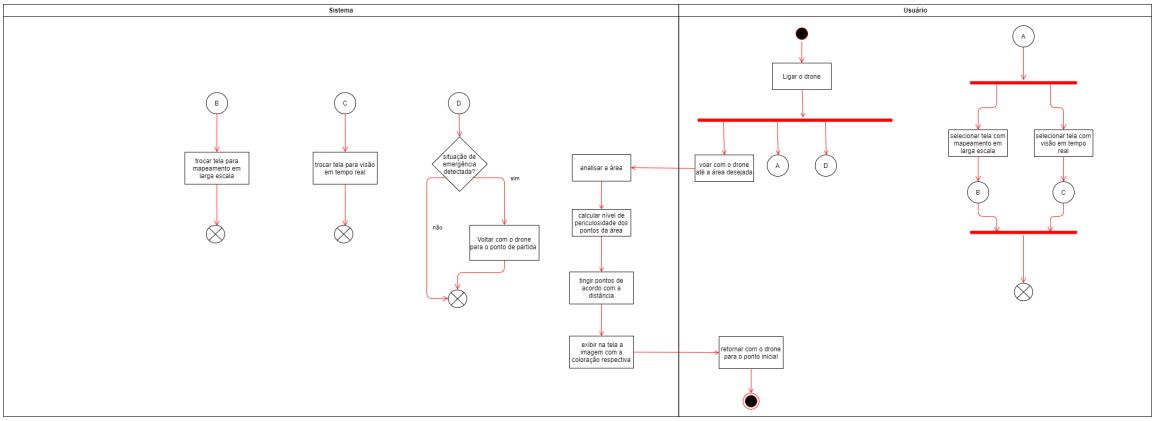

Figura 50 – Diagrama de Atividades (Autoria própria)

6.1.7 Visão da Implementação

Será utilizada a linguagem de programação C++ para a implementação dos códigos responsáveis pelo mapeamento, odometria, registro dos mapas e da movimentação no Blockchain e captação de dados dos sensores.

6.1.7.1 Diagrama de classes

Abaixo está representada a interação entre as classes que compõem a implementação sugerida para o mapeamento de terreno.

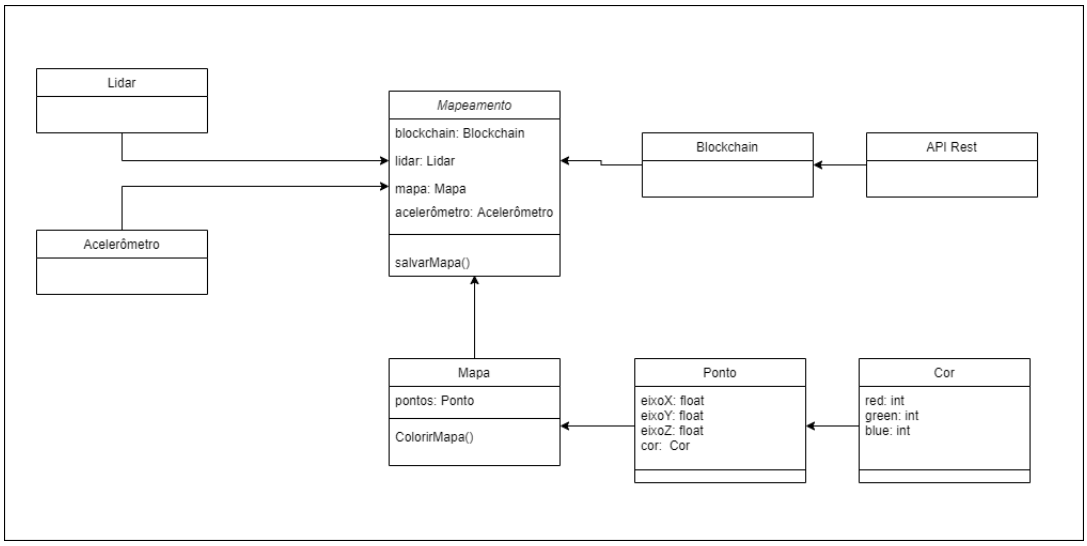

Figura 51 – Diagrama de classes (Autoria própria)

6.2 Arquitetura da Informação

A parte de software do nosso projeto irá captar informações de distância entre o drone e o ponto abaixo dele utilizando uma biblioteca que faz a integração da Raspberry com um LiDAR SF30/B e pode ser encontrada aqui. As informações relacionadas à posição atual do drone serão coletadas através do acelerômetro que estará conectado à Raspberry. A partir desse conjunto de informações, será possivel realizar o mapeamento e o cálculo do menor caminho para retorno do drone.

O sinal que ativará o sistema de emergência virá por um pino pré definido na Raspberry.

Para um melhor entendimento da função de emergência, a figura 52 ilustra um possível caso que pode ocorrer ao apenas calcular o menor caminho possível para o ponto de partida. Para que esse tipo de caso não ocorra, o drone irá subir até o maior ponto que alcançou durante o voo, e, a partir de lá, voltará sem perder altitude ate o local de partida para enfim descer. O usuário também poderá optar por fazer o recuo manualmente ao invés de utilizar a função implementada.

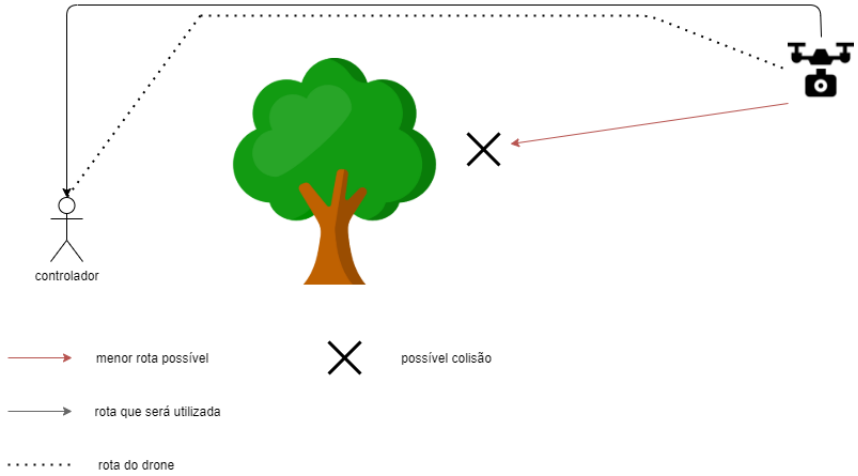

Figura 52 – Representação de retorno com obstáculo (Autoria própria)

6.3 Inovação

A inovação proposta no projeto é a utilização do LiDAR em conjunto com o Blockchain para mapeamento e registro dos dados respectivamente.

O LiDAR será responsável pela emissão e recepção dos lasers emitidos pelo drone. Quando esses lasers atingem um obstáculo, eles criam um conjunto de nuvens de pontos. O sensor funciona com Tempo de Voo (TOF). Essencialmente, ele mede o tempo que leva para cada feixe de laser refletir e retornar (COHEN, 2020).

