

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

**Frelser**  
**Drone de Mapeamento**

**Brasília, DF**  
**2021**

Bruno Ramos Ribeiro – 17/0007367  
Érico Maximiano Bandeira – 160010331  
Felipe Coelho Serra Gonçalves – 130044431  
Guilherme Gonçalves Machado – 160123178  
João Vitor Morandi Lemos – 160010195  
João Vitor de Moura Rosa Silva – 160127891  
José Aquiles Guedes Rezende – 160010331  
Lucas Gonçalves Campos – 170016757  
Pedro Henrique Amaral – 160141222  
Rafael Santos Teodosio – 160142466  
Samara Cristina Silva dos Santos – 150147996  
Tiago Rodrigues dos Santos – 150047266  
Vinícius Hiroshi Souza Miwa – 170046753  
Wemerson Fontenele Sousa – 170024130

## Sumário

<b>Justificativa.....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivo geral.....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>5</b>
<b>Apresentação do projeto.....</b>	<b>5</b>
<b>Eletrônica.....</b>	<b>6</b>
<b>Apresentação dos componentes do sistema.....</b>	<b>6</b>
<b>Gerenciamento de Custos .....</b>	<b>7</b>
<b>Energia .....</b>	<b>8</b>
<b>Base carregamento off-grid .....</b>	<b>8</b>
Arranjo fotovoltaico .....	8
Controlador de Carga e Inversor Solar .....	9
Aplicação no Projeto Frelser .....	10
Custos para base de carregamento off-grid .....	10
<b>Drone .....</b>	<b>11</b>
Bateria.....	11
Motor .....	13
Custos para o drone.....	14
<b>CLP.....</b>	<b>14</b>
<b>Estrutura.....</b>	<b>14</b>
<b>Modelo estrutural.....</b>	<b>14</b>
1. Asa Rotativa ou Multirotor .....	14
2. Asa Fixa.....	16
<b>Material da estrutura.....</b>	<b>18</b>
1. ABS .....	18
2. PLA .....	18
3. PETG .....	18
4. PEEK.....	19
<b>Dimensionamento inicial de peso .....</b>	<b>20</b>
<b>Autonomia de voo.....</b>	<b>21</b>
<b>Ideia inicial de estrutura.....</b>	<b>21</b>
<b>Modelo Inicial de CLP .....</b>	<b>25</b>
<b>Software .....</b>	<b>25</b>
<b>Arquitetura de Software.....</b>	<b>25</b>

<b>Finalidade.....</b>	<b>25</b>
<b>Escopo.....</b>	<b>26</b>
<b>Definições, Acrônimos e Abreviações .....</b>	<b>26</b>
<b>Visão Geral.....</b>	<b>26</b>
<b>Representação Arquitetural .....</b>	<b>26</b>
<b>Visão Lógica.....</b>	<b>27</b>
<b>Visão da Implementação.....</b>	<b>27</b>
<b>Dispositivos e serviços .....</b>	<b>27</b>
<b>Documentos de Requisitos de Software .....</b>	<b>28</b>
<b>Referências.....</b>	<b>29</b>
<b>Apêndice A - TAP (Termo de Abertura do Projeto) .....</b>	<b>32</b>

## **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.

## **Objetivo geral**

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

## **Objetivos Específicos**

- Traçar rotas de atuação para equipes de resgate com o mapeamento realizado pelo drone.
- Garantir que o drone tenha autonomia no caso de perda de contato com a CLP.
- Projetar uma base de carregamento off-grid para CLP.

## **Apresentação do projeto**

O projeto “Frelser” 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.

O “Frelser” será composto por:

- Drone
- Controlador Lógico Programável (CLP)
- Sistema de carregamento off-grid

As informações captadas pelo drone durante o voo quando enviadas para CLP 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 CLP 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 CLP possa ser mantida em funcionamento.

## **Eletrônica**

Definirá componentes e integrará capazes de atender os requisitos de comando, comunicação de dados, atuação e recepção de grandezas físicas e visuais. Com os objetivos em foco e visando o alcance das metas propostas, o trabalho será dividido em fases:

1. Levantamento de requisitos e decisões prévias do funcionamento da máquina.
2. Especificação dos sistemas e subsistemas a serem implementados junto aos seus respectivos funcionamentos.
3. Especificação dos materiais a serem utilizados (Bill of Materials).
4. Testes individuais dos sistemas e subsistemas.
5. Integração dos sistemas.
6. Teste geral do sistema.

## **Apresentação dos componentes do sistema**

- Interface da CLP: Componente responsável por apresentar todos os dados telemétricos e visuais que serão recebidos pelo drone e comandar o drone quando necessário. Será utilizado HT-1330JHDR como display em 13 polegadas e 16:9 de escala para comunicação visual, push buttons e joystick modular para comandos.
- Módulo de transmissão e recepção de dados: Componente responsável por ser a ponte de toda informação entre o drone e a CLP. Pelo caráter do projeto, será escolhido uma tecnologia LPWAN LoRa por seu alto alcance e baixo consumo, reduzindo o custo energético do projeto e protocolo LoRaWAN para tratamento de dados. O módulo a ser utilizado será Sx1262 lora hat 915mhz.
- Módulo UAV: Componente responsável por fazer mapeamento 3D do terreno, relevo, fauna e obstáculos para planejamento logístico de resgate. Foi escolhido a tecnologia LIDAR por sua presença comercial e facilidade de integração em outras tecnologias. O módulo escolhido foi LIDAR: YDLIDAR X4.
- Câmera: é um dispositivo dotado de mecanismos que captura imagens em tempo real e registrar movimentos, trazendo assim uma maior dinâmica ao resultado final da produção. Câmeras para drones são mais leves que as câmeras convencionais para CFTV, sendo escolhida a Foxeer Micro Cat 3 Super Low Light Night Camera para este

projeto por seu excelente custo-benefício, peso, consumo e capacidade de visão noturna em baixos índices de luminosidade.

- Microcontrolador: Um circuito integrado o qual contém um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída. Responsável por controlar e tratar todos os dados. Foi escolhido Raspberry PI 3B+ por conta do custo-benefício e alta parcela de composição de mercado, linguagem de programação de fácil acessibilidade e possibilidade de integração com todos os componentes que foram apresentados até agora.

## Gerenciamento de Custos

- Define o formato e estabelece as atividades e os critérios de planejamento, estruturação e controle dos custos do projeto. Ele faz parte ou é um plano auxiliar do plano de gerenciamento do projeto.
- Plano de custos para componentes eletrônicos

**Tabela 1 - Custos Eletrônica**

<b>Quantidade</b>	<b>Componente</b>	<b>Custo Médio + Frete (R\$)</b>
2	Raspberry PI 3B+	419,90 + 26,39
2	Módulo Lora sx1262 Lora Hat 915MHz	149,81 + 28,81
1	Display LCD Purpoise 13.3"	893,20 + 22,99
1	Sensor Lidar - YDLIDAR x4	535,90 + 26,80
1	Câmera Foxeer Micro Cat 3	773,60
1	Pololu AltIMU-10 v5	130,61 + frete desconhecido
4	Push-Buttons	0,60
1	Módulo Joystick	6,90
2	Placas de Circuito Impresso	Preço a depender do circuito
<b>Total</b>		3482,03 + 104,99

Fonte: Autoria própria.

# Energia

A área de energia irá trabalhar em duas frentes neste projeto: em uma base de carregamento off-grid e com as baterias e motores para o drone.

## Base carregamento off-grid

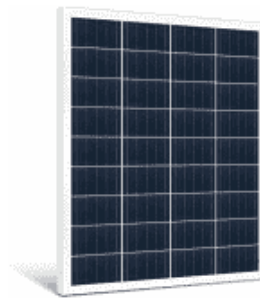
Um sistema fotovoltaico off- grid, sistema que não é conectado à rede, pode ser adaptado aos mais diversos tipos de situações. Para o projeto Frelser, o sistema funcionará como um carregamento de emergência para CLP. O sistema off-grid é composto por:

- Arranjo fotovoltaico
- Banco de baterias
- Controlador de carga
- Inversor solar

## Arranjo fotovoltaico

Corresponde ao conjunto de placas de solares, nessa aplicação apenas uma placa (Figura 1) será utilizada, a fim de facilitar o transporte do usuário de todo conjunto. O sistema off-grid tem apenas uma finalidade que é o carregamento de baterias.

