

# CORPAS

## Operações com Drones

**Fundação Escola Nacional de Administração Pública**

**Diretoria de Desenvolvimento Profissional**

**Conteudista/s**

Thiago de Lima Luz;

Vinícius Damasceno Ferreira;

Alexandre Cerqueira Monteiro; (Conteudistas, 2024).



Enap, 2024

Fundação Escola Nacional de Administração Pública

Diretoria de Desenvolvimento Profissional

SAIS - Área 2-A - 70610-900 — Brasília, DF

# Sumário

<b>Módulo 1: O que são e para que servem os drones? .....</b>	<b>5</b>
<b>Unidade 1: História dos drones .....</b>	<b>5</b>
1.1 Definições sobre Crise.....	5
<b>Unidade 2: A tecnologia dos drones .....</b>	<b>16</b>
2.1 Principais modelos de drones.....	16
2.2 Tecnologias .....	19
2.3 Aplicações, programas e aplicativos usuais .....	24
<b>Referências .....</b>	<b>31</b>
<b>Módulo 2: Componentes, funcionamento e manutenção de drones .....</b>	<b>32</b>
<b>Unidade 1: Componentes e Funcionamento de drones .....</b>	<b>32</b>
1.1 Partes e Peças.....	34
2.2 Funcionamento .....	37
<b>Unidade 2: Manutenção básica de drones.....</b>	<b>40</b>
2.1 Calibração, Atualização e Solução de Panes .....	44
<b>Referências .....</b>	<b>55</b>
<b>Módulo 3: Legislação aplicada à operação com RPAS .....</b>	<b>56</b>
<b>Unidade 1: Principais conceitos e definições.....</b>	<b>56</b>
1.1 Introdução ao tema .....	56
1.2 Diferença entre aeronave remotamente pilotada (RPA) <i>versus</i> aeromodelo...	62
<b>Unidade 2: Acesso ao espaço aéreo .....</b>	<b>74</b>
<b>Referências .....</b>	<b>99</b>
<b>Módulo 4: Meteorologia e Teoria de Voo .....</b>	<b>100</b>
<b>Unidade 1: Fenômenos meteorológicos.....</b>	<b>100</b>
1.2 Fenômenos que afetam o voo dos pequenos drones.....	102
<b>Unidade 2: Análise meteorológica .....</b>	<b>105</b>
2.1 Consulta, previsão e observação meteorológica; sites e aplicativos recomendados.....	105

<b>Unidade 3: Aerodinâmica do quadricóptero</b> .....	<b>108</b>
3.1 Sustentação, Derrapagem e Arrasto .....	108
<b>Unidade 4: Controles, modos de voo de drones</b> .....	<b>111</b>
4.1 Controles, posições de pilotagem e cuidados .....	111
4.2 Dicas de operação, economia de energia e eficiência .....	115
<b>Referências</b> .....	<b>117</b>
<b>Módulo 5: Segurança de Voo</b> .....	<b>118</b>
<b>Unidade 1: O Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER)</b> .....	<b>118</b>
1.1 O que é o SIPAER? .....	118
1.2 Princípios do SIPAER .....	119
<b>Unidade 2: Fatores relacionados a acidentes com drones</b> .....	<b>120</b>
2.1 Mitigação dos principais fatores relacionados a acidentes com drones .....	121
<b>Unidade 3: Avaliação de Risco Operacional</b> .....	<b>122</b>
3.1 S ANAC 93-001, Confecção e arquivo de ARO .....	122
<b>Referências</b> .....	<b>126</b>
<b>Módulo 6: Operação segura e eficiente de drones</b> .....	<b>127</b>
<b>Unidade 1: Pré-Voo, voo e pós-voo</b> .....	<b>128</b>
1.1 Dicas práticas de preparação e operação .....	128
<b>Unidade 2: RTH - Return to home</b> .....	<b>133</b>
2.1 Registro e utilização do RTH e failsafes .....	133
<b>Unidade 3: Fotografia e filmagem</b> .....	<b>135</b>
3.1 Conhecimento básico de fotografia e filmagem com drones .....	135
<b>Unidade 4: Modos inteligentes de voo</b> .....	<b>138</b>
4.1 Voo automático, Active Track, Point of Interest, Follow e interação Cgestual com o RPAS .....	138
<b>Referências</b> .....	<b>143</b>

# 1 O que são e para que servem os drones?

**Pilot attention!** Este é o curso **CORPAS – Operação com Drones** e, neste primeiro módulo, faremos nosso primeiro teste sobre o uso de drones (para iniciantes e até veteranos) em diferentes estratégias e conhecimentos. Isso não é um treinamento e chegar ao topo só depende de você.

Para isso, foi determinado os seguintes comandos de aprendizagem para o Módulo 1:

1. Identificar os principais marcos históricos relativos às origens e aos avanços tecnológicos dos drones (Unidade 1); e
2. Reconhecer as principais tecnologias e aplicações possíveis (Unidade 2).

Ao final, voltaremos neste mesmo ponto de partida para saber se os comandos foram obedecidos.

### Take-off!

O nosso primeiro passo é entender toda a história por trás dos mecanismos para um drone poder funcionar plenamente. Okay, okay! Não dá para decorar tudo de uma única vez, mas senta que lá vem a história... e muita história!

## Unidade 1: História dos drones

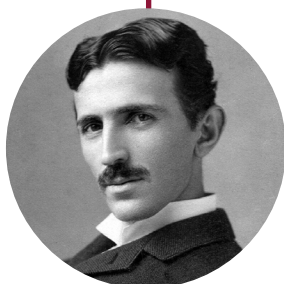
### 1.1 Definições sobre Crise

Comece refletindo sobre algo muito comum atualmente: a internet. Você consegue se imaginar sem essa tecnologia? Como você enviaria um e-mail? Seria possível fazer esse curso de forma on-line? Trabalhos remotos ou uma gigantesca base de dados digitais seria possível? A resposta para essas perguntas são todas negativas. Dentro dessa mesma perspectiva, podemos refletir sobre o uso dos drones, que apesar de terem se popularizado fortemente nos últimos anos, foram criados há muito tempo.

Durante a Segunda Guerra Mundial, o uso de radiofrequência para o controle remoto de veículos não tripulados teve seu início em 1849, quando a Áustria embarcou essa

tecnologia em seus balões para bombardear Veneza.

É aqui que entra nosso primeiro personagem, **Nikola Tesla** (embora não seja o criador), que teve papel fundamental no desenvolvimento de tecnologias que mais tarde viria a ser usada nos drones que conhecemos atualmente.



### Grandes inventores – Nikola Tesla

Nikola Tesla foi um inventor, engenheiro eletrotécnico e mecânico, nascido na Sérvia, amplamente reconhecido por suas contribuições ao desenvolvimento do sistema moderno de distribuição de eletricidade em corrente alternada (CA).

**Nikola Tesla**

Fonte da imagem: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Nikola\\_Tesla](https://pt.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla)

Dentre as suas invenções, em 1898, Nikola Tesla apresentava à sociedade seu modelo de veículo rádio controlado, o **Teleautômato**. Vejamos:

### VÍDEO

“O Teleautômato de Nikola Tesla”

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=jzet9PS0-F8>

Duração: 3 minutos.

Agora, para quem sofre de nostalgia ou tem boas lembranças dos desenhos animados, vai lembrar da canção “Pegue o pombo”, do desenho “Dick Vigarista e Muttley”, e lembrará que a ação principal era pegar o pombo-correio que levava uma mensagem secreta.

### PODCAST

“Pegue o Pombo – abertura, trecho e encerramento”

<https://www.youtube.com/watch?v=noqvRO7cN2w>

Fonte: Canal infancianoventa

Duração: 3 minutos.

Claro que a ideia não nasceu dos desenhos animados, já que foi em 1907, que o farmacêutico Julius Neubronner trouxe como invenção uma câmera acoplada em pombos correios, mas foi bom lembrar!

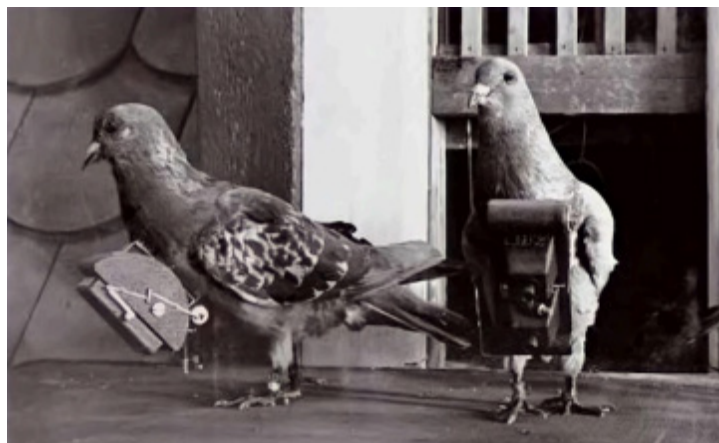
Após um pedido de patente inicialmente rejeitado, Neubronner a recebeu em 1908, promovendo a técnica em exposições fotográficas e feiras aéreas. Embora o uso militar da fotografia com pombos tenha mostrado algum potencial, a tecnologia foi superada pela aviação durante a Primeira Guerra Mundial, e Neubronner abandonou os experimentos.