Quando em alta qualidade (e preço), LiDARs podem criar ricas cenas 3D de um ambiente. Eles podem emitir até 2 milhões de pontos por segundo (COHEN, 2020).

Blockchain é um tipo de banco de dados que utiliza blocos que são ligados juntos utilizando uma hash, que é uma forma de criptografia. Quando um novo bloco é formado, o mesmo é ligado ao bloco anterior que faz com que os dados fiquem salvos em ordem cronológica e é gerada uma nova hash para acessar esses dados. (CONWAY, 2020)

O Blockchain será utilizado para guardar os dados relacionados à movimentação do drone e mapeamento da área. Devido à característica do Blockchain que faz com que seus dados sejam guardados de uma forma sequencial, será possível retornar com o drone para o local onde ocorreu uma situação de emergência, podendo assim continuar o mapeamento.

Referências

3DLAB. *Propriedades dos materiais para impressora 3D*. entre 2013 e 2019. Acessado em: 27/02/2021. Disponível em: <https://3dlab.com.br/propriedades-dos-materiais-para-impressora-3d/>. Citado 3 vezes nas páginas 5, 49 e 51.

3DLAB. *PETG! Será que ele realmente é melhor do que PLA e ABS? 3Dlab*. entre 2013 e 2021. Acessado em: 27/02/2021. Disponível em: <https://3dlab.com.br/petg-conheca-esse-material/>. Citado 2 vezes nas páginas 49 e 50.

ABNT, A. B. D. N. D. N. T. *Plastics — Determination of temperature of deflection under load*. 1993. Acessado em: 14/03/2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=29935>. Citado na página 81.

ABNT, A. B. D. N. D. N. T. *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. 2014. Acessado em: 14/03/2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=293527>. Citado na página 80.

ABNT, A. B. D. N. D. N. T. *Standard Test Method for Rubber Property - Durometer Hardness*. 2015. Acessado em: 14/03/2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=356686>. Citado na página 80.

ANAC, A. N. D. A. C. *RBAC 01: Regulamentos brasileiros de aviação civil. Definições, regras de redação e unidades de medida. [S.l.]*. 2008. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_ing/tr1042.htm>. Citado na página 46.

ANAC, A. N. de A. C. *E94-002A*. 2017. Acessado em: 01/04/2021. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-94-002>. Citado 2 vezes nas páginas 80 e 81.

ANAC, A. N. de A. C. *IS E94-001B*. 2019. Acessado em: 01/04/2021. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-e94-001>. Citado na página 81.

ARROW. *The ABCs of HDMI Cables*. 2018. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/the-abcs-of-hdmi-cables>. Citado na página 34.

BEGGI, V.; LOISEL, L.; NGUYEN, X.-T. Microgrid in usth campus : Architecture and power management strategies. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327237748_Microgrid_in_USTH_campus_Architecture_and_Power_Management_Strategies>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 44.

BLITZWOLF. *BlitzWolf®BW-PCM3 15.6-inch Touchable Monitor with FHD 1080P IPS, Touch Screen, Type-C Full-feature, Dual Stereo Sound, OSD Button and Reverse Charging*. 2020. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://www.blitzwolf.com/BlitzWolfBW-PCM3-15.6-inch-Touchable-Monitor-with-FHD-1080P-IPS,-Touch-Screen,-Type-C-Full-feature,

-Dual-Stereo-Sound,-OSD-Button-and-Reverse-Charging-p-415.html>. Citado 3 vezes nas páginas 2, 25 e 26.

BRASIL, R. *Para leigos: entenda o Método dos Elementos Finitos*. 2020. Acessado em: 30/03/2021. Disponível em: <https://kotengenharia.com.br/para-leigos-entenda-o-metodo-dos-elementos-finitos/>. Citado 2 vezes nas páginas 56 e 57.

CARRION, R. *Introdução aos elementos de máquinas*. 2019. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4548555/mod_resource/content/1/Aula%201%20-%20Criterios%20de%20Falha%20-%20Estatica.pdf>. Citado na página 57.

COHEN, J. *How LiDAR Detection Works*. 2020. Acessado em: 16/03/2021. Disponível em: <https://heartbeat.fritz.ai/how-lidar-detection-works-8db24556a8d9>. Citado 3 vezes nas páginas 29, 83 e 87.

CONWAY, L. *Blockchain Explained*. 2020. Acessado em: 30/03/2021. Disponível em: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>. Citado 2 vezes nas páginas 82 e 87.

DAIER. *KFC-A06-H Tact switch*. 2017. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://www.chinadaier.com/kfc-06-h-tact-switch/>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 26.

DASSAULTSYSTEMES. *CATIA*. 2020. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <https://www.3ds.com/products-services/catia>. Citado na página 21.

DASSAULTSYSTEMES. *SOLIDWORKS Projeto/Engenharia*. 2020. Acessado em: 04/04/2021. Disponível em: <https://www.solidworks.com/pt-br/domain/design-engineering>. Citado na página 21.

DEMOLINARI, H. C. Projeto de construÇÃo um drone hexacÓptero. 2016. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/1792/1/PROJETO%20DE%20CONSTRU%C3%87%C3%83O%20UM%20DRONE%20HEXACOPTERO%20%28SEM%20Assinaturas%29.pdf>. Citado 4 vezes nas páginas 3, 60, 70 e 71.

DIN, D. I. für N. *Revolution speed transmitters for mechanical engineering*. 1974. Acessado em: 14/03/2021. Disponível em: <https://www.beuth.de/en/standard/din-5376/508705>. Citado na página 81.

DJI. *Mavic 2, Amplie seu mundo*. entre 2020 e 2021. Acessado em: 30/03/2021. Disponível em: <https://www.dji.com/br/mavic-2/info>. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 59.

ECALC. *Simulações de acionamento elétrico confiáveis*. 2020. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <https://www.ecalc.ch>. Citado na página 21.

ENSINGERPLASTICS. *PEEK - Polieteretercetona. Ensinger Plastics*. 20–? Acessado em: 27/02/2021. Disponível em: <https://www.ensingerplastics.com/pt-br/semiacabados/plasticos-de-alto-desempenho/peek>. Citado 3 vezes nas páginas 5, 50 e 51.

ESSS. *ANSYS*. 2020. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <https://www.esss.co/ansys/>. Citado na página 21.

FERREIRA, T. B. *TECNOLOGIA, GUERRA E CAPACIDADES MILITARES: SISTEMAS ROBÓTICOS E DESENHO DE FORÇA NO SÉCULO XXI*. 2017. Acessado em: 15/03/2021. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/172458>. Citado na página 13.

GIL, F. de S. L. Análise da qualidade de malha de elementos finitos e validação de situação de caso real de viga biapoiada. 2015. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16316/1/PG_DAMEC_2015_1_05.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 58 e 59.