**Figura 1 - Paine Solar de 100W**



Fonte: NeoSolar, 2021.

Para dimensionar a corretamente placa a ser utilizada no sistema será feito o cálculo de estimativa utilizando horas de sol em regiões com menos incidência, para simular locais críticos durante as missões. O cálculo para essa estimativa pode ser feito por:

$$A = \frac{Wb}{Vs}$$



Onde  $A$  é a corrente necessária,  $Wb$  é a potência necessária para alimentação, e  $Vs$  é a tensão do sistema. Esse resultado é dividido pelo valor de horas de sol na região a ser analisada.

### Controlador de Carga e Inversor Solar

O controlador de carga (Figura 2) é conectado entre o painel solar e a bateria, sendo responsável pelo gerenciamento da carga do sistema. O controlador permite que o operador do sistema identifique a tensão e mantenha a carga das baterias e evitando o descarregamento profundo, o que prolonga a vida útil da bateria.

**Figura 2 - Controlador de Carga**



Fonte: NeoSolar, 2021.

O inversor solar (Figura 3) é responsável por transformar a corrente contínua das baterias com tensões de entrada de 12/24V em corrente alternada para tensões de 110/220Vca. Para o projeto será utilizado um modelo de onda pura (senoidal) que atende desde pequenos sistemas a maiores, variando de acordo com a potência exigida para cada aplicação, propiciando mais eficiência.

O modelo de onda senoidal é mais caro comparado ao modelo de onda modificada. Apesar de mais barato o segundo não oferece uma larga segurança e pode em médio ou longo prazo causar prejuízos ao sistema.

**Figura 3 – Inversor Solar**



Fonte: NeoSolar, 2021.

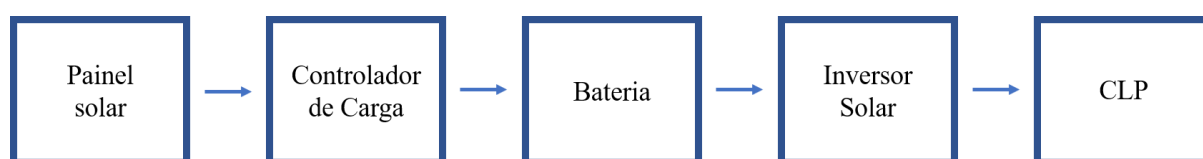
O inversor precisa ter uma capacidade superior ao consumo do sistema. Para dimensionar essa capacidade se compara o consumo em Wh com a capacidade real do inversor.

### **Aplicação no Projeto Frelser**

O sistema será projetado de forma que o usuário possa recorrer em situações em que não seja possível obter energia direto da rede e que a irradiação solar propicie a geração de energia por meio da placa solar (Figura 4).

A integração do sistema a CLP será feita na parte do final do projeto. Em geral, a CLP pode ser alimentada por uma fonte com tensão de 24V, o que faria com que o uso do inversor solar não fosse necessário, porém como o sistema será montado pelo usuário, o inversor poderá ser utilizado ou não.

**Figura 4 - Esquema do sistema de carregamento off-grid para o Frelser**



Fonte: Autoria própria.

### **Custos para base de carregamento off-grid**

Os custos da base de carregamento off-grid (Tabela 2) foram estimados com base nos equipamentos já presentes no mercado. O dimensionamento do painel solar será feito com base na necessidade de consumo da CLP, por isso aqui o custo é estimado entre painéis de 60 a 100W de potência, que apresentam tamanho adequado para uma base portátil.

**Tabela 2 - Custo médio do sistema off-grid**

<b>Quantidade</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Custo médio (R\$)</b>
1	Painel Solar (60 ~ 100w)	250
1	Controlador de Carga	100
1	Bateria	100
1	Inversor solar	300
<b>Total</b>		<b>750</b>

Fonte: Autoria própria.

## **Drone**

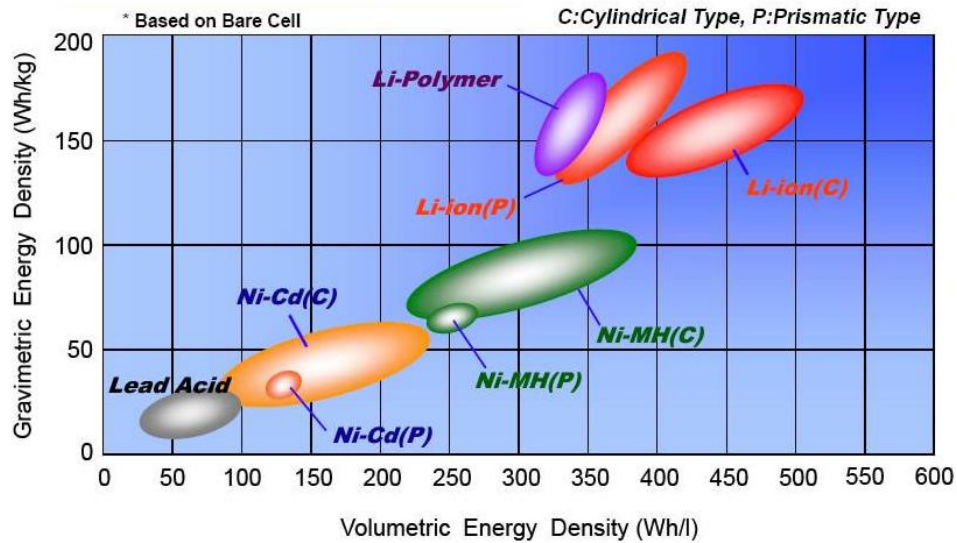
O sistema de potência do drone é responsável por executar o deslocamento e alimentar seu sistema eletrônico. Sua composição é dada pela bateria interna e pelos motores.

## **Bateria**

A escolha da bateria busca atender parâmetros essenciais ao funcionamento do drone. As características levadas em conta são a carga máxima, a tensão, energia, o eletrólito, a densidade específica de energia, a temperatura de uso, a temperatura de carregamento e a potência máxima de carregamento.

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-íon), 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. A Figura 5 apresenta graficamente a comparação dos tipos de bateria em relação a densidade gravimétrica de energia e a densidade volumétrica de energia.

**Figura 5 - Comparação entre os tipos de baterias com relação a densidade**



Fonte: NASA – National Aeronautics Space Administration, 2021.

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, enquanto a bateria Li-ion possui revestimento de níquel. A influência do material se dá em impactos sofridos pela bateria serem melhor absorvidos por polímeros que por metais. A Figura 7 e Figura 6 representam respectivamente a bateria de polímero de lítio e a bateria de íon de lítio.

**Figura 7 - Bateria de Polímero de Lítio**



Fonte: Charged, 2021.

**Figura 6 - Bateria de Íon de Lítio**



Fonte: Hobbyking, 2021

Para as outras características da bateria, foi utilizado como base inicial as especificações do drone P4 Multispectral da DJI, pois possui características e funções similares ao Projeto Frelser. A bateria do P4 possui:

- Carga: 5870 mAh
- Tensão: 15,2 V
- Energia: 89,2 Wh
- Peso: 468 g
- Temperatura de uso: Entre  $-10^{\circ}$  e  $40^{\circ}$  C
- Temperatura de carregamento: Entre  $5^{\circ}$  e  $40^{\circ}$  C
- Potência máxima de carregamento: 160 W

### Motor

O motor do drone deve possuir certos aspectos para que apresente boa eficiência, sendo eles: ser escovado ou não-escovado, a razão impulso por massa, as dimensões do estator, a constante de velocidade, torque, eficiência, corrente e temperatura.

Devido ao motor não-escovado ser mais eficiente que o escovado, ele se tornou padrão entre os drones com câmera. Os outros aspectos são baseados inicialmente no motor E310 (Figura 8) da DJI voltados para drones entre 1 kg e 2,5 kg.

- Impulso máximo: 800 g\*m/s por rotor
- Peso recomendado de decolagem: 400 g\*m/s por rotor
- Razão de impulso: 2:1
- Dimensões do estator: 23 \* 12 mm
- Constante de velocidade (KV): 960 rpm/V
- Corrente máxima (persistente): 20 A
- Corrente máxima (pico de 3 segundos): 30 A

**Figura 8 - Motor E310**



Fonte: DJI, 2021.