### Grandes inventores - Julius Neubronner

Segundo o Goolge e Arts & Culture, "Julius Neubronner (1852-1932) não era apenas um boticário, aficionado por arte, fundador de empresa e mágico amador, mas também um fotógrafo entusiasta. Uma de suas invenções ajudou a colocá-lo nos livros de história – como um pioneiro da fotografia aérea. Sua inovação contou com uma tecnologia conhecida desde a antiguidade e que já era uma paixão do fundador da dinastia boticária Neubronner: os pombos-correio."

Fonte: <https://artsandculture.google.com/story/julius-neubronner-and-his-flying-photographers/mQLCawGRQxy5LQ>

O sistema por sua vez funcionava de forma temporizada, acionando a câmera quando o pombo estivesse no ar fazendo assim, a captura da imagem.



**Pombos de Julius Neubronner**

Fonte: <https://foconofato.com.br/2021/04/09/primeiros-drones-conheca-a-historia-dos-drones-originais/>

Ao chegar no ano de 1917, Charles F. Kettering apresenta o **Kettering Aerial Torpedo**. Apelidado de The Bug, o torpedo utilizava equipamentos pneumáticos elétricos pré-definidos para efetuar a estabilização da aeronave. Quando o equipamento chegava a uma certa altura pré-determinada, o motor parava e as asas se desprendiam, fazendo com que o torpedo caísse do céu.



**Kettering Aerial Torpedo – The Bug**

Fonte: <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/FactSheets/Display/Article/198095/kettering-aerial-torpedo-bug/>

Ao todo, foram construídos menos de 50 Bugs pela A Dayton-Wright Airplane Co. tendo sua produção encerrada em 1920.

Antes de chegarmos à segunda parte deste módulo, vamos ver se você já aprendeu sobre este primeiro tópico. Para isso, faça a associação entre o inventor e a sua invenção.

## PERGUNTA

**Atenção: essa não é uma atividade avaliativa, apenas para treinar os seus conhecimentos. Se necessário, retome o que foi estudado até aqui:**

- **Charles F. Kettering – Kettering Aerial Torpedo**
- **Nikolas Tesla – Teleautômato**
- **Julius Neubronner – Pombos com câmeras acopladas**

E então, como foram os resultados? Podemos seguir? Vamos lá... Nesta segunda parte, apresentaremos a você os primeiros drones e suas evoluções.



1 Queen Bee

2 Airplane RP-4

3 Taridian Mastiff



5 Pioneer RQ-2

4 Amber



6 General Atomics MQ-1 Predator

7 DJI Phantom



9 Mars Ingenuity



8 Drone cargueiro

### "Evolução dos drones"

Fonte: Os autores

Considerado por muitos o primeiro drone moderno, o Queen Bee, desenvolvido em 1935, era um avião remotamente controlado servindo para a prática de tiro antes da Segunda Guerra Mundial. Era uma adaptação a partir do De Havilland DH.82 Tiger Moth e operado pela Royal Air Force (RAF).



**De Havilland DH82B "Queen Bee"**

Fonte: <https://www.dehavillandmuseum.co.uk/aircraft/de-havilland-dh82b-queen-bee/>

Passando a fevereiro de 1938, a Radioplane Company, fundada pelo ator Reginald Denny, apresenta ao Exército o RP-1 (Radio plane 1) um monoplano controlado remotamente que serviu de alvo móvel para treinamento das Forças Armadas Norte-Americanas. A demonstração impressionou os oficiais que logo, em seguida, deram apoio a Denny para continuar o desenvolvimento e a apresentação de novos protótipos, até que, em maio de 1939, aceitassem o modelo RP-4 com uma encomenda inicial de 53 unidades para testes.



**Testes de lançamento por catapulta do Airplane RP-4**

Fonte: <https://www.historynet.com/drones-hollywood-connection.html>

Durante a guerra Árabe-Israelense, também conhecida como a Guerra de Yom Kippur, as Forças de Defesa de Israel buscavam um Vant que pudesse transportar uma carga de 10 quilos a distância de 30 a 50 quilômetros, possibilitando um “olhar” acima da colina, como era referido. O desenvolvimento ficou a cargo da empresa Tadiran Electronic Industries que, em 1973, realizou o primeiro voo do Taridian Mastiff, uma aeronave de 72 quilos com 7 horas de autonomia e uma velocidade máxima de 185 km/hora.

3



**Aeronave Taridian Mastiff em exposição no museu Heyl ha-Avir**

Fonte: <https://www.historyofinformation.com/image.php?id=6689>

De fato, o primeiro drone nos moldes que conhecemos atualmente foi desenvolvido pelo engenheiro israelita Abraham E. Karem. Ao chegar nos Estados Unidos, em 1977, Karem relatava ser necessário em torno de 30 pessoas para controlar um drone, o Aquila, que tinha autonomia de até 20 horas, mas nunca voou mais que alguns minutos. Pensando nisso, ele fundou a Leading System, utilizando materiais, como madeira, fibra de vidro e motores de kart de corrida da época, Karem foi quem desenvolveu o Albatross. Operado por apenas 3 pessoas, o Albatross ficou até 56 horas no ar sem a necessidade de recarga das baterias. Impressionados com a demonstração, a empresa DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) resolveu financiar o projeto de Karem, buscando aperfeiçoar o modelo, dando surgimento ao Amber.

4



**Amber em testes de voo**

Fonte: <https://www.darpa.mil/about-us/timeline/amber-predator-global-hawk-predator>

Empregado em missões de reconhecimento e espionagem durante a Guerra do Golfo e demais conflitos da época, o Pioneer RQ-2 teve o início do seu desenvolvimento por meio de uma parceria entre as empresas AAI Corporation e a Israel Aircraft Industries.

5



**Pioneer RQ-2 em missão de reconhecimento**

Fonte: <https://www.military.com/equipment/rq-2a-pioneer>

O RQ-2A foi uma das primeiras aeronaves a ser empregada pela Marinha Americana, adotando o projeto original a bordo dos navios de guerra no auxílio a reconhecimento de área. Durante a década de 1990, os drones eram basicamente utilizados no meio militar, sendo aperfeiçoados e empregados em campo de batalha, buscando mitigar o risco de morte dos soldados em conflitos. Durante esta época, o destaque ficou para o Predator MQ-1 da fabricante americana General Atomics.

6



**General Atomics MQ-1 Predator**

Fonte: [https://stringfixer.com/pt/Predator\\_drone](https://stringfixer.com/pt/Predator_drone)

Chegando aos anos 2000 e buscando aproveitar o conhecimento a respeito da tecnologia militar, empresas, como a Parrot, DJI e 3DR, surgem com a proposta de tornar os drones um equipamento para uso civil. Durante a Customer Electronic Show (CES) em 2010, a Parrot apresentou o AR.Drone, uma aeronave capaz de

ser controlada via celular e de fácil manipulação, lançada como um brinquedo, contendo uma câmera e uma autonomia de aproximadamente 12 minutos. Porém, em 2013, a tecnologia dos drones recebeu um grande avanço por meio da empresa chinesa fundada em 2006, a gigante Da-Jiang Innovations, mais conhecida como DJI, apresentando ao mundo o seu primeiro Phantom.

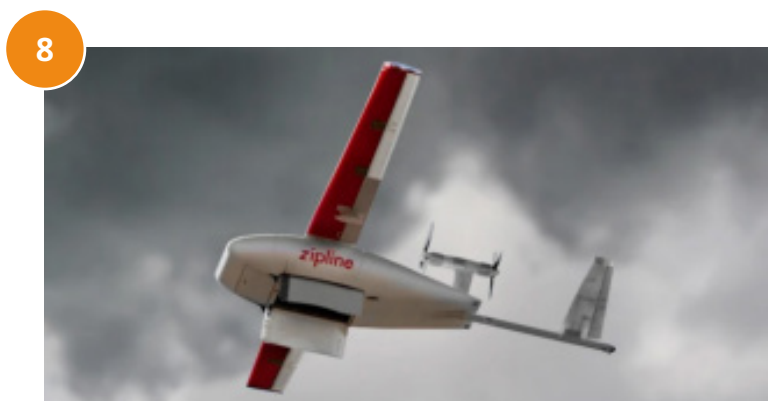


**DJI Phantom**

Fonte: <https://www.dji.com/newsroom/news/exciting-new-releases-at-nab-2013>

Ainda em 2013, empresas – como FedEx, Amazon e UPS – iniciaram testes de entrega com drones voltadas a pequenos malotes. A prática se tornou comum nos países norte-americanos, levando a aderência de mais empresas, principalmente no ramo farmacêutico.