GITHUB. *Hello World*. 2020. Acessado em: 17/03/2021. Disponível em: <https://guides.github.com/activities/hello-world/>. Citado na página 21.

GTA, G. T. . A. *Asa fixa ou multirotor: principais diferenças*. 2019. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://www.gtalevantamentos.com.br/asa-fixa-ou-multirotor-principais-diferencas/>. Citado 3 vezes nas páginas 46, 47 e 48.

HOBBYKING.COM. *Turnigy 5000mAh 6S 40C LiPo Pack w/ XT90*. 2021. Acessado em: 31/03/2021. Disponível em: <https://hobbyking.com/pt_pt/turnigy-5000mah-6s-40c-lipo-pack-xt90.html?____store=pt_pt>. Citado na página 45.

HORUS. *Solução completa em monitoramento com drones*. entre 2014 e 2021. Acessado em: 18/03/2021. Disponível em: <https://drones.horusaeronaves.com/mapeamento-com-drones?utm_source=Google%20Ads&utm_medium=cpc&utm_campaign=Drones%20B&utm_content=Campanha%20de%20pesquisa&gclid=CjwKCAjw9MuCBhBUEiwAbDZ-7khJv6cqzBcJfGCXI6tj1WMkB1fphHnBr1qLXf84qEN05REiZ-B
BwE#rd-text-jw0yc77e>. Citado na página 47.

IBRAHIM, *Advanced PIC Microcontroller Projects in C: From USB to RTOS with the PIC 18F Series. Países Baixos*. 2011. Acessado em: 26/03/2021. Disponível em: <https://www.google.com.br/books/edition/Advanced_PIC_Microcontroller_Projects_in/NPSQShtCQaUC?hl=pt-BR&gbpv=0f>. Citado na página 38.

INSTITUTE, C. E. *What is a lithium-ion battery and how does it work?* 2021. Acessado em: 31/03/2021. Disponível em: <https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/battery-technology/>. Citado na página 44.

INSTRUMENTS, T. *Principles of Data Acquisition and Conversion*. 2015. Acessado em: 20/03/2021. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/an/sbaa051a/sbaa051a.pdf>. Citado na página 28.

INSTRUMENTS, T. *ADS101x Ultra-Small, Low-Power, I 2C-Compatible, 3.3-kSPS, 12-Bit ADCs With Internal Reference, Oscillator, and Programmable Comparator*. 2018. Acessado em: 20/03/2021. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1015.pdf?ts=1617420141821&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FADS1015>. Citado na página 28.

ISO, I. O. for S. *Plastics — Determination of tensile properties — Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics*. 2012. Acessado em: 14/03/2021. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/56046.html>. Citado na página 81.

ISO, I. O. for S. *Plastics — Determination of flexural properties*. 2019. Acessado em: 14/03/2021. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:178:ed-6:v1:en>. Citado na página 81.

ISO, I. O. for S. *Plastics — Determination of temperature of deflection under load — Part 1: General test method*. 2020. Acessado em: 14/03/2021. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:75:-1:ed-4:v1:en>. Citado na página 81.

ITARC. *Brumadinho conta com ajuda de operadores de drones em buscas*. 2019. Acessado em: 01/04/2021. Disponível em: <https://itarc.org/operadores-de-drones-brumadinho/>. Citado na página 13.

JOY-IT. *Datasheet: KY-023 Joystick module (XY-Axis)*. 2017. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1402034/Joy-IT/KY-023/1>. Citado 3 vezes nas páginas 2, 26 e 27.

JUSTO, A. S. *EAP (Estrutura Analítica do Projeto): o que é, como fazer e qual a diferença entre EAP e Cronograma*. 2018. 16/03/2021. Disponível em: <https://www.euax.com.br/2018/12/eap-estrutura-analitica-projeto/#:~:text=A%20EAP%20(Estrutura%20Anal%C3%ADtica%20do,produzir%20as%20entregas%20do%20projeto.> Citado na página 21.

KEIM, R. *Advanced PIC Microcontroller Projects in C: From USB to RTOS with the PIC 18F Series. Países Baixos*. 2016. Acessado em: 23/03/2021. Disponível em: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/back-to-basics-the-universal-asynchronous-receiver-transmitter-uart>. Citado na página 38.

KOHLHASE, K. *Pulse Width Modulation (PWM): What Is It? How Can I Use It?* 2020. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <https://www.digikey.com/en/blog/pulse-width-modulation>. Citado na página 36.

KOLLMORGEN. *How Servo Motors Work*. 2020. Acessado em: 20/03/2021. Disponível em: <https://www.kollmorgen.com/en-us/blogs/_blog-in-motion/articles/how-servo-motors-work/#:~:text=A%20servo%20motor%20is%20an,device%20to%20close%20the%20loop.> Citado na página 30.

LIGHTWARE. *SF30 Accelerated laser rangefinder: Product manual*. 2019. Acessado em: 20/03/2021. Disponível em: <https://www.documents.lightware.co.za/SF30%20-%20Laser%20Altimeter%20Manual%20-%20Rev%209.pdf>. Citado 4 vezes nas páginas 2, 29, 30 e 35.

LITHIUMIONBATTERY.ORG. *Can and Casing*. 2021. Acessado em: 31/03/2021. Disponível em: <http://lithiumionbattery.org/activities/can-casing#:~:text=Ni%2Dcoated%20steels%20are%20used,by%20nickel%20to%20the%20steel>. Citado na página 44.

LORAALLIANCE. *LoRaWAN™ What is it?* 2015. Acessado em: 28/03/2021. Disponível em: <https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/what-is-lorawan.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 39.

LUCIDCHART. *Lucidchart*. 2021. Acessado em: 25/03/2021. Disponível em: <https://www.lucidchart.com/pages/pt/produto>. Citado na página 21.

MENDES, A. *Artigo Engenharia de Software 3 - Requisitos Não Funcionais*. 2008. Acessado em: 04/04/2021. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/artigo-engenharia-de-software-3-requisitos-nao-funcionais/9525>. Citado na página 96.

MIPI, A. *MIPI Camera Serial Interface 2 (MIPI CSI-2)*. 2019. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <https://www.mipi.org/specifications/csi-2>. Citado na página 35.

MORRIS, C. *Does Tesla's latest patent have to do with its promised million-mile battery?* 2020. Acessado em: 31/03/2021. Disponível em: <https://chargedevs.com/newswire/does-teslas-latest-patent-have-to-do-with-its-promised-million-mile-battery/>. Citado na página 45.

NAPOLEãO, B. M. *Matriz de Riscos (Matriz de Probabilidade e Impacto)*. 2019. Acessado em: 16/03/2021. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/matriz-de-riscos-matriz-de-probabilidade-e-impacto/>. Citado 3 vezes nas páginas 5, 17 e 18.

NETO, S. P. *Quais São as Diferenças Entre Aeronaves Remotamente Pilotadas de Asa Fixa e Multirotores?* 2017. Acessado em: 18/03/2021. Disponível em: <https://www.austertecnologia.com/single-post/2017/05/27/diferencas-asa-fixa-multirrotores>. Citado 3 vezes nas páginas 46, 47 e 48.