## Custos para o drone

O custo da bateria leva em conta modelos que se aproximam as especificações citadas, o custo do motor é baseado na média de preços do modelo base (Tabela 3).

**Tabela 3 – Custo médio para o drone**

<b>Quantidade</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Custo Médio (R\$)</b>
4	Motor	600
1	Bateria	580
<b>Total</b>		1180

Fonte: Autoria própria.

## CLP

A CLP utilizará baterias de íon de lítio para alimentar os componentes eletrônicos. O dimensionamento ocorrerá após a definição dos componentes.

## Estrutura

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.

### 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.

#### 1. Asa Rotativa ou Multirotor

A estrutura desses drones apresenta braços com motores elétricos nas pontas, podendo ser comparada à de um helicóptero.

Drones multirrotor são construídos com um corpo central e múltiplos rotores que rotacionam hélices para manobrar a aeronave. Os mais comuns são os que possuem quatro (quadricópteros), seis (hexacópteros) ou oito (octacópteros) rotores, mas podemos encontrar drones com outras combinações relativas à quantidade de rotores. Uma vez no ar, um drone multirrotor varia a velocidade relativa de cada rotor para alterar o torque, permitindo uma gama de movimentos.

Dentre as principais vantagens dos drones de asas rotativas, pode-se citar:

- Facilidade na pilotagem: Aeronaves com múltiplos rotores são mais fáceis de pilotar tanto para humanos quanto para pilotos automáticos. As aeronaves com vários rotores podem realizar decolagens e aterrissagens verticais, elas também exigem menos espaço para decolar e pousar, tem grande flexibilidade de manobra, podendo pairar imóvel no meio do voo (SILVA NETO, 2017).
- Menor custo: Os veículos com asas rotativas dominam o mercado de drones com preços competitivos, podemos encontrar um quadricóptero profissional com valor entre 8 e 10 mil reais, enquanto um drone de asa fixa de qualidade semelhante pode facilmente custar entre 8 ou 10 vezes mais (SILVA NETO, 2017).
- Maior capacidade de carga útil: Os drones multirrotos geralmente suportam mais peso devido ao seu design (SILVA NETO, 2017).
- Mais compacto: Aeronaves com múltiplos rotores não exigem a área de superfície ou a envergadura como os drones de asa fixa, porque usam várias hélices para voar. Eles são projetados para dobrar e caber em caixas menores tornando-se mais fáceis de transportar (SILVA NETO, 2017).

Porém os multirrotos possuem algumas desvantagens:

- Menor área mapeada: Uma limitação dos drones multirrotos é a área mapeada em uma única bateria. A maioria dos drones multirrotos pode voar por cerca de 30 minutos em condições climáticas ideais. Essa limitação pode ser compensada com o uso de baterias adicionais (SILVA NETO, 2017).

- Menos estabilidade: A aerodinâmica de um drone multirrotor os deixa mais vulneráveis aos ventos fortes. Em regiões onde espera-se condições de ventos fortes faz-se necessário optar por voar com drones asas rotativas de maior porte, ou drones com asa fixa (SILVA NETO, 2017).

## **2. Asa Fixa**

O drone de asa fixa é um projeto mais tradicional de aeronave, semelhante a um avião. Eles são feitos de um corpo central que tem duas asas e, geralmente, uma única hélice. Uma vez no ar, as duas asas geram sustentação que compensa seu peso permitindo que a aeronave permaneça em voo.

Por causa disso, eles só precisam usar energia para seguir em frente, não para se manter no ar, por isso oferecem vantagens diferentes dos drones com asas rotativas, tais como:

- Maior área mapeada: As aeronaves com asa fixa podem cobrir maiores áreas do que os drones multirrotos em um único ciclo de bateria. Isso os torna ideais para o mapeamento de áreas muito grandes ou lineares (SILVA NETO, 2017).
- Maior estabilidade: O projeto de aeronaves de asa fixa proporciona maior estabilidade em ventos fortes quando comparados às aeronaves de asa rotativa. Oferecendo uma alternativa para voar em regiões onde ventos mais fortes são esperados ou frequentes (SILVA NETO, 2017).

Contudo, assim como o multirrotor, esse tipo de aeronave apresenta algumas desvantagens operacionais:

- Necessidade de uma maior área de pouso e decolagem: As aeronaves de asa fixa exigem uma maior área para realizar a decolagem e pouso; o que pode torná-las improdutivas em alguns casos, por exemplo em regiões urbanas ou muito vegetadas (SILVA NETO, 2017).



- Maior custo: Atualmente no mercado, as aeronaves de asa fixa tendem a custar mais, quando comparadas aos multirotores (SILVA NETO, 2017).
- Dificuldades na pilotagem: Aeronaves de asa fixa são mais difíceis de pilotar, tanto para humanos quanto para pilotos automáticos (SILVA NETO, 2017).
- Menos compacta: A vantagem da maior autonomia das aeronaves de asa fixa vem diretamente de sua área de superfície e envergadura, o que significa que elas são mais difíceis de serem guardadas e geralmente requerem tempo de montagem maior antes dos voos (SILVA NETO, 2017).

Os dados coletados são comparados na Tabela 4:

**Tabela 4 - Comparação entre drone de asa fixa e asa rotativa**



<b>Comparação</b>	<b>Asa fixa</b>	<b>Asa rotativa</b>
Preço	X	V
Tamanho/Portabilidade	X	V
Facilidade de pilotagem	X	V
Eficiência de área mapeada	V	X
Estabilidade	V	X
Área de decolagem e pouso	X	V
Capacidade de carga	X	V

Fonte: Autoria própria.

A partir da análise das características de cada tipo de modelo apresentado, o drone de asa rotativa foi escolhido como modelo estrutural.

## **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.

### **1. ABS**

O ABS é um material leve, flexível, porém rígido e com características de resistência na absorção de impactos. É utilizado em diversos casos, pois assume qualquer cor e forma, tendo como destaque sua estabilidade durante o processo de injeção ou extrusão. Também é utilizado para a fabricação de filamentos de impressão 3D (3D Lab, 2019).

### **2. PLA**

O PLA caracteriza-se por ser um dos materiais mais populares, disponibilizado em várias cores e pela maioria dos fornecedores de suprimentos para a tecnologia, além de apresentar maior facilidade para imprimir quando comparado, por exemplo, ao ABS. O PLA dispõe de melhores características termomecânicas que o ABS, apresentando maior resistência mecânica e menor coeficiente de expansão térmica, o que melhora sua capacidade de impressão, reduzindo efeitos como o empenamento durante o processo de fabricação (3D Lab, 2019).

O PLA dispõe de características interessantes, tais como biocompatibilidade, biodegradabilidade, e absorção biológica, além de boas propriedades mecânicas e de processabilidade, estabilidade térmica e baixo impacto ambiental. O material é utilizado em muitas indústrias, sobretudo em setores como a fabricação de implantes médicos biodegradáveis e embalagens para alimentos. Entretanto, algumas deficiências do PLA, como a fragilidade inerente, um limitado alongamento até a ruptura, e uma baixa resistência ao impacto, constituem alguns desafios para a ampla aplicação do material (3D Lab, 2019).

### **3. PETG**

Um filamento que reúne as melhores qualidades do ABS (resistente e dúctil) com a facilidade de impressão que o PLA oferece (3D Lab, 2019).

Em um aspecto geral, o PETG consiste em um polímero com temperatura de transição vítrea próxima a 80°C, com propriedades mecânicas semelhantes às do PET, tendo como

vantagens uma notável tenacidade, flexibilidade, e alta capacidade de processamento (3D Lab, 2019).