Chegando aos dias atuais, a pandemia gerada pelo Covid-19 ressaltou a necessidade de uso desse tipo de equipamento, buscando agilidade na entrega de suprimentos, principalmente para acesso a regiões remotas. Empresas, como a Zipline Vital, da África, se destacam no serviço de resposta a desastres, efetuando a entrega das vacinas com seus drones cargueiros em 2020.



**Drone cargueiro da Zipline Vital**

Fonte: <https://flyzipline.com/defense-and-disaster-response/>

Por fim, temos o que pode ser o maior avanço na tecnologia de aeronaves remotamente controladas: o Mars Ingenuity.

*Ingenuity* (traduzido do inglês: engenho ou criatividade) é uma aeronave criada pela NASA para missões de exploração em Marte. Enviado em 30 de julho de 2020, o *Ingenuity* pousou no solo de Marte em fevereiro de 2021, efetuando seu primeiro voo em 19 de abril do mesmo ano.



**Aeronave Mars Ingenuity**

Fonte: <https://mars.nasa.gov/technology/helicopter/#>

Estamos quase chegando ao fim deste primeiro módulo e, nessa trajetória, podemos dizer que a popularidade dos drones se deu pela necessidade de uso como ferramenta de emprego em atividades que ofereciam risco ao ser humano. Porém, com o avanço da tecnologia, novas frentes de trabalho foram surgindo e novos ramos de atividade foram criados, inserindo tais equipamentos para uso no dia a dia. Contudo, surge também a necessidade de atualização da maneira como trabalhamos e se torna fundamental a capacitação de profissionais para uso dessas ferramentas.

Então, quais foram suas aprendizagens? Conseguiu aprender um pouco sobre a história dos drones? No tópico a seguir, falaremos mais sobre as tecnologias dos drones, mas antes disso, que tal consolidar os conhecimentos com uma atividade simples? Não se esqueça de que, ao final deste módulo, você terá que realizar um exercício final avaliativo.

## TOME NOTA

Qualquer equipamento que alcance voo a partir de reações aerodinâmicas em contato com o ar pode ser considerado uma [Aeronave]. Já o termo referente a toda aeronave para uso exclusivamente recreativo, tendo suas características e seu formato físico diferenciado é [Aeromodelo].

**A sigla [ARP] significa Aeronave Remotamente Pilotada e VANT ou [VARP] (Veículo Aéreo Remotamente Pilotado), ambas vindas do inglês UAV (Unmanned Aerial Vehicle) como terminologia oficial.**

Na segunda Unidade, vamos falar sobre os diferentes tipos de drones. Aqui, você será capaz de conhecer os diferentes modelos de drones, as suas tecnologias e o seu emprego.

## Unidade 2: A tecnologia dos drones

### 2.1 Principais modelos de drones

Agora saindo um pouco do contexto histórico, o termo drone é usado popularmente para descrever qualquer aeronave ou veículo que possua um alto grau de automatismo. Traduzida do inglês, a palavra drone significa zangão ou zumbido, se referindo ao barulho produzido devido à alta rotação que seus motores impõem nas hélices, fazendo que as mesmas cortem o vento e produzam esse som.

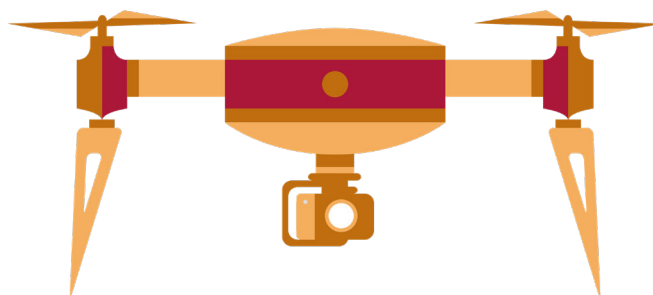
Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), os termos corretos para referir-se a tal equipamento seria:

#### Aeronave

Qualquer equipamento que alcance voo a partir de reações aerodinâmicas em contato com o ar, por intermédio dos seus componentes de construção, como motores, hélices ou asas que possibilitam o transporte de equipamento, de cargas ou de pessoas.

#### Aeromodelo

Termo referente a toda aeronave para uso exclusivamente recreativo, tendo suas características e seu formato físico diferenciado.



#### ARP e RPA

A ARP (Aeronave Remotamente Pilotada), do inglês RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), é conhecida no Brasil por seu emprego nas forças de segurança pública. Por outro lado, aeronaves autônomas – veículos que não precisam ser controlados remotamente – são proibidas pela legislação brasileira.

#### VANT, VARP e UAV

Em outros casos, usa-se a sigla VANT ou VARP (Veículo Aéreo Remotamente Pilotado), ambas vindas do inglês UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) como terminologia oficial. No Brasil, o VANT, mesmo que tecnicamente igual ao drone, é diferente em relação ao seu propósito de uso, podendo ser: comercial, profissional ou militar e possuir, ou não, carga embarcada.

#### RPS

Termo técnico que se refere à Estação de Pilotagem Remota (do inglês *Remotely Piloted Station*). Padronizado internacionalmente, o termo se refere à estação de pilotagem no qual o piloto remoto opera a aeronave.

“O que é um drone?”

Fonte: Os autores

Agora, vamos conhecer os tipos de drones que surgiram ao longo da história:

### **Rotor Único**

Muito parecidos com os helicópteros, os drones de rotor único ou mono rotor têm sido muito utilizados para transporte de cargas pela estabilidade e autonomia que o equipamento oferece.

### **Micro Drone Militar Flir Black Hornet**

Voltado ao uso militar, a fabricante Flir lançou há alguns anos o seu modelo de drone mono rotor denominado Black Hornet. Equipado com câmera térmica, sistema de tracking de alvos, entre outras ferramentas, o drone tem a autonomia de 25 minutos de voo, o tamanho de 133 milímetros e o peso de 33 gramas sendo muito empregado em áreas de conflito civil e espionagem.

### **Multirotor**

Sendo a categoria mais conhecida e utilizada atualmente, os multirotores são drones construídos em diversas configurações de tamanhos contendo dois ou mais rotores. Suas características, no geral, são definidas mediante ao seu emprego.

### **Aeronave Multirotor Phantom 4 da fabricante DJI**

Dentre os modelos comerciais, o que ficou mais conhecido é o Phantom da fabricante chinesa DJI. Muito utilizado no ramo da topografia, o phantom 4 (modelo atual) é o carro chefe da empresa sendo uma das aeronaves mais vendidas no mundo.

### **Asa Fixa**

Comumente usados para o mapeamento aéreo, os drones de asa fixa têm uma maior autonomia de voo, favorecendo a cobertura de grandes áreas. Geralmente carrega um sensor acoplado na parte de baixo da aeronave capaz de capturar fotos e vídeos do ambiente. Possuem uma grande semelhança com aeromodelos e aviões tradicionais, contendo um corpo central, duas asas e um rotor para propulsão. Uma vez no ar, a estabilidade é mantida pelas asas e o rotor só é acionado em caso de perda de altura. Por esse fator, a autonomia de voo se torna maior com relação aos drones multirotores. Uma desvantagem é o espaço livre necessário (aproximadamente 100 metros) em linha reta para efetuar o pouso e a decolagem, que em muitos casos dificulta sua operação.

# TYPES OF WING DESIGN

## STRAIGHT WING



rectangular  
straight wing



tapered  
straight wing



rounded or elliptical  
straight wing

## SWEPT WING



slightly  
swept wing



moderately  
swept wing



highly  
swept wing

## DELTA WING



simple  
delta wing



complex  
delta wing

www.HELIGUY.com

### Tipos de Asa

Fonte: <https://www.heliguy.com/blogs/posts/choosing-fixed-wing-drone>

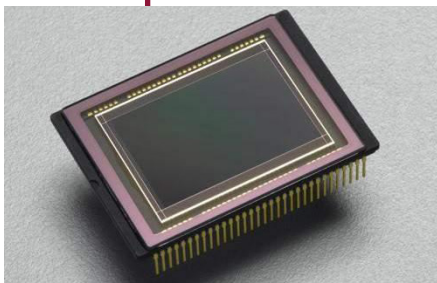
As asas também podem variar o seu tamanho, a envergadura e o comprimento dependendo do projeto. Uma asa com maior envergadura, garante maior estabilidade e autonomia, mas perde velocidade. Uma asa curta tem mais velocidade, mas perde autonomia.