NXP SEMICONDUCTORS. *I2C-bus specification and user manual*. 6. ed. [S.l.], 2014. Citado 4 vezes nas páginas 5, 34, 36 e 37.

OVERLEAF. *Overleaf*. 2020. Acessado em: 30/03/2021. Disponível em: <https://pt.overleaf.com/about>. Citado na página 20.

PALMER, A. *Amazon wins FAA approval for Prime Air drone delivery fleet*. 2020. Acessado em: 15/03/2021. Disponível em: <https://www.nbcnews.com/business/business-news/amazon-wins-faa-approval-prime-air-drone-delivery-fleet-n1238866>. Citado na página 13.

PIBITS. *RASPBERRY PI AND ADS1015 12 BIT ADC*. 2016. Acessado em: 20/03/2021. Disponível em: <http://www.pibits.net/code/raspberry-pi-ads1015-12-bit-adc.php>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 28.

POLOLU. *AltIMU-10 v5 Gyro, Accelerometer, Compass, and Altimeter (LSM6DS33, LIS3MDL, and LPS25H Carrier)*. 2016. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://www.pololu.com/product/2739>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 31.

PRINTIT3D. *Impressão 3D com filamento PEEK e PEI - Guia Completo*. 2013. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://www.printit3d.com.br/post/impress%C3%A3o-3d-com-filamento-peek-e-pei-guia-completo>. Citado na página 50.

PRUDKIN, F. M.; BREUNIG, G. *DRONES E CIÊNCIA Teoria e aplicações metodológicas Volume I*. 2019. Acessado em: 15/03/2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/18774>. Citado na página 13.

RASPBERRY.ORG. *Raspberry Pi 3 Model B+*. 2018. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>. Citado 3 vezes nas páginas 2, 27 e 34.

RASPBERRYPI.ORG. *What is a Raspberry Pi?* 20–? Acessado em: 04/04/2021. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>. Citado na página 82.

RIBEIRO, L. *O que é UML e Diagramas de Caso de Uso: Introdução Prática à UML*. 2012. Acessado em: 04/04/2021. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/o-que-e-uml-e-diagramas-de-caso-de-uso-introducao-pratica-a-uml/23408>. Citado na página 83.

RODRIGUES, C. *O Que é uma Análise de Elementos Finitos FEA ou FEM*. entre 2018 e 2020. Acessado em: 01/03/2021. Disponível em: <http://virtualcae.com.br/o-que-e-uma-analise-de-elementos-finitos-fea-ou-fem/>. Citado na página 57.

SANTANA, L. et al. Estudo comparativo entre petg e pla para impressão 3d através de caracterização térmica, química e mecânica. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762018000400457&lng=en&nrm=iso>. Citado 2 vezes nas páginas 49 e 50.

SANTOS, T. R. et al. The effects of printing parameters on mechanical properties of a rapidly manufactures mechanical ventilator. entre 2020 e 2021. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 58.

SEMTECH. *SX1261/2, Long Range, Low Power, sub-GHz RF trasnceiver*. 2019. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://semtech.my.salesforce.com/sfc/p/#E0000000JelG/a/2R000000HT76/7Nka9W5WgugoZe.xwIHJy6ebj1hW8UJ.USO_Pt2CLLo>. Citado na página 28.

SENAR, S. N. de A. R. Agricultura de precisão: drones. 2018. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/249-DRONES.pdf>. Citado 3 vezes nas páginas 46, 47 e 48.

SILVA, L. P. da; CORDEIRO, C. S. Quadricóptero, aspectos gerais e análises da propulsão elétrica. 2011. Acessado em: 27/03/2021. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos11/39614431.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 69 e 70.

SILVA, L. P. da; CORDEIRO, C. S. Controle de atitude e altura de um quadricóptero utilizando técinas de controle pid. 2019. Acessado em: 30/03/2021. Disponível em: <http://www.cear.ufpb.br/arquivos/cgee/TCC/TCC_-___Ranieri_da_Silva_Monteiro_Saldanha_-_Vers%C3%A3o_Final.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 75.

SOLAR, P. *Controlador de carga*. 2021. Acessado em: 11/03/2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/controlador-de-carga>. Citado na página 41.

STMICROELECTRONICS. *Electronic speed controller for BLDC and PMSM three phase brushless motor*. 2018. Acessado em: 20/03/2021. Disponível em: <https://www.st.com/resource/en/user_manual/dm00384353-electronic-speed-controller-for-bldc-and-pmsm-three-phase-brushless-motor-stmicroele pdf>. Citado 3 vezes nas páginas 2, 32 e 33.

TOWERPRO. *SG90: 9 g Micro Servo*. 2014. Acessado em: 20/03/2021. Disponível em: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/791970/TowerPro/SG90/1>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 30.

VANZWOL, J. *Design Essentials: For UAVs and Drones, Batteries are Included*. 2017. Acessado em: 31/03/2021. Disponível em: <https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21835356/design-essentials-for-uavs-and-drones-batteries-are-included>. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 44.

VIAN Ângelo et al. *ENERGIA SOLAR - Fundamentos, tecnologia e aplicações*. 2021. Acessado em: 25/03/2021. Citado na página 41.

VULEJ, R. *Drones em operações militares. Provide Consulting Representation*. entre 2018 e 2020. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br.spolm/files/O%20Uso%20de%20Drones%20%28VANT%29%20em%20Opera%C3%A7%C3%B5es%20Militares.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 47.

WAVESHARE. *RPi IR-CUT Camera (B)*. 2015. Acessado em: 20/03/2021. Disponível em: <https://www.waveshare.com/wiki/RPi_IR-CUT_Camera_(B)>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 32.

WAVESHARE. *Datasheet: SX1261/2 Data Sheet Rev. 1.1 DS.SX1261-2*. 2017. Acessado em: 28/03/2021. Disponível em: <https://www.waveshare.com/w/upload/6/62/DS_SX1261-2_V1.1.pdf>. Citado na página 39.

WAVESHARE. *SX1262 915M LoRa HAT*. 2020. Acessado em: 13/03/2021. Disponível em: <https://www.waveshare.com/wiki/SX1262_915M_LoRa_HAT>. Citado 3 vezes nas páginas 2, 28 e 29.

WWFBRASIL. *ECODRONES*. 2021. Acessado em: 24/03/2021. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/ecodrones/>. Citado na página 13.

7 Apêndice

7.1 Software

7.1.1 Principais decisões de software

Esse tópico tem como objetivo apontar decisões feitas desde o início do projeto até o atual momento dele, respectivamente.