#### 4. PEEK

O polímero 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 (Ensinger Plastics, 2021). As propriedades de cada material em formato de grão estão na Tabela 5:

**Tabela 5 - Propriedades Matéria Prima - Grãos**

<b>Propriedades</b>	<b>ABS</b>	<b>PETG</b>	<b>PEEK</b>	<b>PLA</b>
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,04	1,27	1,31	1,24
Temp. Fusão (°C)	220	240	341 <sub>(6)</sub>	185
Tg (°C)	100	85	150 <sub>(6)</sub>	60
Tensão de Escoamento (MPa)	38	51	116 <sub>(4)</sub>	66
Resistência à Flexão (MPa)	66	72	175 <sub>(5)</sub>	130
Módulo de Elasticidade (MPa)	2200	2120	4200 <sub>(5)</sub>	4350
Preço (R\$/kg)	89,90	129,90	5422,74	129,90

Fonte: Autoria própria.

As propriedades de corpos de provas impressos com cada material estão na Tabela 6:

**Tabela 6 - Resultados ensaios em corpos de provas impresso**

<b>Propriedades</b>	<b>ABS</b>	<b>PETG</b>	<b>PEEK</b>	<b>PLA</b>
Tensão de Escoamento (MPa)	14,7 <sub>(1)</sub>	18,6 <sub>(1)</sub>	-	24,8 <sub>(1)</sub>
Módulo de Elasticidade (MPa)	1335,9 <sub>(1)</sub>	1067,9 <sub>(1)</sub>	-	1896 <sub>(1)</sub>
Tensão de Ruptura (MPa)	29 <sub>(1)</sub>	32,6 <sub>(1)</sub>	-	46 <sub>(1)</sub>
Alongamento (%)	7,08 <sub>(1)</sub>	7,74 <sub>(1)</sub>	5 <sub>(4)</sub>	3,69 <sub>(1)</sub>
Dureza Shore D (Shore D)	74 <sub>(2)</sub>	75 <sub>(2)</sub>	-	85 <sub>(2)</sub>
Temperatura HDT (°C)	86,13 <sub>(3)</sub>	67,3 <sub>(3)</sub>	162 <sub>(7)</sub>	55,11 <sub>(3)</sub>

Fonte: Autoria própria.

Legendas Tabela 5 e Tabela 6:

1. Norma ASTM D 638
2. Norma ASTM D 2240
3. Norma ISO 75
4. DIN EN ISO 527-2
5. DIN EN ISO 178
6. DIN 5376

A priori será escolhido o ABS como material estrutural do drone, tendo como motivo o menor preço e as propriedades mecânicas satisfatórias para a aplicação. Outros aspectos como dimensionamento de peso e autonomia de voo só foram abordados de forma superficial por falta de aprofundamento do projeto.

### Dimensionamento inicial de peso

Foi realizado uma estimativa do peso do conjunto drone mais payload. Essa estimativa não tem muito impacto pois a massa do drone utilizado foi a do modelo inicial. O dimensionamento feito está na Tabela 7.

**Tabela 7 - Dimensionamento inicial de peso do projeto**

Nº do componente	Componente	Detalhes	Peso (g)
1	Sensor Lidar	YDLIDAR x4	189
2	Giroscópio	Módulo L3GD20H da ST	3
3	Raspberry pi 3B+	-	66
4	Módulo Lora	sx1272	22
5	Acelerômetro	Módulo LSM303D da ST	1
6	Módulo GPS e altímetro	Módulo LPS25H da ST	1
7	Câmera infravermelho	Foxeer Micro Cat 3 1200TVL 0.00001lux Super Low Light Night Camera	181
8	Gimbal	Storm32 bgc	181
9	Sensor Lidar	YDLIDAR x4	189
10	Drone	Design Inicial	690
<b>Peso Total (g)</b>			<b>1164</b>

Fonte: Autoria própria.

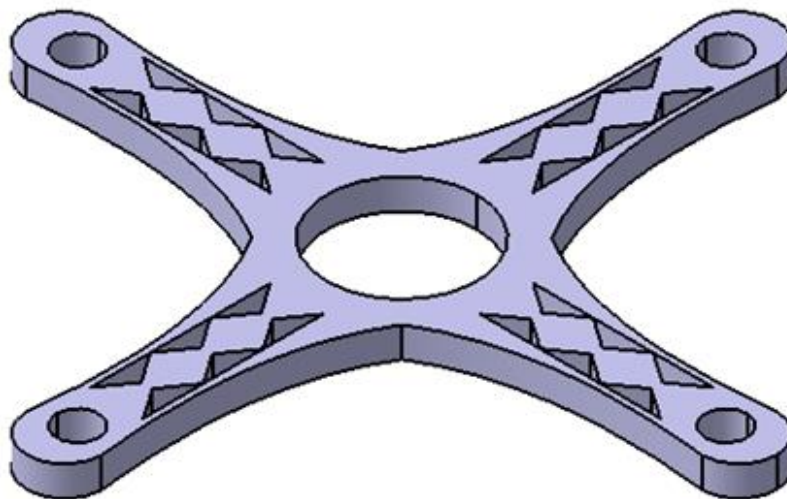
## **Autonomia de voo**

Vai depender da geometria final, hélices e motores. As hélices e motores vão ser comerciais, sendo que após as definições do design final da geometria e do peso da payload em conjunto com drone, um estudo será realizado sobre a melhor opção a ser escolhida.

## **Ideia inicial de estrutura**

Um modelo inicial foi desenhado apenas para visualização da ideia do projeto, onde a payload está agregada ao mesmo compartimento da câmera. A seguir estão o chassi (Figura 9), e as vistas do design inicial na estrutura (Figura 11 a Figura 15).

**Figura 9 - Chassi do drone.**



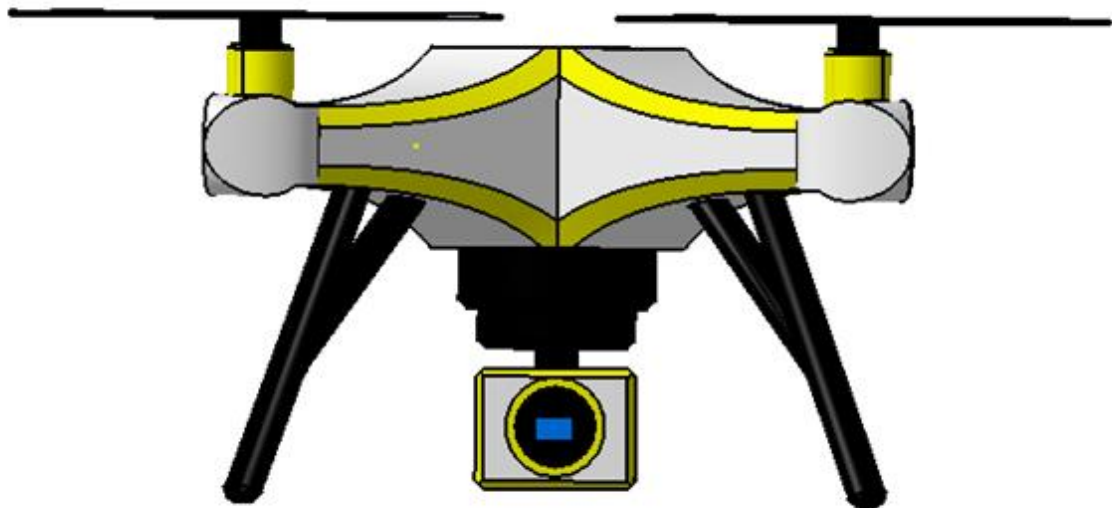
Fonte: Autoria própria.

**Figura 10 - Vista isométrica do drone.**



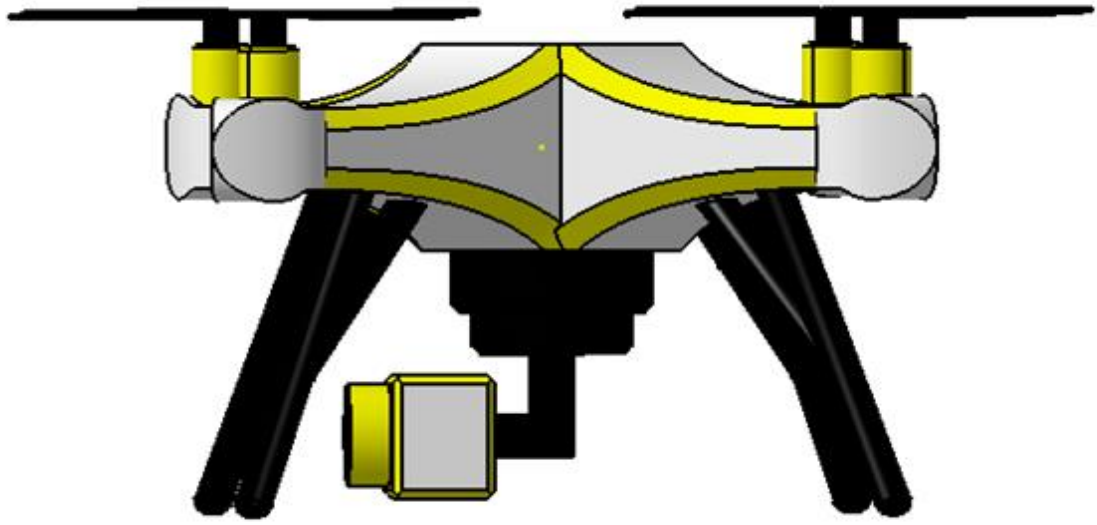
Fonte: Autoria própria.