### VTOL

A sigla vem do inglês *Vertical Take-off And Landing* (Decolagem e Aterragem Vertical), é uma aeronave completa que possui as funções de multi rotor e asa fixa combinadas, garantindo uma grande autonomia de voo, além da vantagem de decolar e pousar na vertical, pode ser aplicado em quaisquer situações.

## 2.2 Tecnologias

Agora que você já sabe sobre alguns modelos de drones, é hora de entender que tipo de tecnologias estão por trás dessas engenharias. Os drones são aparatos tecnológicos resistentes a diversas situações e com uma grande gama de aplicações, em que cada uma exige um diferencial para ser executada. Essa tarefa, muitas vezes, depende do tipo de sensores embarcados na aeronave.



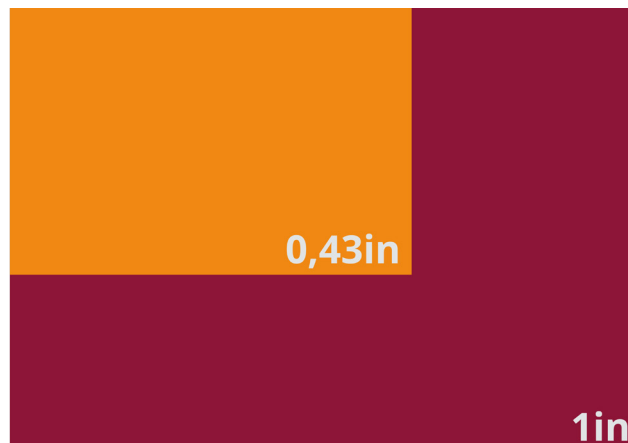
**Sensor de Câmera Fotográfica**

Fonte: <https://hypescience.com/25328-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-cameras-fotograficas/>

O sensor é um chip fotossensível capaz de capturar a luz vinda através da lente, gerando, assim, uma imagem. Possui uma variação no seu tamanho, proporcionando algumas diferenças na captura da imagem, podendo tornar um pouco mais interessante um ou outro sensor, dependendo da fotografia a ser capturada. Quanto maior o seu sensor, maior é a absorção de luz que cada pixel será capaz de capturar, melhorando a nitidez proporcionada na imagem, ou seja, quanto maior o sensor, melhor a sua qualidade de captura de imagem.

Um sensor pode ser definido em polegadas e a sua qualidade em megapixels. Ao se falar em drones, os sensores mais comuns podem conter de 8 a 24 megapixels dependendo do fabricante e modelo, e seu tamanho é variável. Geralmente, encontramos sensores de 0.43 polegadas em drones de pequeno porte, como Spark, Mavic Mini, entre outros, e sensores de 1 polegada em drones de maior porte, como Phantom 4 Pro V2 e Inspire.

A figura, a seguir, demonstra a variação de tamanhos dos sensores:



**Comparação de tamanho entre os sensores de câmera em polegadas (Inch)**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os sensores mais comuns são:



### **RGB**

Sensores RGB são as câmeras convencionais que acompanham a maioria dos drones. Recebem esse nome pela capacidade de captar a luz vermelha, verde e azul (*Red, Green, Blue*) e, através da mistura dessas cores, são capazes de formar imagens.

Sua maior aplicação é no ramo audiovisual, na topografia aérea e na construção civil.

#### **Câmera RGB DJI Zenmuse X4S**

Fonte: <https://www.dji.com/br/zenmuse-x4s/info>



**Câmera Multiespectral Sentera**

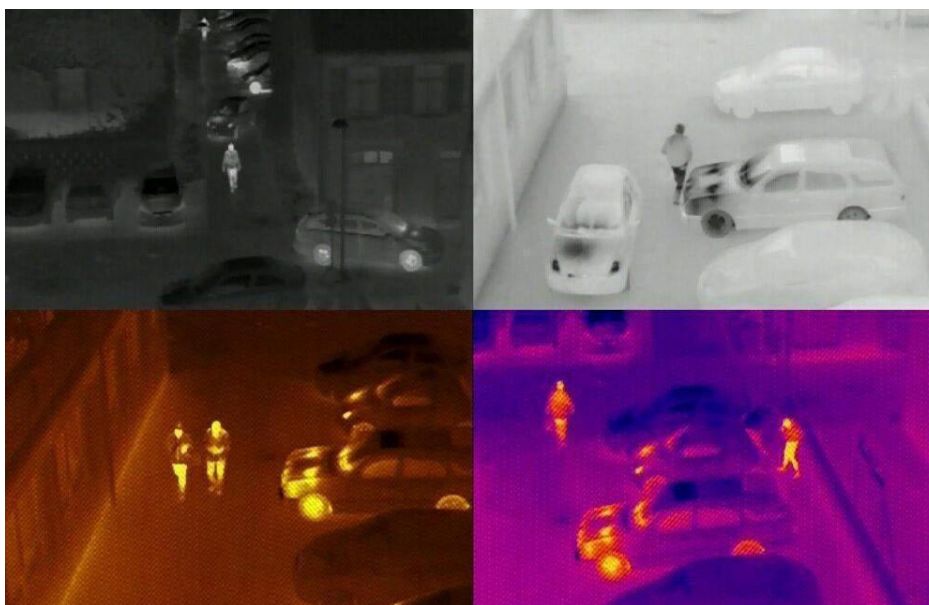
Fonte: <https://sentera.com/data-capture/6x-multispectral/>

## Multiespectral

As câmaras multiespectrais têm como principal característica a capacidade de captar as luzes vermelhas, verdes e infravermelho, sobretudo, a absorção e medição da radiação refletida pelas plantas. Elas são compostas por múltiplos sensores, sendo que cada um faz a devida captação de um espectro de cor. Com sua maior aplicação no agronegócio, as câmaras multiespectrais podem detectar o espectro invisível da vegetação e “enxergar” falhas não detectadas a olho nu, por exemplo, uma trilha em meio a uma floresta.

## Térmico

Muito utilizado em operações de segurança pública e no meio militar, os sensores de detecção de calor captam imagens ou vídeos da radiação térmica emitido pelo objeto, ou pelo alvo e não da sua luz visível, sendo possível sua aplicação em diversos ambientes e situações climáticas.



**Imagem térmica**

Fonte: <https://mavicmaniacs.com/drones-with-thermal-imaging>

Possuem a capacidade de detectar variações de calor a partir de  $0,01^{\circ}$  C elsius e, em conjunto com um software de exibição ou aplicativo, as câmeras possibilitam a exibição de diferentes espectros conforme sua variação de temperatura para a detecção das mais diversas patologias.

Dentre as diversas fontes que irradiam calor no nosso planeta, as câmeras térmicas podem captar diferenças de calor em espécies vivas (pessoas, animais e vegetação), edificações em geral, máquinas, meios de transporte, dispositivos elétricos, materiais químicos, entre outros.

Dessa forma, o uso de um sensor térmico exhibe essas diferentes temperaturas em detalhes que não podem ser vistos com sensores visuais comuns, por exemplo.

## Zoom

As câmeras com zoom possuem a capacidade de aproximar o objeto em foco de forma digital ou óptica. No zoom digital, a imagem é aproximada via software de processamento da própria câmera, portanto, se trata de uma ampliação e não aproximação, prejudicando a qualidade da imagem. Já o zoom óptico utiliza um jogo de lentes internas da câmera para efetuar a aproximação, mantendo a qualidade da imagem.

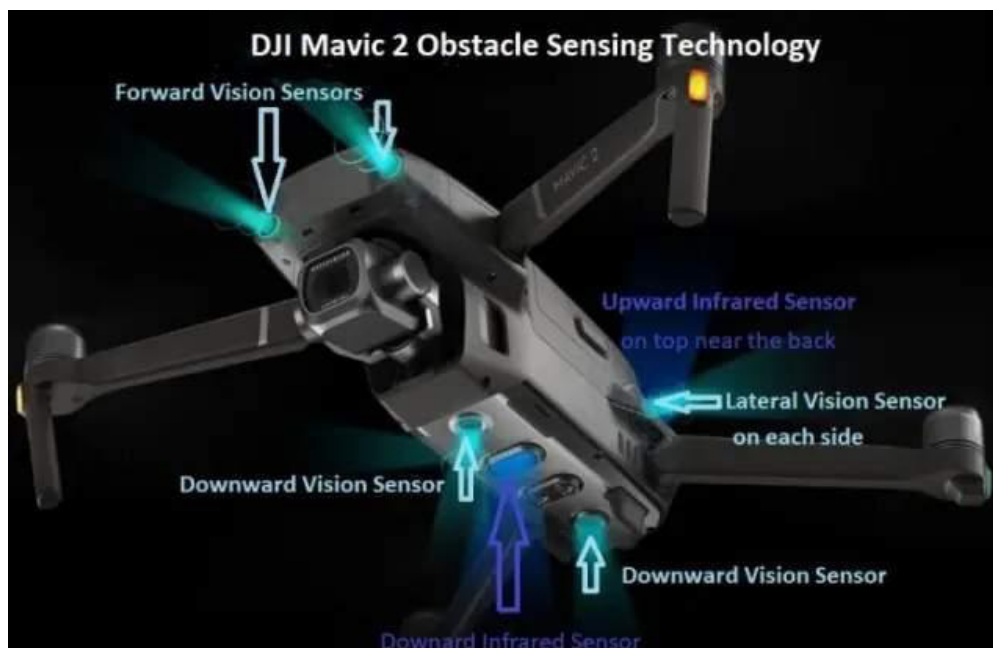


**Zoom óptico 30x**

Fonte: <https://www.dji.com/br/zenmuse-z30>

## Sensores de colisão

Os sensores também atuam na segurança de navegação da aeronave, evitando colisões com objetos próximos, detectando o nível de altura do solo, entre outras aplicações. Sensores de colisão ficam, geralmente, espalhados por diversos locais da aeronave buscando detectar quaisquer impactos que venha a sofrer.