1. **O drone irá identificar pessoas:** A ideia do projeto, em conjunto com o time, era de criar um drone que, em situações de desastres naturais, conseguisse localizar indivíduos que foram soterrados e mostrasse seu local para autoridades que resgatariam ele;

2. **Usar machine learning com rede neural:** Com a ideia do projeto sendo identificar pessoas. Iríamos usar machine learning para distinguir padrões e aprender com eles para realizar a tarefa desejada;

3. **Não vamos usar blockchain:** O professor Chaim deu a ideia de usar blockchain em nosso projeto, porém discutimos a ideia com a equipe de software e vimos que a tecnologia não seria bem aproveitada em nosso projeto;

4. **Não vamos identificar pessoas e sim analisar terrenos:** Depois de algumas reuniões, a equipe de software concordou em mudar o escopo do projeto, para que ao invés de reconhecer pessoas em situação de risco, identificar e diferenciar padrões de terrenos com riscos de deslizamento a fim de prever o desastre;

5. **Vamos usar blockchain:** Com a mudança do escopo do projeto, a ideia que o professor Chaim deu anteriormente acaba sendo uma boa ideia em nosso projeto na situação de salvar os terrenos já mapeados usando o sensor LiDAR;

6. **Não vamos analisar terrenos e vamos apenas mapear:** Analisando a complexidade de arquivos do LiDAR, a equipe de software decidiu mudar, novamente, o escopo do projeto e apenas mapear terrenos desejados pelo usuário com o drone.

7. **Não vamos utilizar machine learning:** Como o drone não vai analisar terrenos e nem identificar pessoas, então não há necessidade de utilizar machine learning.

7.1.2 Requisitos de Software

Requisitos são funções, propriedades, entre outros objetivos que o projeto deve satisfazer para a definição e objetivo do mesmo. Eles são definidos em duas grades categorias: requisitos funcionais e não funcionais.(MENDES, 2008)

Os requisitos funcionais eles descrevem o que o projeto de software deve fazer, funções que são de suma importância.(MENDES, 2008)

Os requisitos não funcionais são aqueles que referem-se ao modo do produto se comportar, por exemplo, velocidade de execução.(MENDES, 2008)

Rf001	Calcular rota mais curta para retorno do drone em caso de emergência
Rf002	Realizar o mapeamento da área
Rf003	Exibir mapeamento com cores relativas à área analisada
Rf004	Gerar mapa em larga escala da área atual analisada
Rf005	Trocar de tela entre o mapeamento em larga escala e a visão em tempo real a partir de um botão no controle
Rf006	Exibir mapa em larga escala dos locais já mapeados
Rf007	Retornar drone para local onde ocorreu a situação emergencial
Rf008	Retornar drone para local inicial em caso de emergência

Tabela 32 – Requisitos Funcionais (Autoria própria)

Rnf001	O sistema deverá possuir um algoritmo para mapeamento de áreas
Rnf002	O Software deverá atuar em cima das informações fornecidas pelo sensor LiDAR
Rnf003	O mapa em larga escala deve ser legível para o usuário
Rnf004	O sistema deverá realizar os cálculos de identificação de terreno em tempo real
Rnf005	O sistema deverá ser utilizável em uma RaspberryPI

Tabela 33 – Requisitos não Funcionais (Autoria própria)

7.1.3 Backlog

(contínua)

Id	**Épico**	**Requisito**	**Funcional / Não Funcional**	**User Story**	**Prioridade (MoSCoW)**
US01	Sistema	Calcular rota mais curta para retorno do drone em caso de emergência	Funcional	Eu, como Sistema desejo calcular uma rota de retorno ao ponto de partida no caso de emergências	Should
US02	Mapeamento	Realizar o mapeamento da área	Funcional	Eu, como Sistema desejo realizar a leitura dos dados da área para que possam ser analisados	Must
US03	Mapeamento	Exibir mapeamento com cores relativas à área analisada	Funcional	Eu, como Sistema desejo exibir mapeamento com cores relativas a fim de auxiliar o reconhecimento da área	Must
US04	Mapeamento	Gerar mapa em larga escala da área atual analisada	Funcional	Eu, como Sistema desejo gerar mapa em larga escala para que eu possa exibir ao usuário	Could
US05	Sistema	Trocar de tela entre o mapeamento em larga escala e a visão em tempo real a partir de um botão no controle	Funcional	Eu, como Usuário desejo trocar de tela para que eu possa alternar entre as duas perspectivas	Must

(contínua)

Id	**Épico**	**Requisito**	**Funcional / Não Funcional**	**User Story**	**Prioridade (MoSCoW)**
US06	Mapeamento	Exibir mapa em larga escala dos locais já mapeados	Funcional	Eu, como Usuário desejo visualizar o mapa em larga escala a fim de obter mais informações sobre a área total mapeada	Must
US07	Mapeamento	O sistema deverá possuir um algoritmo para mapeamento de áreas	Não Funcional	Eu, como Sistema desejo ter um algoritmo a fim de mapear uma área de maneira autônoma	Should
US08	Mapeamento	O Software deverá atuar em cima das informações fornecidas pelo sensor LiDAR	Não Funcional	Eu, como Sistema desejo receber dados referentes ao sensor LiDAR a fim de serem analisados	Should
US09	Mapeamento	O mapa em larga escala deve ser legível para o usuário	Não Funcional	Eu, como Usuário desejo ter uma visão clara do mapa mostrado na tela	Should
US10	Sistema	O sistema deverá ser utilizável em uma RaspBerry PI	Não Funcional	Eu, como Sistema desejo ter compatibilidade com RaspBerry PI a fim de integrar hardware com software	Could

(conclusão)

Id	Épico	Requisito	Funcional / Não Funcional	User Story	Prioridade (MoSCoW)
US11	Sistema	Retornar o drone para local onde ocorreu a situação emergencial	Funcional	Eu, como Sistema desejo retornar o drone para local onde ocorreu a situação emergencial para que seja retomada as atividades de mapeamento	Must
US12	Sistema	Retornar o drone para local inicial em caso de emergência	Funcional	Eu, como Sistema desejo retornar o drone para o local inicial em caso de emergência para que o equipamento não seja perdido	Must

Tabela 36 – Backlog de software (Autoria própria)

7.1.4 Tabela de casos de uso

(contínua)

Id	Casos de Uso	Descrição
UC01	Controla o drone até o local de mapeamento	O usuário aciona os comandos para levar o drone até o local que deseja mapear
UC02	Realiza a coleta de dados para mapeamento	O sistema coleta dados de movimentação do drone e de distância até os pontos abaixo dele
UC03	Salva os dados de movimentação do drone	O sistema salva utilizando blockchain os dados relacionados à movimentação do drone
UC04	Adiciona os dados formando um mapa	O sistema utilizando os dados coletados, forma um mapa
UC05	Salva os dados do mapeamento	O sistema salva utilizando blockchain os dados do mapa formado

(conclusão)