**Figura 11 - Vista frontal do drone.**



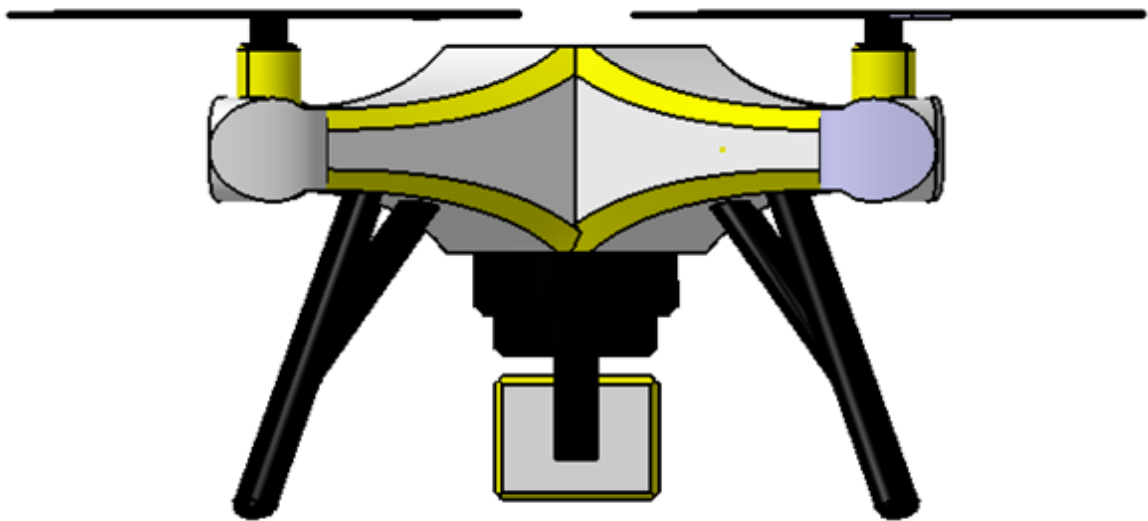
Fonte: Autoria própria.

**Figura 12 - Vista lateral do drone.**



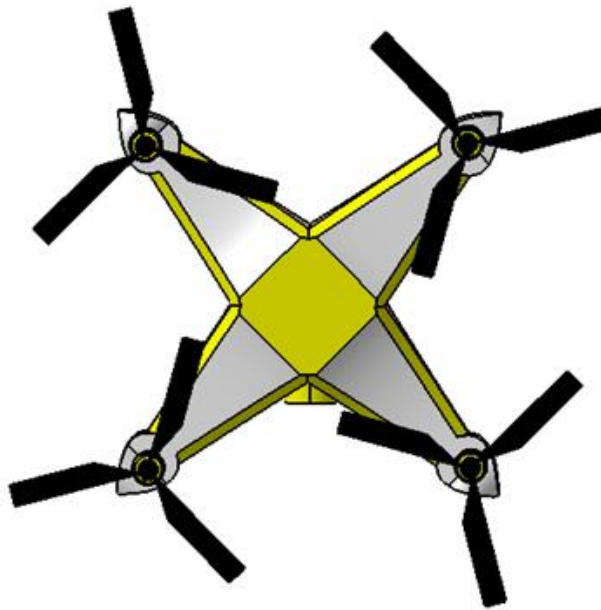
Fonte: Autoria própria.

**Figura 13 - Vista traseira do drone.**



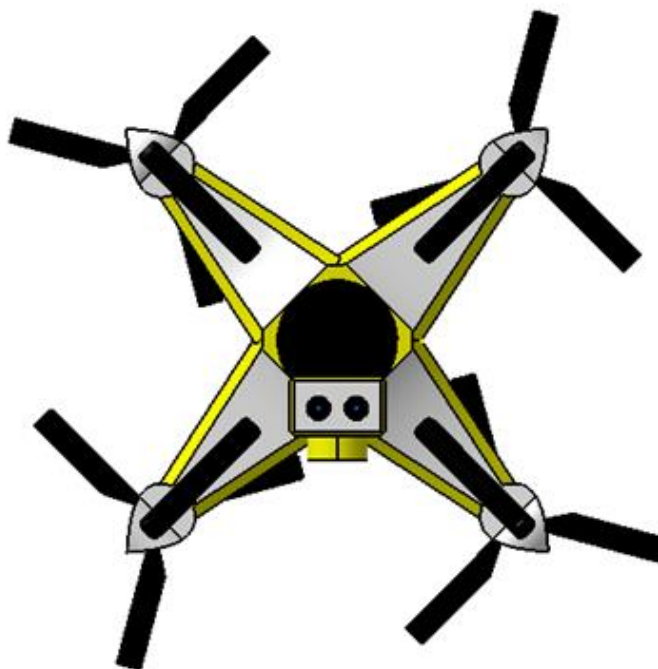
Fonte: Autoria própria.

**Figura 14 - Vista superior do drone.**



Fonte: Autoria própria.

**Figura 15 - Vista inferior do drone.**



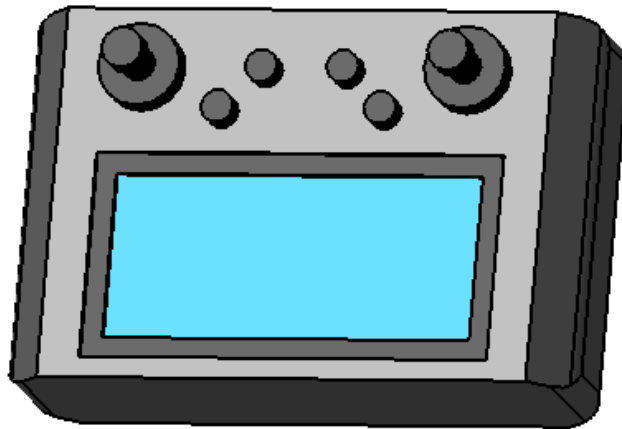
Fonte: Autoria própria.



## Modelo Inicial de CLP

A ideia é construir uma CLP portátil que vai ser capaz de receber todos os dados obtidos pelo drone ao realizar o mapeamento. Na Figura 16 está a primeira ideia para a estrutura da CLP.

**Figura 16 - Modelo inicial da CLP**



Fonte: Autoria própria.

## Software

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

- Mapeamento do terreno com base nos dados fornecidos pelo LiDAR
- Análise de periculosidade dos pontos mapeados
- Calcular menor rota de emergência para o Frelser

## Arquitetura de Software

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

## 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 Frelser e como ele será integrado ao hardware.

## 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.

## Definições, Acrônimos e Abreviações

Frelser: Nome do Projeto, significa salvador em dinamarquês.