Sensores de colisão Mavic 2

Fonte: <https://www.dronezon.com/diy-drone-repair-videos/dji-innovation-drones/how-to-calibrate-mavic-2-vision-sensor-to-correct-system-errors/>

Estamos quase no fim, mas antes assista a dois vídeos que vão retomar o assunto sobre tipos de sensores.

No primeiro vídeo, a empresa brasileira Horus Mappas traz um comparativo entre o sensor RGB e o sensor Multiespectral.

## VÍDEO

“RGB ou Multiespectral?

Tipos de câmera para mapeamento com drones”

[https://www.youtube.com/watch?v=kFWR\\_SNAsDU](https://www.youtube.com/watch?v=kFWR_SNAsDU)

Fonte: Canal Software Mappa

Duração: 6 minutos.

Já, no segundo, temos uma pequena introdução às tecnologias embarcadas nos drones.

## VÍDEO

“Introdução à Tecnologia dos Drones: Sensores”

<https://www.youtube.com/watch?v=wi4k30RYphQ>

Fonte: AVMakers

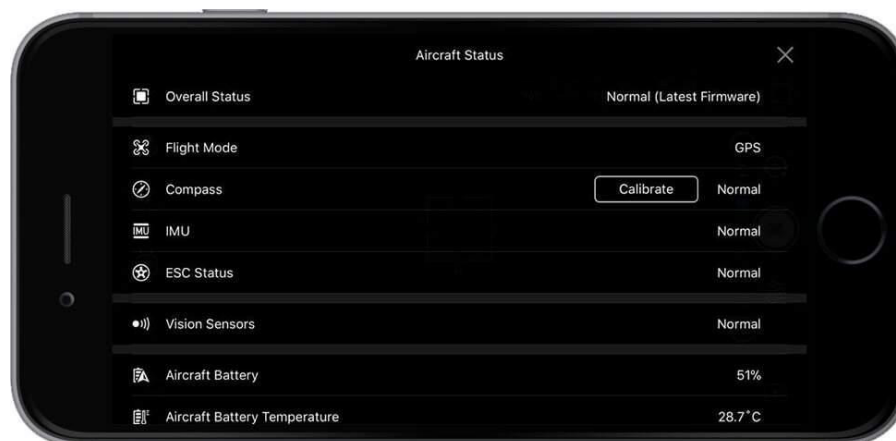
Duração: 11 minutos.

Sem dúvidas, e até o momento, este foi o conteúdo mais extenso que você teve que estudar. No tópico a seguir, veremos as aplicações e possíveis programas usuais no uso de drone. Estamos quase lá!

## 2.3 Aplicações, programas e aplicativos usuais

Como visto até o momento, os drones possuem uma infinidade de tecnologias nele embarcadas. Com isso, existe a necessidade de controle de todas essas tecnologias por parte do piloto em solo e, para isso, são utilizadas plataformas de voo juntamente com o controle remoto para monitorar e executar as atividades de voo. Essas plataformas geralmente são aplicativos ou softwares que podem ser instaladas em algum dispositivo móvel ou computador portátil e fornecidas pelo próprio fabricante da aeronave.

Nele, é possível obter a imagem em tempo real do drone e dados, como distância, altura, nível de bateria, geolocalização, entre outros, além de um check-list inicial ao ligar a aeronave.



Status da Aeronave no App DJI Go 4

Fonte: <https://store.dji.com/guides/dji-go-4-manual/>

No status inicial, temos um resumo do funcionamento da aeronave antes da decolagem. É de extrema importância se atentar a quaisquer erros que sejam apontados pelo App, buscando a sua correção por meio das instruções contidas na tela.

Basicamente, a checagem inicial verifica os seguintes parâmetros:

#### Overall Status

Mostra as condições atuais do firmware da aeronave e rádio.

#### Flight Mode

Modo de voo que será executado. Podendo ser:

- **Position Mode (P-Mode):** todos os seus sensores estão ativos e funcionando, podendo detectar e desviar de obstáculos. É o modo mais seguro e mais utilizado;
- **Attitude or ATTI mode (A-mode):** este modo é ativado caso não seja possível conectar aos satélites GPS. O drone irá manter a altitude, porém não desviará de obstáculos;
- **Sport mode (S-mode):** No modo Sport, o drone voa a toda velocidade usando o GPS para manter a posição, entretanto, os sensores de obstáculo são desativados.

#### Compass

Mostra se a bússola da aeronave está, ou não, calibrada. Não deve ser calibrada em áreas que tenham interferência magnética.

#### IMU (Inertial Measurement Unit)

Basicamente, é o barômetro e o giroscópio usado para calcular a altitude e o ângulo de voo.

#### ESC (Electronic Speed Control) Status

Indica a condição dos motores. No caso de conter algum aviso, tente reiniciar o equipamento primeiro.

#### Vision Sensors

São os sensores para detectar os obstáculos quando for voar. É extremamente recomendado que esteja ligado.

### Aircraft Battery

Nível da bateria.

### Aircraft Battery Temperature

Temperatura atual da bateria.

Em caso de discrepância em quaisquer itens listados acima, clique para efetuar possíveis correções ou reinicie o equipamento. Após a verificação inicial, o aplicativo irá para a tela de voo ou visão de câmera como é mais conhecido, no qual são exibidos todos os ícones de comando e a imagem da câmera em tempo real para efetuar o voo.

Os indicadores apresentam as condições gerais da aeronave, passando uma noção do trajeto que está sendo percorrido, assim como avisos emergenciais em caso de alterações repentinas no comportamento do equipamento.



### Interface de usuário DJI Go 4

Fonte: <https://store.dji.com/guides/dji-go-4-manual/>

Entre as funções básicas da interface de usuário, temos:

<b>System Status</b>	Indica o status atual da aeronave e mostra os avisos do sistema;
<b>Obstacle Detection Status</b>	Indica a aproximação de obstáculos, tendo três níveis: verde, amarelo e vermelho, dependendo da aproximação;
<b>Battery Level Indicator</b>	Fornece o nível de carga restante da bateria;
<b>Flight Mode</b>	Indica o modo de voo atual. Clique para configurar o controle principal e limites de voo;
<b>GPS Signal Strength</b>	Mostra a quantidade de satélites conectados. A barra de nível indica a qualidade do sinal;
<b>3D Sensing System Status</b>	Clique para ativar ou desativar o sensor 3D do sistema;
<b>Wi-Fi Settings</b>	Abre as configurações de Wi-Fi da aeronave (podendo variar de um drone para outro);
<b>Battery Leve</b>	Indica o nível de bateria restante;
<b>General Settings</b>	Mostra as configurações gerais do sistema;
<b>Gimbal Slide</b>	Mostra a inclinação do gimbal da câmera;
<b>Photo/Video Toggle</b>	Alterna entre modo de gravação de vídeo ou foto;
<b>Shoot/Record Button</b>	Pressione para tirar fotos ou gravar vídeos;
<b>Camera Settings</b>	Abre o menu de configurações da câmera;