Id	Casos de Uso	Descrição
UC06	Envia sinal de emergência	O drone envia um sinal apontando uma situação de emergência
UC07	Escolhe se quer voltar manualmente ou pelo piloto automático	O usuário decide entre voltar controlando o drone manualmente ou com o drone sendo controlado pelo sistema
UC08	Calcula o menor caminho seguro para retorno do drone	O sistema calcula utilizando os dados de movimentação coletados, o menor caminho seguro até o ponto de partida do drone
UC09	Retorna com o drone ao ponto inicial em caso de emergência	O sistema controla o drone para que o mesmo volte ao ponto de partida do drone
UC10	Escolhe se quer voltar para o local onde ocorreu a situação de emergência	O usuário decide se quer que o sistema guie o drone até o local onde ocorreu a situação de emergência
UC11	Recupera trajeto feito pelo drone até o local onde ocorre a situação de emergência	O sistema recupera no Blockchain o caminho feito com o drone até o local onde ocorreu a emergência
UC12	Retorna o drone ao ponto em que ocorreu a situação de emergência	O sistema utiliza os dados de movimentação para reproduzir o caminho feito pelo drone até o local onde ocorreu a situação de emergência

Tabela 38 – Casos de uso (Autoria própria)

7.2 Estrutura

7.2.1 Visões 2D do drone

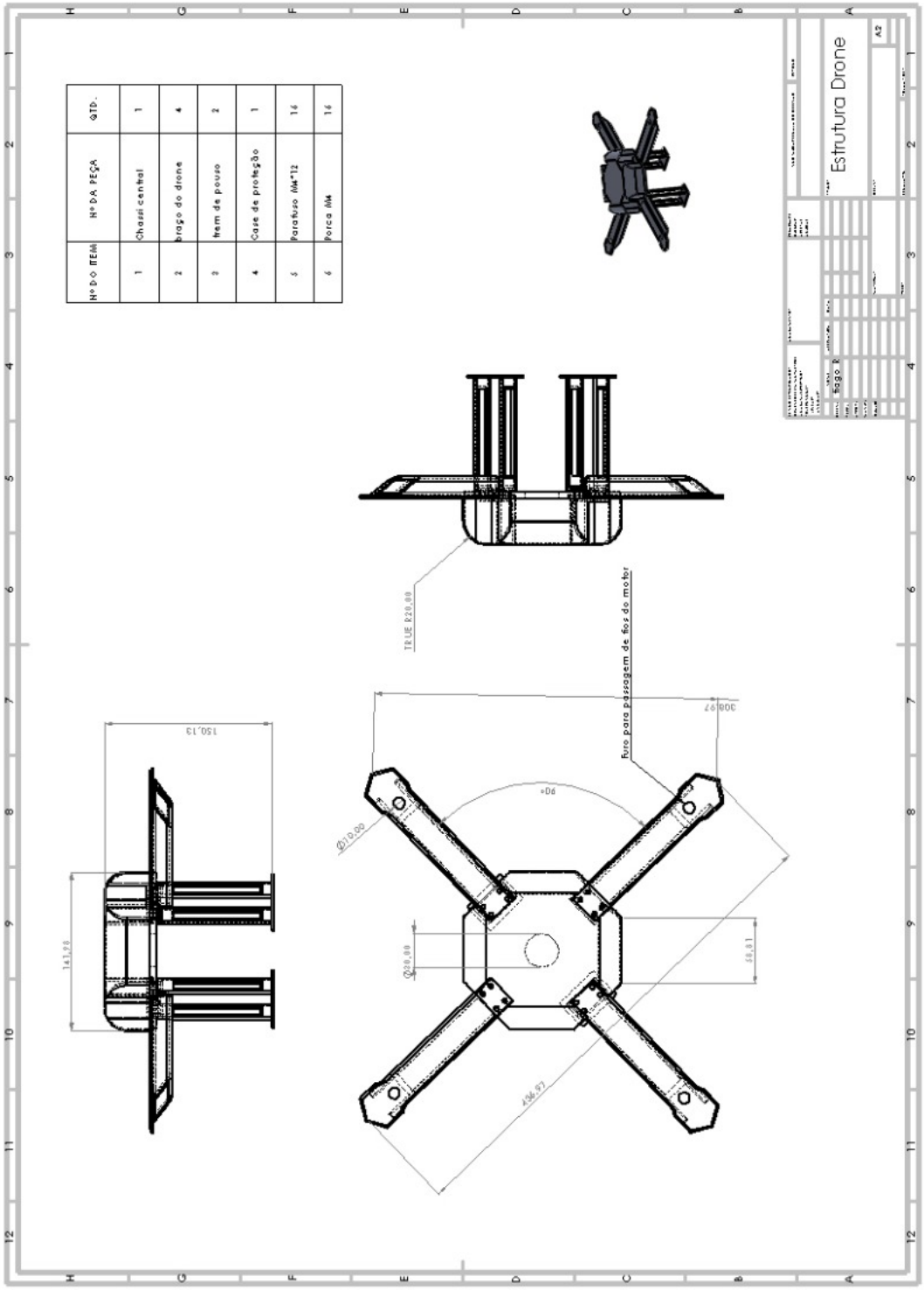

Figura 53 – Estrutura (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software SOLIDWORKS)