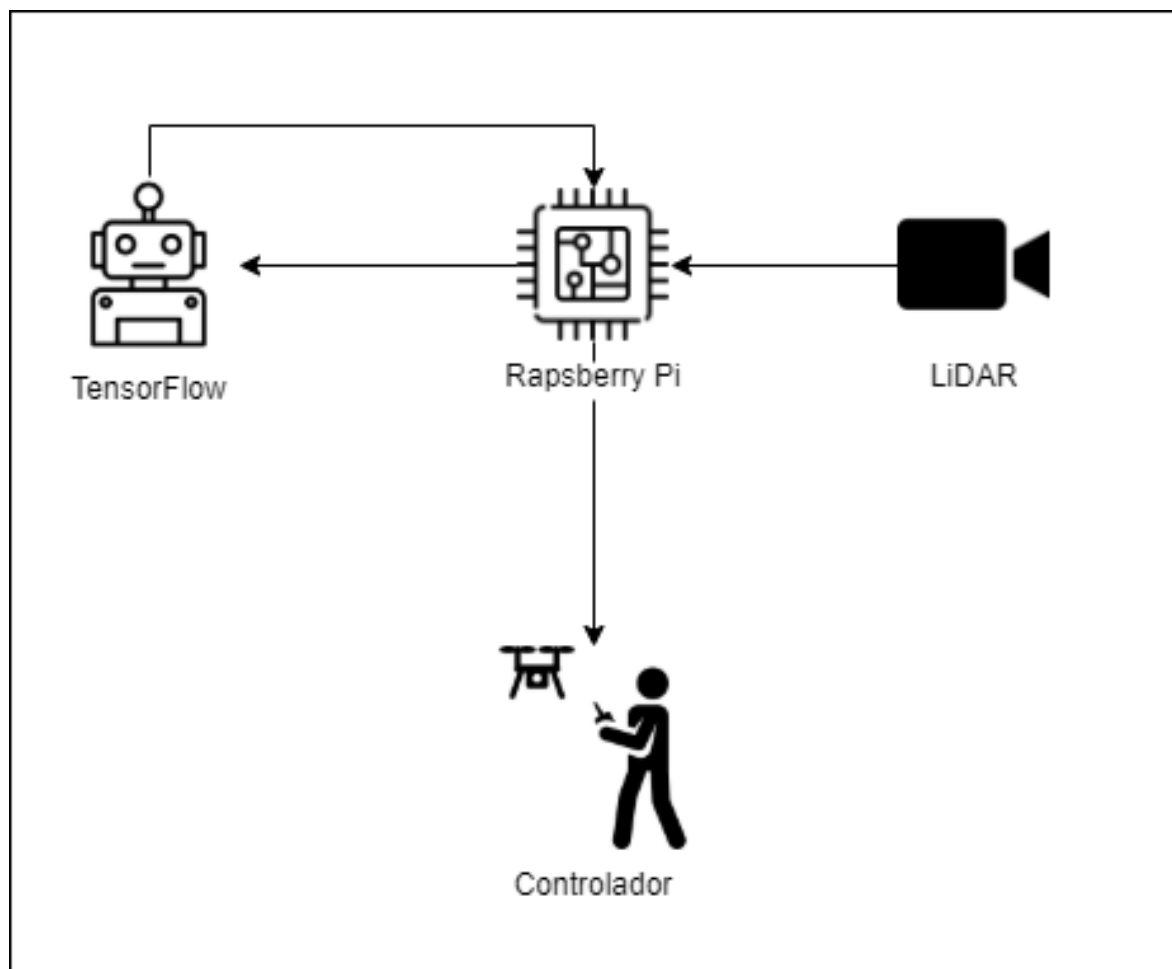
## Visão Geral

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

## Representação Arquitetural

A comunicação com o hardware se dará por uma Raspberry Pi (Figura 17). O aprendizado de máquina será feito utilizando python auxiliado pelo TensorFlow.

Figura 17 - Diagrama de arquitetura

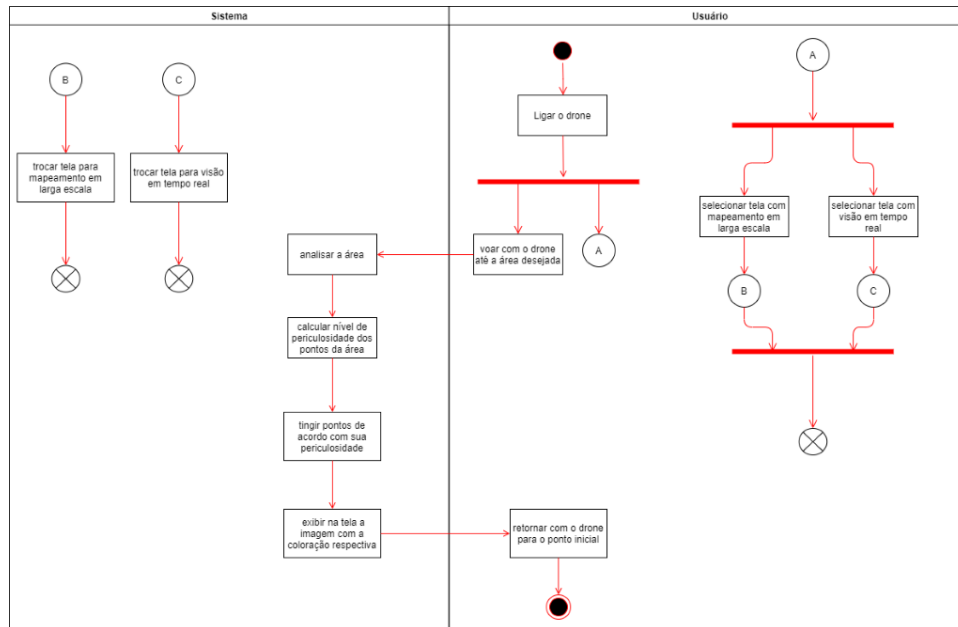


Fonte: Autoria própria.

## Visão Lógica

O diagrama (Figura 18) descreve a atividade que o usuário e o drone vão realizar durante a atividade de resgatar e/ou ler uma área afetada.

Figura 18 - Diagrama de Atividades



Fonte: Autoria própria.

## Visão da Implementação

Será utilizado aprendizado de máquina para realizar o processamento de imagens e mapeamento da área. Também será utilizado para definir a periculosidade da área analisada.

### Dispositivos e serviços

- Raspberry Pi

Série de computadores de placa única.

- TensorFlow

Biblioteca de código aberto para aprendizado de máquina aplicável a uma ampla variedade de tarefas.

## Documentos de Requisitos de Software

**Tabela 8 - Requisitos Funcionais**

Rf001	Identificar proximidade com os objetos ao redor para evitar colisões
Rf002	Calcular rota mais curta para retorno do drone em caso de emergência
Rf003	Calcular cor relativa à segurança da área realizada
Rf004	Realizar o mapeamento da área
Rf005	Exibir mapeamento com cores relativas à segurança da área analisada
Rf006	Gerar mapa em larga escala da área atual analisada
Rf007	Trocar de tela entre o mapeamento em larga escala e a visão em tempo real a partir de um botão no controle

**Tabela 9 - Requisitos não funcionais**

Rnf001	O sistema deverá possuir um algoritmo para mapeamento de áreas
Rnf002	O sistema deverá possuir um algoritmo para detectar proximidade com os objetos ao redor
Rnf003	O sistema deverá possuir um algoritmo para identificar a periculosidade da área analisada
Rnf004	O Software deverá atuar em cima das informações fornecidas pelo sensor LiDAR
Rnf005	O sistema deverá realizar os cálculos de identificação de periculosidade em tempo real
Rnf006	O mapa em larga escala deve ser legível para o usuário