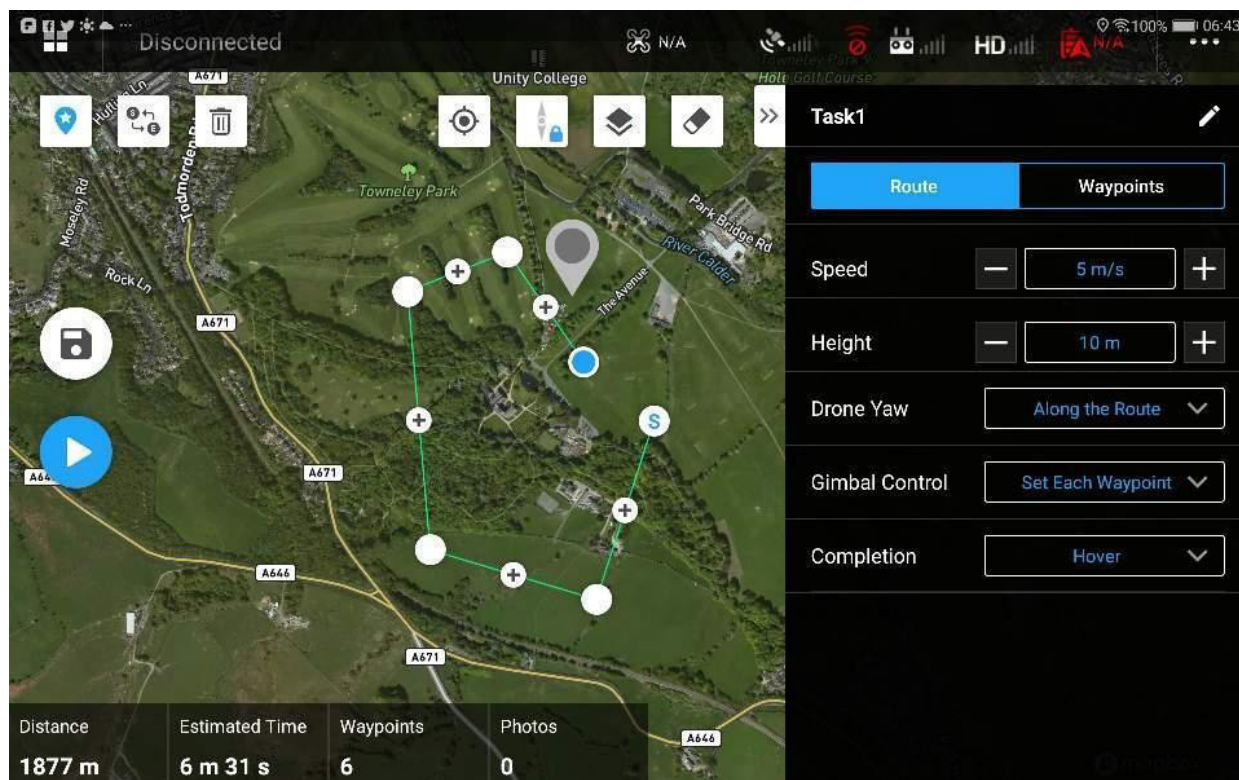
<b>Playback</b>	Visualiza as fotos e o vídeo que foram capturados;
<b>Flight Telemetry</b>	Mostra as informações de voo, como altura, velocidade, distância;
<b>Virtual Joystick</b>	Abre um joystick virtual para controlar a aeronave. Em alguns casos, pode ser substituído pelo mapa de voo (varia de aeronave para aeronave);
<b>Intelligent Flight Mode</b>	Alterna entre os modos de voo normal, seguir objetos ou pessoas, desviar de objetos, acompanhar altura de solo entre outros. Serve para uma melhor captura das imagens em regiões de difícil acesso, ou caso queira focar em um ponto de interesse;
<b>Smart RTH</b>	Pressione para trazer a aeronave ao último ponto de partida registrado;
<b>Auto Take Off/ Landing</b>	Pressione para decolar ou pousar o drone, automaticamente, a uma altura pré-programada;
<b>DJI Icon</b>	Volta à tela inicial.



## SAIBA MAIS

**Atenção:** É recomendável que a aeronave decole somente após efetivar a verificação de todas as funções e que não haja nenhuma discrepância em seu funcionamento. Somente decole a aeronave se o indicador de status estiver com a cor verde. Qualquer outra cor pode ser um aviso de manutenção ou falta de conexão com os demais equipamentos, ou componentes, possibilitando o mau funcionamento durante o voo.

Outra forma de utilização dos drones é pela execução de missões automatizadas pela plataforma de planejamento de voo. Dessa forma, uma rota é desenhada no software e diversos parâmetros são definidos, como altura, distância e velocidade. Logo após, a plataforma envia estes dados para a aeronave que interpreta os comandos a serem executados e, caso não existam discrepâncias, o voo é iniciado de forma automatizada.



**Interface DJI Pilot**

Fonte: <https://forum.dji.com/thread-180593-1-1.html>

No vídeo 03, temos o tutorial de uso da plataforma. Vale lembrar que esse tipo de voo é automatizado e não autônomo. Voos autônomos são aqueles que a partir do momento em que a aeronave inicia sua missão, não é possível cancelar a execução planejada. Já o voo automatizado pode ser interferido a qualquer momento pelo piloto remoto, o qual deve acompanhar toda a missão e se necessário efetuar o cancelamento em caso de emergência.

No Brasil, é proibido quaisquer práticas de uso de veículos autônomos, salvo liberação para uso militar pelas forças armadas.

## **VÍDEO**

**“DJI Pilot: Plano de Voo e Mapeamento Aéreo”**

<https://www.youtube.com/watch?v=yZSr8e8qEVY>

Fonte: Vida de Topógrafo

Duração: 13 minutos.

Por base, independente se for para planejamento de missão ou voo manual, todas as plataformas possuem o mesmo processo de funcionamento, variando apenas

algumas funções específicas dependendo do modelo de aeronave. Vale citar que todos os fabricantes, atualmente, baseiam-se nas tecnologias criadas pela fabricante DJI, pois a mesma difundiu o uso de drones, tornando-se referência para as demais.

***Line up and wait!*** Vamos seguir ao próximo módulo, mas antes você deverá acessar novamente o comando dado inicialmente (veja se você conseguiu desenvolver todos eles) e, em seguida, realize o exercício proposto.

- Identifiquei os principais marcos históricos relativos às origens e aos avanços tecnológicos dos drones;
- Reconheci as principais tecnologias e aplicações possíveis.

Até mais!

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regras sobre drones**. Disponível em: [http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release\\_drone.pdf](http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf). Acesso em: 25 out. 2021.

CORRIGAN, F. How To Calibrate Mavic 2 Vision Sensor And Fixing System Error. **Dronezon**, April 10, 2020. Disponível em: <https://www.dronezon.com/diy-drone-repair-videos/dji-innovation-drones/how-to-calibrate-mavic-2-vision-sensor-to-correct-system-errors/>. Acesso em: 29 out. 2021.

DJI Guides. DJI GO 4 Manual: The Pilot's Handbook. **DJI Store**. Disponível em: <https://store.dji.com/guides/dji-go-4-manual/>. Acesso em: 29 out. 2021.

HALUANI, M. La tecnología aviónica militar en los conflictos asimétricos: historia, tipos y funciones de los drones letales. **Cuestiones Políticas**, v. 30, n. 52, p. 46-89, 2014. Acesso em: 25 out. 2021.

THE GREAT 5 INVENTIONS OF NIKOLA TESLA. **Teleautômaton de Nikola Tesla**. Disponível em: <https://furiouslist.com/electronicsguns/great-5-inventions-nikola-tesla/>. Acesso em: 25 out. 2021.

UNITED STATES NAVAL AIRCRAFT. Pioneer RQ-2. Disponível em: <http://usnavalaircraft.blogspot.com/2014/11/rq-2-pioneer.html>. Acesso em: 25 out. 2021.

# 2 Componentes, funcionamento e manutenção de drones

### ***Pilot attention! We come back!***

Preparada(o) para o segundo módulo? Aqui, vamos falar de forma mais específica de como funciona um drone e seus componentes, mas antes relembremos os conceitos apresentados no Módulo 1:

Memória refrescada, é hora de seguir em frente. Neste tópico, você terá como comando de aprendizagem:

1. Listar as principais peças de drones e seu funcionamento (Unidade 1); e
2. Realizar limpeza, conservação, calibração, atualização, upgrades e solução de panes. (Unidade 2).

Ao final, voltaremos neste mesmo ponto de partida para saber se os comandos foram obedecidos.

### **Take-off!**

## **Unidade 1: Componentes e Funcionamento de drones**

A construção de um drone depende principalmente da sua aplicação. Um drone utilizado para fotografia aérea, por exemplo, exige maior estabilidade e controle de sua câmera. Já um drone para corrida (FPV) requer maior ganho de velocidade e menor estabilidade para poder efetuar suas manobras. Porém, seu princípio de construção contém os mesmos componentes básicos para o seu funcionamento.

Na figura, a seguir, podemos ter uma noção dos componentes utilizados para a construção do **Phantom 4 da DJI**, um dos drones mais conhecidos mundialmente.