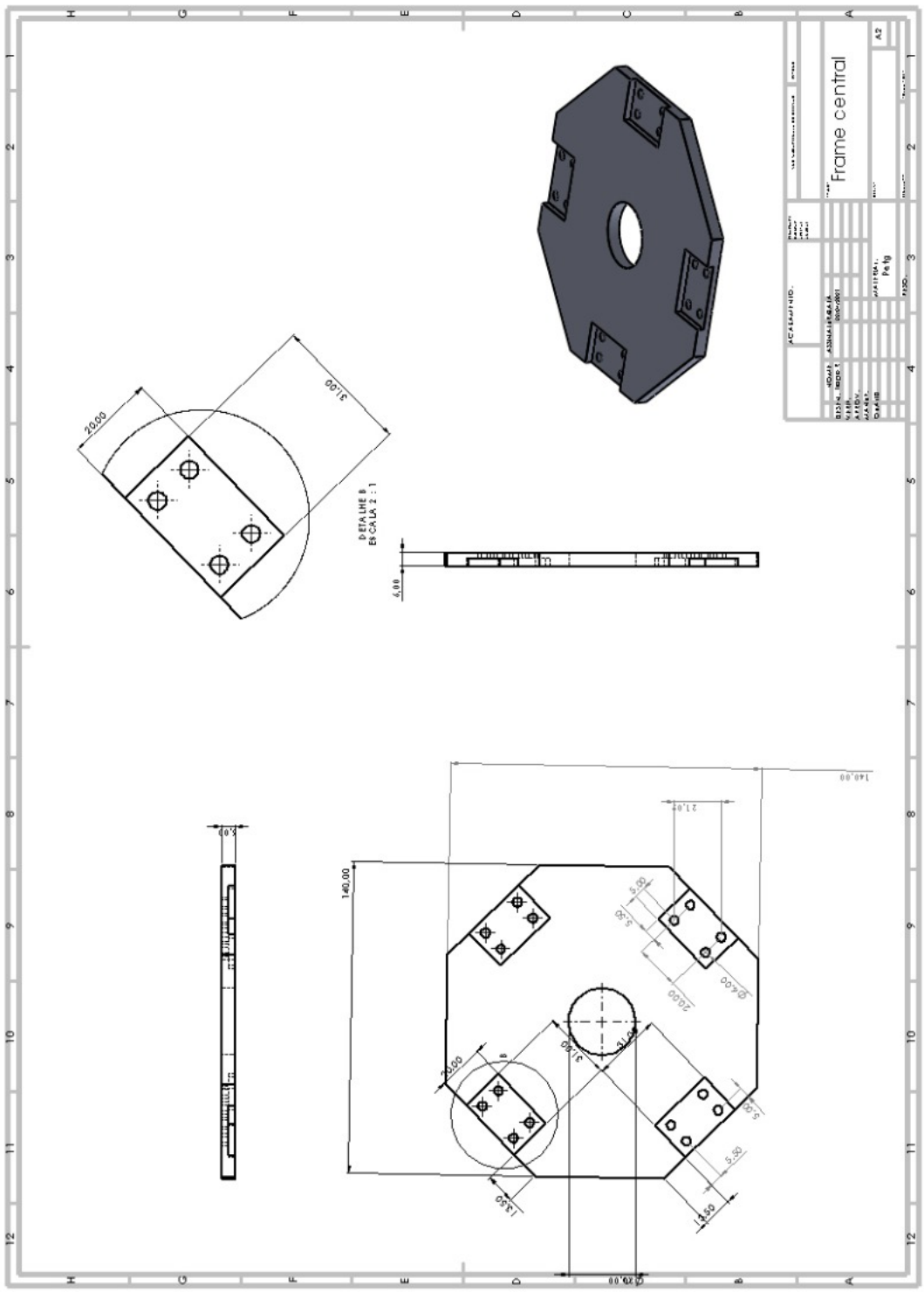

Figura 54 – Chassi (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software SOLIDWORKS)

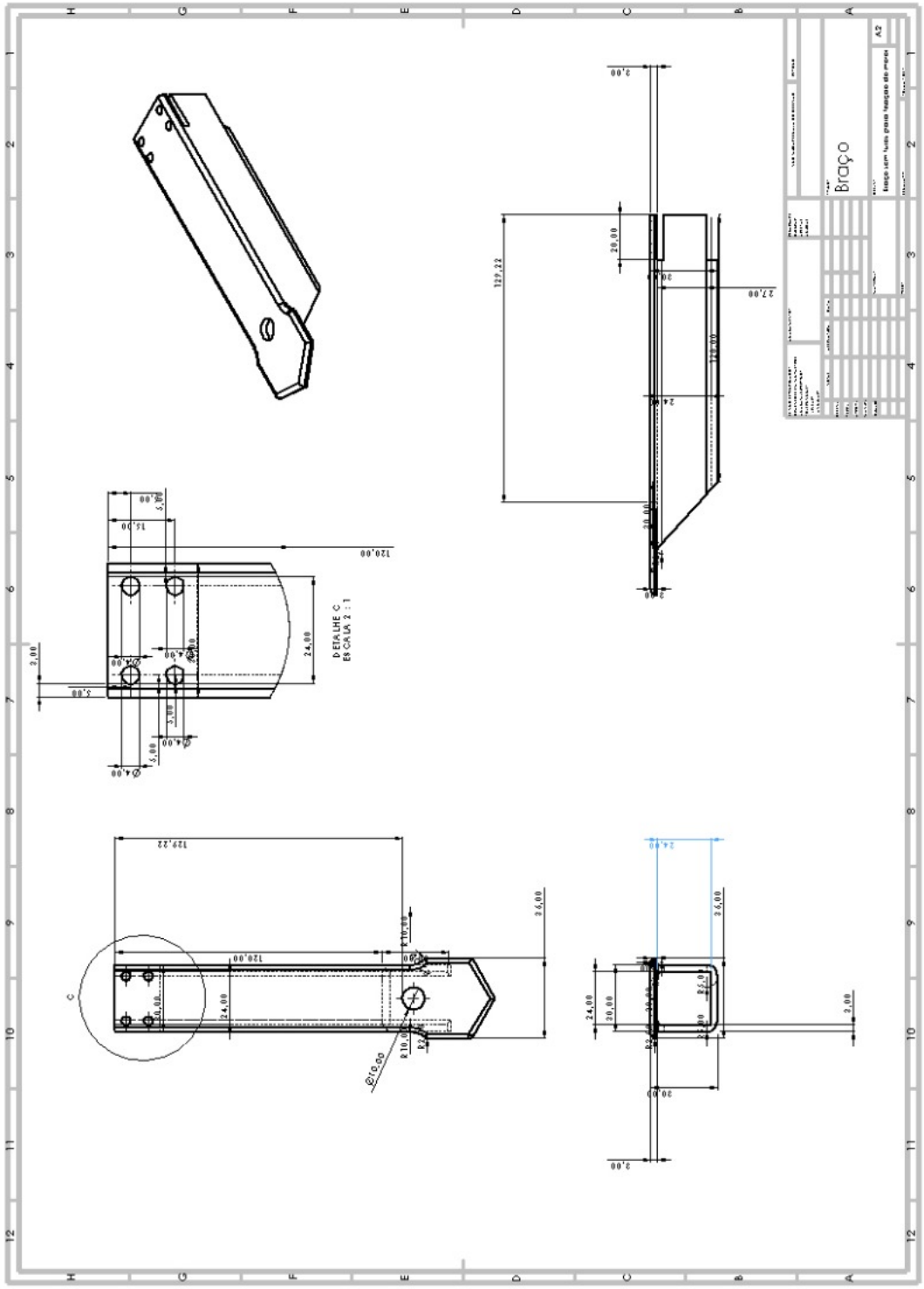

Figura 55 – Braço (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software SOLIDWORKS)