## Referências

- [1] - Brett. P. Conner, et al. “Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services. Addit. Manuf.”, vol. 1, pp. 64–76, (2014).
- [2] - M. H. Haeusler, et al.” Furniture Design Using CustomOptimised Structural Nodes”. International Conference Of The Association For Computeraided Architectural Design Research In Asia .Hong Kong, p. 841-851, (2017).
- [3] - C. Song, et al. “My smartphone knows what you print: exploring smartphone based side-channel attacks against 3D printers”, Conference on Computer and Communications Security, pp. 895-907, Vienna, (2016).
- [4] - G. Cicala, et al. “Engineering thermoplastic for additive manufacturing: a critical perspective with experimental evidence to support functional applications”, Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials, v.15, n.1, e10-e18, (2017).
- [5] - SILVA NETO, MANOEL. Multi rotor ou asa fixa? Blog droneng. Disponível em: < <https://blog.droneng.com.br/multirotor-ou-asa-fixa/> >. Acesso em 27 de fevereiro de 2021.
- [6] - 3DLab. Propriedades dos materiais para impressora 3D. 3Dlab. Disponível em: < <https://3dlab.com.br/propriedades-dos-materiais-para-impressora-3d/> >. Acesso em 27 de fevereiro de 2021.
- [7] - Ensinger Plastics. PEEK - Polieterecetona. Ensinger Plastics. Disponível em: < <https://www.ensingerplastics.com/pt-br/semiacabados/plasticos-de-alto-desempenho/peek> >. Acesso em 27 de fevereiro de 2021.
- [8] - NeoSolar. Disponível em: < <https://www.neosolar.com.br/> >. Acesso em 02 de março de 2021.
- [9] - Portal Energia. Energias Renováveis. Disponível em: < <https://www.portal-energia.com/dimensionamento-de-sistemas-solares-fotovoltaicos/> >. Acesso em 02 de março de 2021.
- [10] - Blue Sol Energia Solar. Sistema Fotovoltaico Off-Grid (Isolado). Disponível em: < <https://www.portal-energia.com/dimensionamento-de-sistemas-solares-fotovoltaicos/> >. Acesso em 02 de março de 2021.
- [11] - Drones Nodes. Drone Motor Fundamentals – How Brushless Motor Works. Disponível em: < <https://dronenodes.com/drone-motors-brushless-guide/> >. Acesso em 06 de março de 2021.

- [12] - Drones Nodes. How to Build A Drone | A Step by Step Guide. Disponível em: < <https://dronenodes.com/how-to-build-a-drone/#tab-con-8>>. Acesso em 06 de março de 2021.
- [13] - VanZwol, Jeffrey. Design Essentials: For USVs and Drones, Batteries are Included. Disponível em: <<https://www.machinedesign.com/mechanical-motion-systems/article/21835356/design-essentials-for-uavs-and-drones-batteries-are-included>>. Acesso em 06 de março de 2021.
- [14] - DJI. P4 Multispectral Specs. Disponível em: < <https://www.dji.com/p4-multispectral/specs> >. Acesso em 06 de março de 2021.
- [15] - University of Washington. What is a lithium-ion battery and how does it work. Disponível em: < <https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/battery-technology/> >. Acesso em 06 de março de 2021.
- [16] - Lithiumionbattery.org. Can and Casing. Disponível em: < <http://lithiumionbattery.org/activities/can-casing#:~:text=Ni%2Dcoated%20steels%20are%20used,by%20nickel%20to%20the%20steel> >. Acesso em 06 de março de 2021.
- [17] - DJI. E310 Specs. Disponível em: < <https://www.dji.com/e310/spec> >. Acesso em 06 de março de 2021.
- [18] - YDLIDAR X4 Specs. Disponível em: < <https://www.ydlidar.com/Public/upload/files/2020-04-13/YDLIDAR%20X4%20Datasheet.pdf> >. Acesso em 06 de março de 2021.
- [19] - Foxeer micro cat 3 Specs. Disponível em: < <https://www.foxeer.com/foxeer-micro-cat-3-1200tvl-0-00001lux-super-low-light-night-camera-g-319> >. Acesso em 04 de março de 2021.
- [20] - Raspberry pi 3B+ Specs. Disponível em: < <https://www.amazon.com.br/Raspberry-3BPLUS-R-Placa-Pi-Model/dp/B07BFH96M3> >. Acesso em 03 de março de 2021.
- [21] - Lora HAT SX1262 Specs. Disponível em: < [https://www.waveshare.com/wiki/SX1262\\_915M\\_LoRa\\_HAT](https://www.waveshare.com/wiki/SX1262_915M_LoRa_HAT) >. Acesso em 06 de março de 2021.

[22] - Placa Pololu AltIMU-10 v5. Disponível em: < <http://comphaus.com.br/home/?wpsc-product=giroscopio-acelerometro-bussola-e-altimetro-altimu-10-v4-l3gd20h-lsm303d-e-lps25h> >. Acesso em 04 de março de 2021.

[23] - POPOV, Sergei. Local modifiers in the Tangle. 2018. Disponível em < [https://assets.ctfassets.net/r1dr6vzfxhev/4p2Jh4jQzYwmQSqScgKW2G/6bd776742d48e6a44fca66845e956e8e/Local\\_Modifiers\\_in\\_the\\_Tangle.pdf](https://assets.ctfassets.net/r1dr6vzfxhev/4p2Jh4jQzYwmQSqScgKW2G/6bd776742d48e6a44fca66845e956e8e/Local_Modifiers_in_the_Tangle.pdf) >. Acesso em 06 de março de 2021.

[24] - POPOV, Sergei. On the Tangle, White Papers, Proofs, Airplanes, and Local Modifiers. Disponível em < <https://blog.iota.org/on-the-tangle-white-papers-proofs-airplanes-and-local-modifiers-44683aff8fea/> >. Acesso em 06 de março de 2021.

## Apêndice A - TAP (Termo de Abertura do Projeto)

Nome do Projeto:	Frelser	
Gerente do Projeto:	Samara Cristina Silva dos Santos	
Previsão de Início e Término:	12/ 02 /2021	21/ 05 /2021

### 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.

### Objetivo

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

### Descrição Resumida do Projeto

O projeto “Frelser” 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 “Frelser” será composto por um drone, controlador, e um sistema de carregamento off-grid, que poderá ser utilizado para manter o funcionamento do controlador em situações extremas, como regiões isoladas ou falta de suprimentos.



## Requisitos Gerais

- O drone tem que servir de apoio aos agentes em solo na busca;
- 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;
- As baterias do drone precisam ter o máximo de capacidade;
- A CLP precisa se comunicar com o drone;
- A CLP precisa ser otimizada para um maior alcance;
- A CLP precisa manter um nível de estabilidade na comunicação;
- A CLP precisa ter medidas para evitar a perda do drone caso haja perda de sinal;
- A CLP precisa ser capaz de enviar um plano de voo automático;
- A CLP precisa apresentar uma interface;
- A CLP precisa ter um controle de fácil manuseio;
- A CLP precisa ter sensibilidade ajustável;
- A CLP precisa ter outro controlador para a câmera;
- A CLP precisa reunir os dados e apresentá-los ao controlador;

## Stakeholders

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

## Restrições

- O drone possui um alcance de altura limitado;
- O drone perde atuação em condições climáticas: alta velocidade de ventos e tempestades;
- O drone possui restrições de bateria;
- O drone não reconhece pessoas;

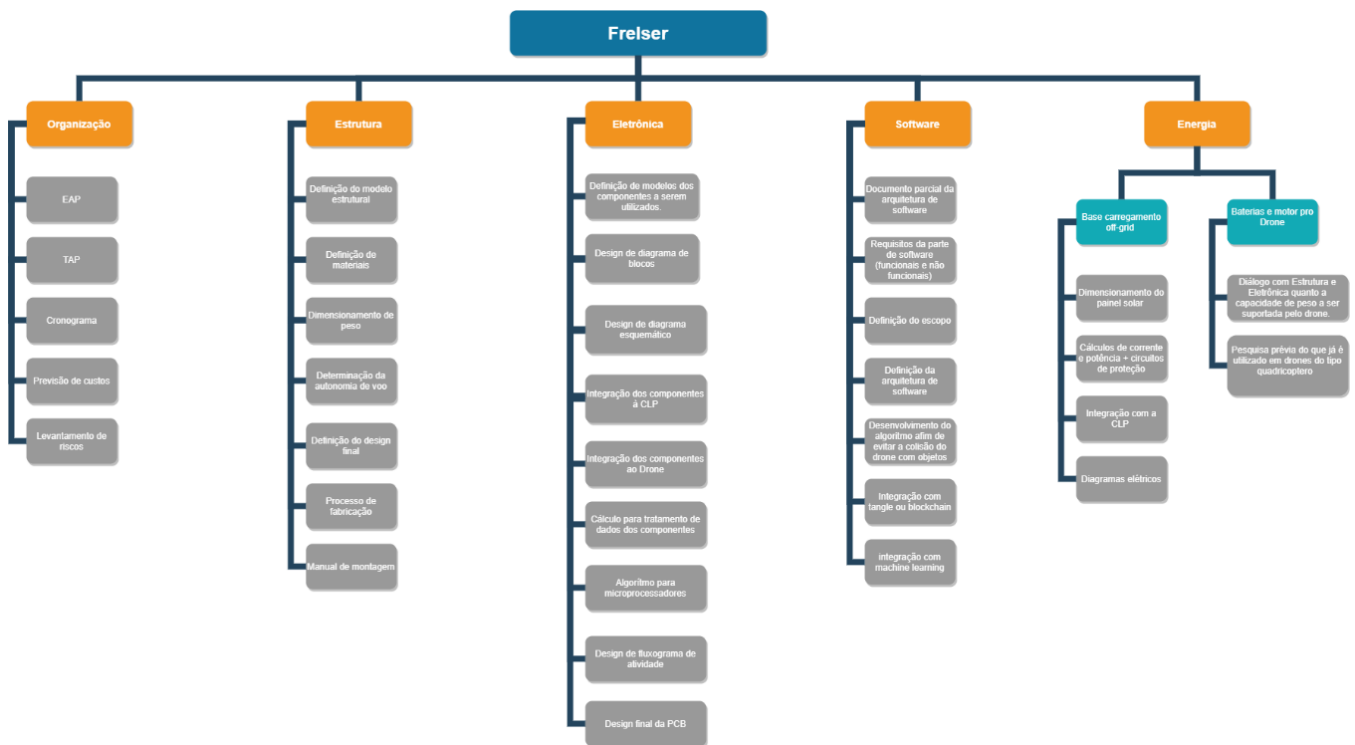
## Premissas

- O drone sempre poderá mapear terrenos;
- O drone conseguirá retornar a base em caso de perda de contato;
- O drone terá telemetria para sua altura, velocidade e nível interno.
- A CLP deve ser portátil;
- A CLP deve ser carregada pelo sistema de carregamento off grid quando necessário;

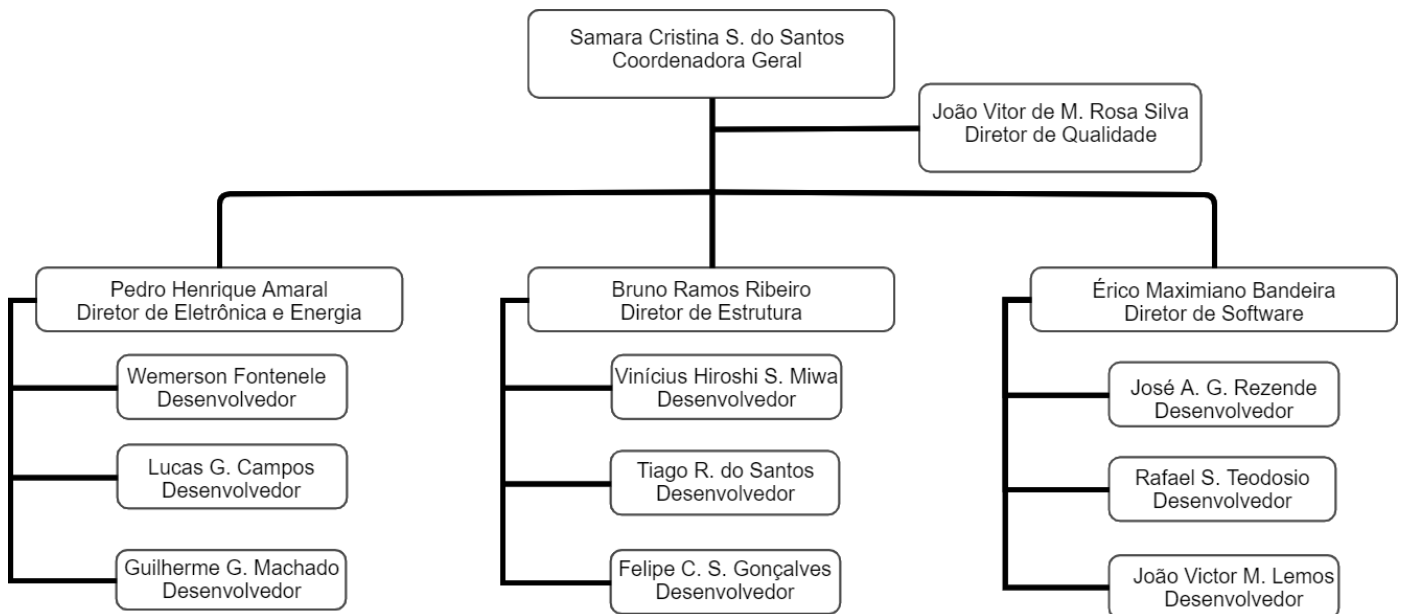
## Riscos

Tipo	Risco	Grau	Ação
Organizacional	Saída de membro da equipe	1	Realocação entre membros.
	Falha de comunicação entre as diretorias	2	Os diretores e a coordenação se reúnem para identificar e corrigir as falhas.
	Tempo insuficiente para entrega	2	As diretorias são responsáveis por organizar e gerenciar seus prazos, caso seja necessário podem alterar com aviso prévio, respeitando o prazo geral de entrega.
	Sobrecarga de demanda	2	Reorganização das atividades dentro da diretoria, se necessário, retirada de atividades.
	Mudança no escopo	3	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 proposta deve ser aprovada pela maioria simples e em seguida apresentada aos professores.
Projeto	Câmera: Falta do mínimo de lúmens para reconhecimento do terreno	1	- Estudo da implementação de uma luminária portátil movida a bateria independente do sistema - Mudança de posição para um ângulo onde seja possível captar lúmens dos corpos celestes para reconhecimento visual
	Bateria: Alto consumo dos componentes	2	- Procura de componentes de baixo consumo que atendam os requisitos mínimos do sistema. - Estudo da possibilidade de mudança de requisitos.
	Módulo Lora: Ambientes com alta interferência de dados	2	- Utilização de módulo de alta frequência. - Utilização de filtros de sinal.

## Estrutura Analítica do Projeto (EAP)



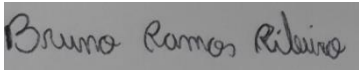
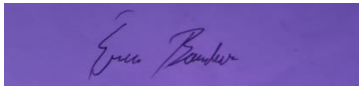
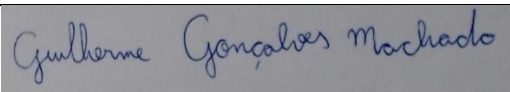
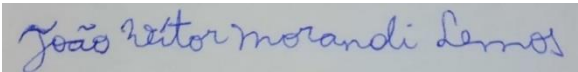
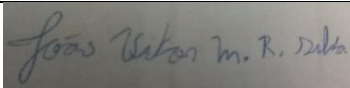
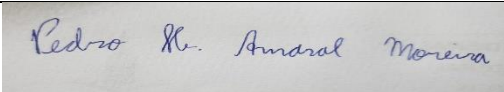
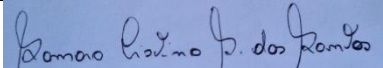
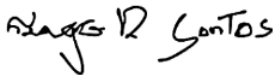

## Organograma



## Cronograma Geral

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 do sistema elétrico do drone	Ponto de Controle 2
	Dimensionamento do Pannel Solar	Ponto de Controle 2
	Cálculos de corrente e potência + circuitos de proteção	Ponto de Controle 2
	Diagramas elétricos	Ponto de Controle 2 e 3
	Integração com a CLP	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 CLP	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
Software	Definição do escopo	Ponto de Controle 1
	Definição da arquitetura de software	Ponto de Controle 2
	Desenvolvimento do algoritmo afim de evitar colisão do drone com objetos	Ponto de Controle 2
	Integração com tangle ou blockchain	Ponto de Controle 3
	Integração com machine learning	Ponto de Controle 3

**Equipe****Assinatura**

Bruno Ramos Ribeiro	
Érico Maximiano Bandeira	
Felipe Coelho Serra Gonçalves	
Guilherme Gonçalves Machado	
João Vitor Morandi Lemos	
João Vitor de Moura Rosa Silva	
José Aquiles Guedes Rezende	
Lucas Gonçalves Campos	
Pedro Henrique Amaral	
Rafael Santos Teodosio	
Samara Cristina Silva dos Santos	
Tiago Rodrigues dos Santos	
Vinícius Hiroshi Souza Miwa	
Wemerson Fontenele Sousa	