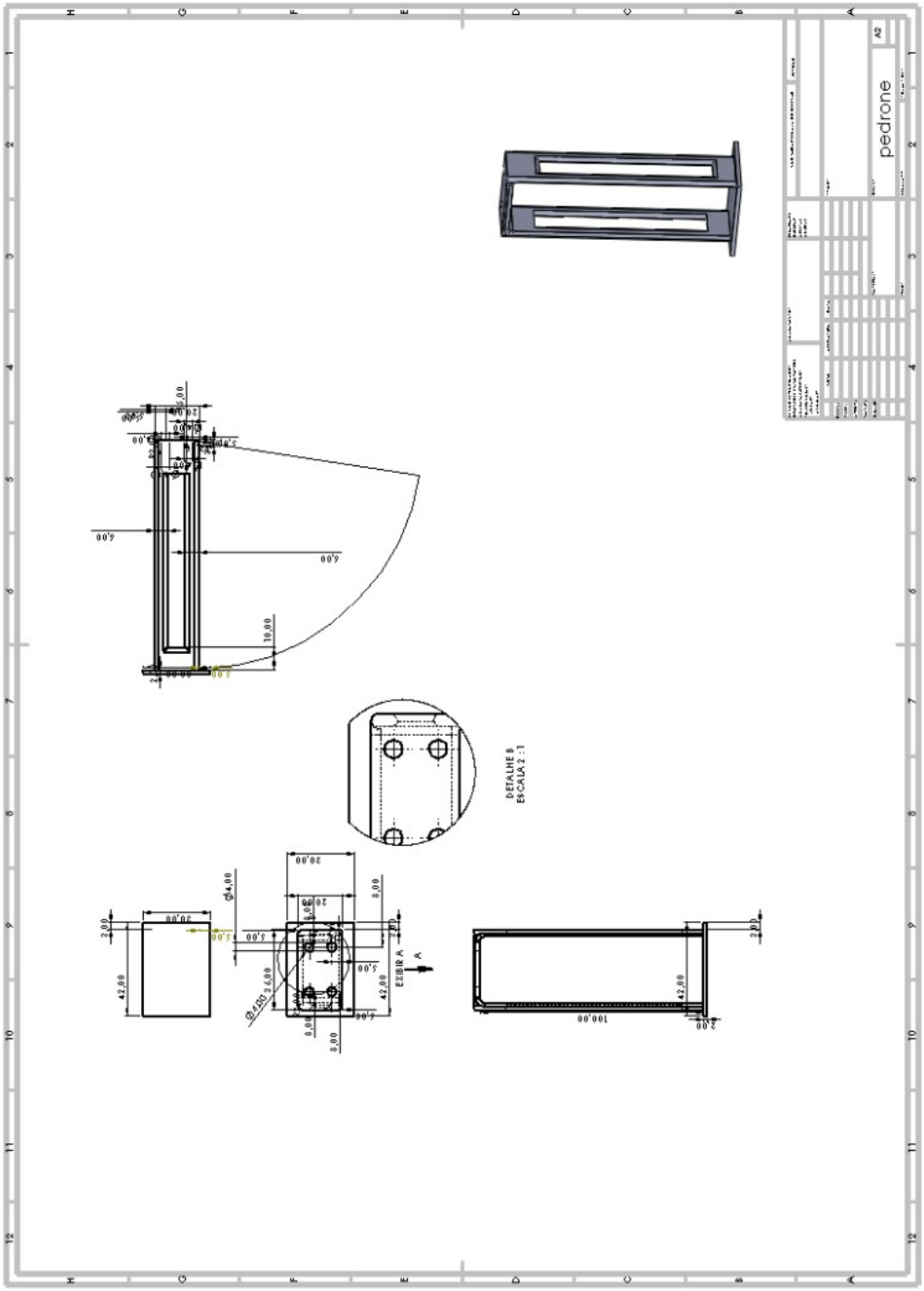

Figura 56 – Perna (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software SOLIDWORKS)

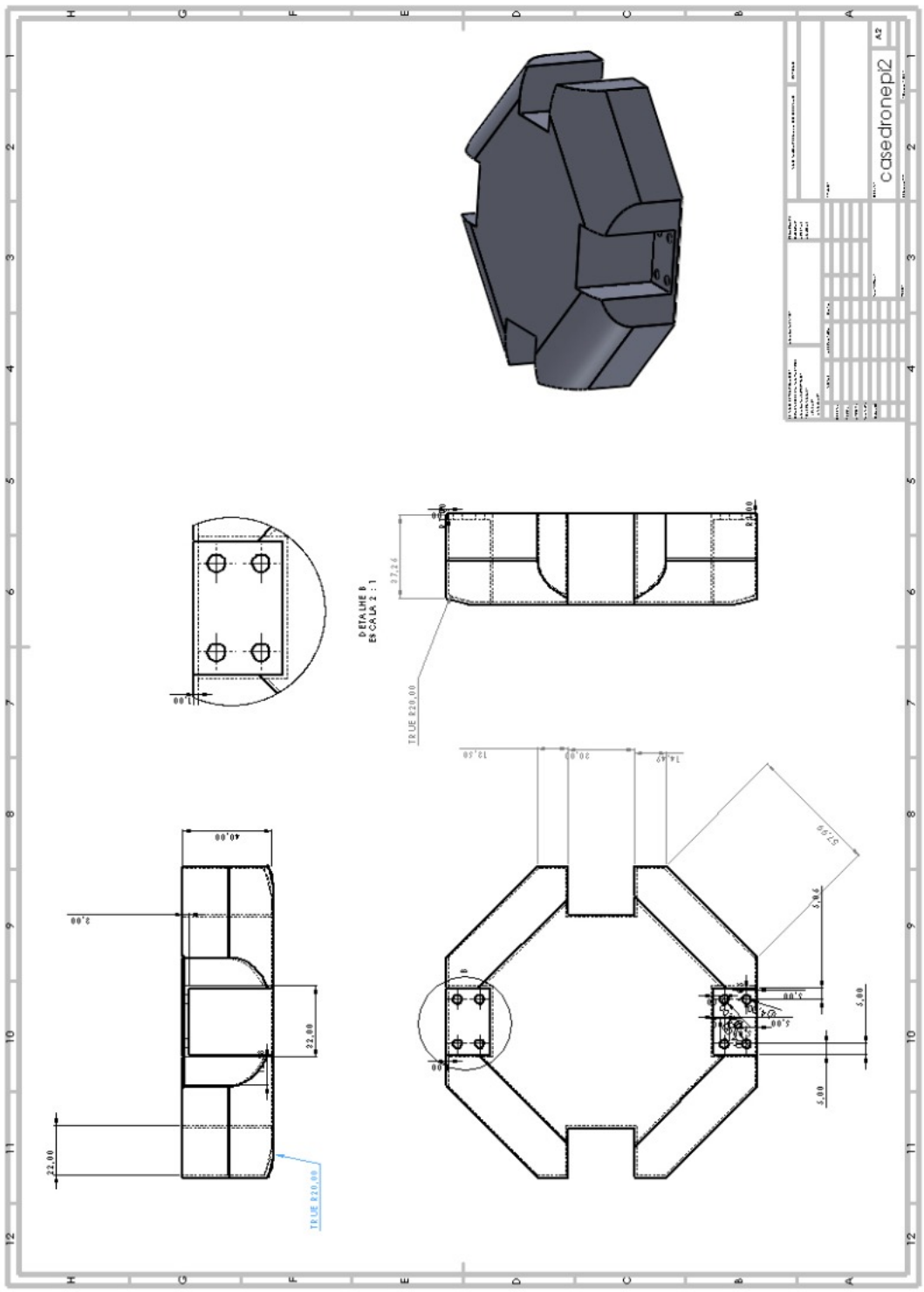

Figura 57 – Case (Autoria própria, desenvolvido utilizando o Software SOLIDWORKS)