**Anatomia de um Drone**

Fonte: <https://www.dronefly.com/the-anatomy-of-a-drone>

## 1.1 Partes e Peças

No tópico anterior, você conferiu visualmente a estrutura de um drone. Agora, entenda os componentes separadamente, temos:

### **Motores (*Drone Motor*):**

Responsáveis pela rotação das hélices, os motores são dispostos de forma que um gire no sentido contrário do outro, ou seja, nos quadricópteros, temos dois motores girando no sentido horário e dois no sentido anti-horário. Isso ocorre pelo fato que se todos os motores girarem no mesmo sentido, a aeronave não teria estabilidade e giraria no próprio eixo. Dessa forma, os motores girando em direção oposta fornecem estabilidade para a aeronave por meio da equalização da força de giro.

### **Hélices (*Drone Propellers*):**

Seguindo o mesmo sentido dos motores, os quadricópteros possuem duas hélices girando em cada sentido. Seu giro faz com que o ar, que está em cima, seja empurrado para baixo, criando uma área de menor pressão em cima e maior em baixo, fazendo com que o drone suba.

### **Controladora de voo (*Drone Flight Controller*):**

Considerada o cérebro do drone, a controladora de voo recebe e distribui os comandos de todos os dispositivos, os sensores e os componentes nela acoplados.

### **Módulo GPS (*GPS Module*):**

Utilizando o sistema de posicionamento global Russo GLONASS (*Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya Sistema*) o qual se conecta a 24 diferentes satélites e em conjunto com uma rede de mais 31 satélites dos Estados Unidos, o GPS emprega ao drone a capacidade de entender e manter sua posição global, captando as coordenadas de localização da aeronave.

### **Controlador Eletrônico de Velocidade (*Electronic Speed Controller*) (ESC):**

Conectados à placa de distribuição de energia e à controladora de voo, os ESCs alteram a quantidade de energia enviada para cada motor conforme recebem o comando da controladora. Dessa forma, os ESCs conseguem mudar a direção de navegação da aeronave pela variação de tensão que cada motor recebe.

■ **Módulo de Alimentação (*Power Port Module*):**

■ Monitora a quantidade de energia que sai da bateria e vai aos ESCs.

■ **Sensores de Prevenção de Obstáculos (*Obstacle Avoidance Sensors*):**

■ Os drones possuem sensores de visão, que detectam e calculam a profundidade correspondente a cada pixel da imagem. Dessa forma, o drone é capaz de calcular a distância que está a sua frente.

■ **Gimbal de 3 Eixos (*3 Axis Gimbal*):**

■ O gimbal é responsável pela estabilização da câmera do drone. Em conjunto com os sensores, eles detectam o movimento da aeronave e a partir de qualquer eixo neutralizam o movimento para estabilizar a imagem com o auxílio de seus motores.

■ **Câmera (*Drone Camera*):**

■ Sensor visual para captação de imagens. Um sensor de imagem captura a luz ambiente e processa em uma imagem digital.

■ **Bateria (*Drone Battery*):**

■ São responsáveis pela alimentação da aeronave. Algumas baterias são inteligentes monitorando a carga, temperatura e os ciclos, garantindo que a mesma esteja segura para o uso.

■ **Antenas (*Drone Antennas*):**

■ Todo drone possui um sistema de transmissão e conexão com o controle, o qual é feito pelas antenas. Na maioria dos drones de mercado, essas antenas estão localizadas no trem de pouso da aeronave.

■ **Sensores Ultrassônicos (*Downward Ultrasonic Obstacle Avoidance Sensor*):**

■ Localizados embaixo da aeronave, estes sensores trabalham em pares, enquanto um envia um pulso e o outro recebe. Dessa forma, com base no tempo de envio e recebimento desse pulso, o drone calcula a altura em relação ao solo.

■ **Luzes de Orientação (*Flight LED*):**

■ São leds localizados na aeronave que indicam o status do equipamento.

No geral, são duas luzes na cor vermelha indicando a parte frontal do drone e duas verdes indicando a parte traseira. Elas podem piscar em vermelho, verde e amarelo com diversos intervalos de tempo que indicam o estado da aeronave.



## IMPORTANTE

É importante consultar o manual da aeronave para saber o significado do estado do drone através das luzes de orientação, o que varia de fabricante para fabricante.

### **Radio Controle (Joysticks):**

É o controle físico que se conecta a aeronave, possibilitando efetuar a navegação da mesma.

### **Placa Controladora Principal (Main Remote Controller Board):**

É a controladora de voo da aeronave. Basicamente, é um microcomputador embarcado com um software que recebe informação de todos os componentes e sensores, incluindo os comandos do rádio controle e as distribui na aeronave.

### **Placa de Controle da Câmera (Main Camera Board):**

Processa as informações recebidas do sensor visual e do gimbal, garantindo a estabilização da imagem. Possui uma entrada para cartões SD, visando a gravação das imagens recebidas.

### **Unidade de Medida de Inércia (Inertial Measurement Unit - IMU):**

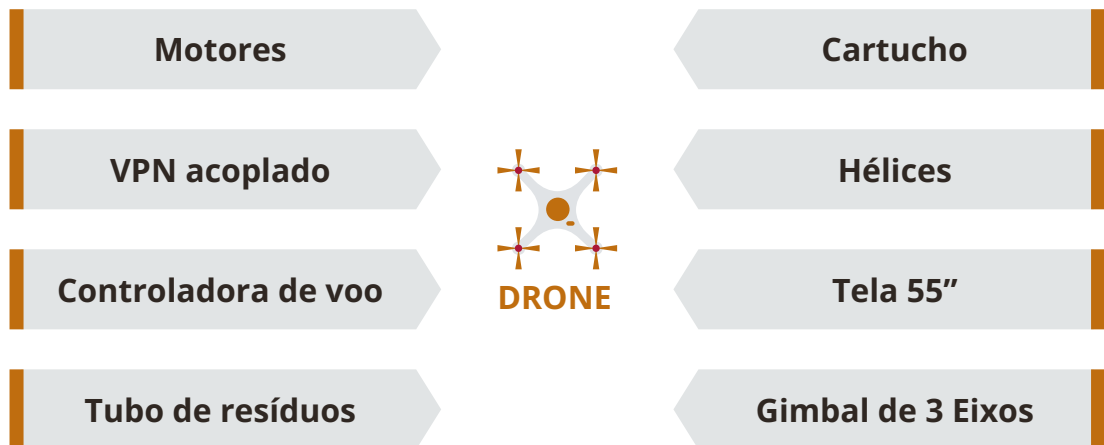
Composto pelo acelerômetro, barômetro, giroscópio e o termômetro, o IMU é responsável pela inicialização e PELA navegação da aeronave. Cada componente do IMU tem sua funcionalidade, sendo elas:

- **Acelerômetro:** responsável pela aceleração dos motores;
- **Barômetro:** serve para medir a altura do drone;
- **Giroscópio:** responsável pela estabilização do drone;
- **Termômetro:** identifica a temperatura do drone e das baterias no momento em que é ligado. Ele aquece as baterias até a temperatura necessária para o correto funcionamento.



## PERGUNTA

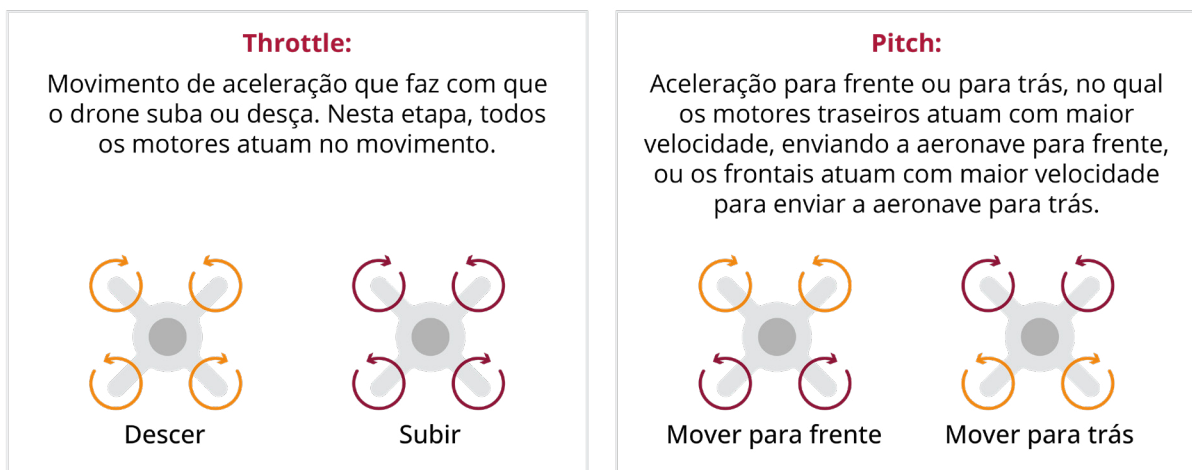
Antes de seguir, que tal testar seus conhecimentos? Arraste e puxe as peças que compõem um drone:

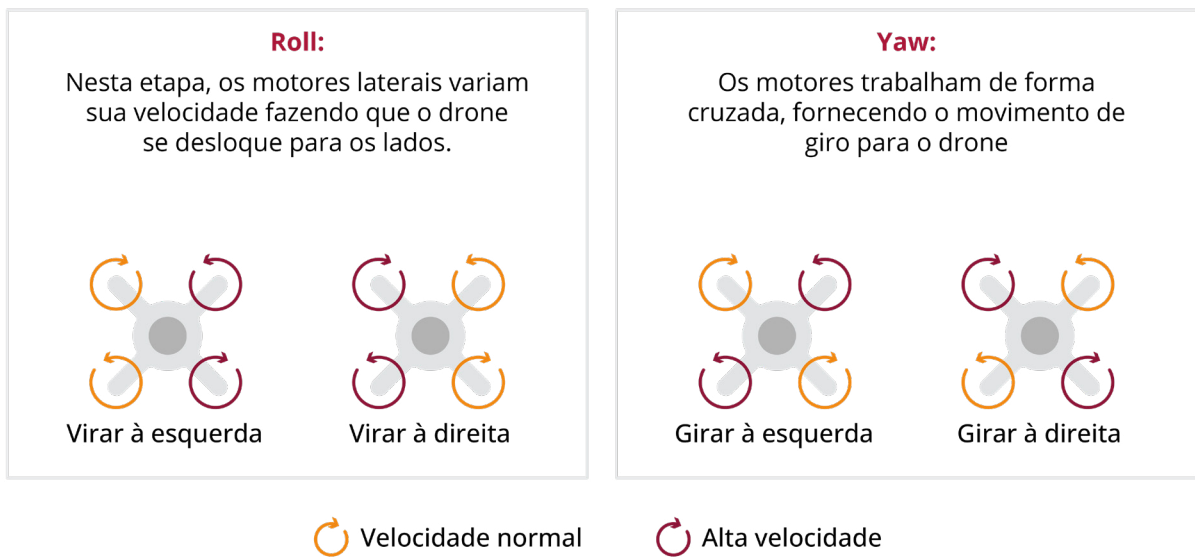


## 2.2 Funcionamento

Todo drone tem por base o mesmo princípio de funcionamento. As hélices recebem sua rotação vinda do giro dos motores e, através da propulsão gerada, fazem com que o drone decole.

Os rotores, por sua vez, recebem os comandos vindos da controladora, porém, para que isso seja possível entre a controladora e o motor, existe o ESC que interpreta os comandos enviados aos motores e estabiliza a tensão que os mesmos recebem. Esta variação de tensão nos motores faz com que eles girem com mais ou menos velocidade, proporcionando movimento à aeronave.

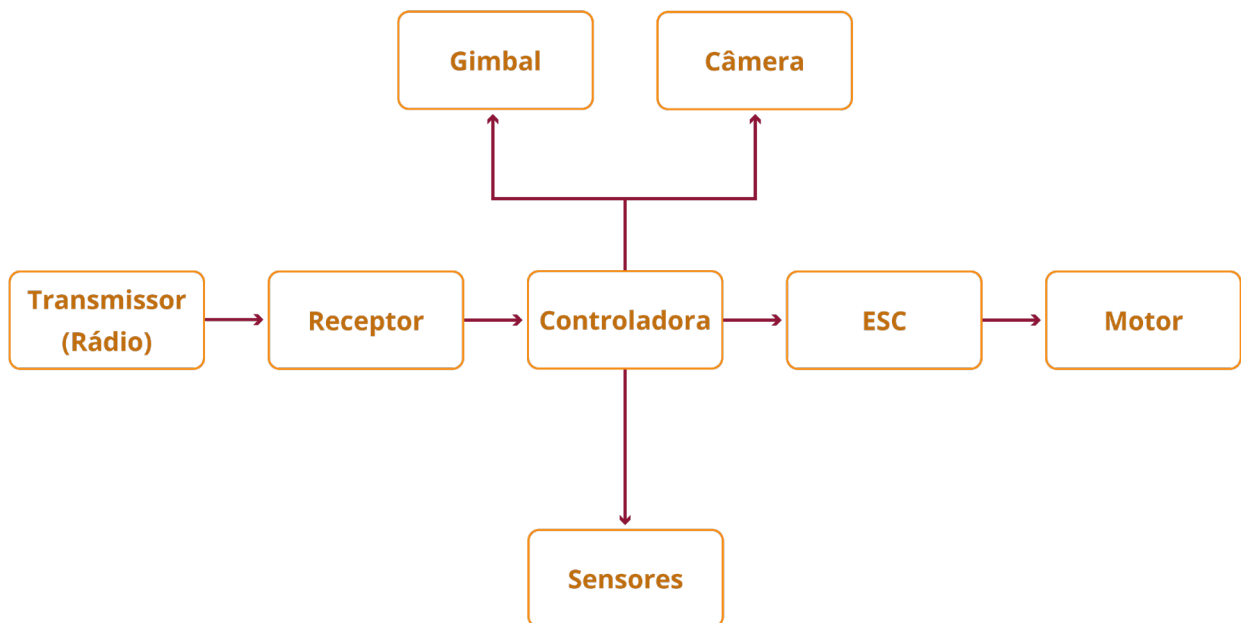




### Movimentação dos Drones

Fonte: <https://www.fly-robotics.com/how-to-fly-a-drone>

A controladora recebe seus comandos por meio de um receptor nela acoplado, que, por sua vez, recebe os comandos enviados do transmissor (Rádio Controle). O transmissor é operado pelo piloto em solo, o qual dá os comandos à aeronave. A controladora recebe também os dados de sensores e demais componentes nela acoplados, gerenciando cada alteração que eles recebem.



### Fluxograma de funcionamento

Fonte: elaboração própria

Para que todos esses componentes funcionem, precisamos de uma fonte de energia, ficando a cargo da bateria. As baterias dos drones são fabricadas de polímero de lítio, mais conhecido como Lipo. O lítio, retido em um polímero sólido, é capaz de produzir altas descargas de energia o que é essencial para o funcionamento de um drone já que, para a movimentação dos rotores, os ESCs precisam de uma carga altíssima de descarga, de forma rápida e eficiente para conseguir responder aos comandos recebidos. No vídeo, a seguir, você poderá se aprofundar ainda mais no assunto:



**“Como funciona um drone?”**

<https://www.youtube.com/watch?v=YVUjPcOfcIY>

Fonte: DroneMood Brasil

Duração: 11 minutos.

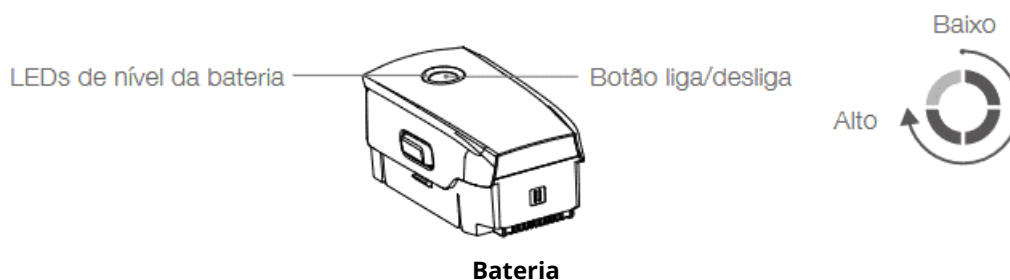
Que bom que você chegou até aqui! E atenção Piloto! Ainda não terminamos, siga em frente e vá à próxima unidade.

## Unidade 2: Manutenção básica de drones

A manutenção de uma aeronave se inicia pela análise visual do equipamento. Veja nos tópicos, a seguir, a descrição de cada uma delas:

### Baterias

Verifique periodicamente as condições da bateria. Esse processo pode ser efetuado fisicamente segurando o botão de acionamento por alguns segundos. Ao apertar uma vez, a bateria mostra o nível de carga atual, segurando por alguns segundos, vemos as condições das células.



Fonte: [https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic\\_2\\_Enterprise\\_Advanced/Mavic\\_2\\_Enterprise\\_Advanced\\_Quick\\_Start\\_Guide.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic_2_Enterprise_Advanced/Mavic_2_Enterprise_Advanced_Quick_Start_Guide.pdf)

É possível obter um diagnóstico detalhado das condições da bateria pelo aplicativo de voo do fabricante. Também é possível programar o tempo para descarga, nível de carga para retorno automático da aeronave, entre outras configurações.



### Diagnóstico da bateria

Fonte: <https://forum.dji.com/thread-38174-1-1.html>

Um fato importante a ser notado é o aquecimento das baterias. Baterias frias têm a sua performance reduzida, devido à desaceleração da atividade química, que ocorre durante sua descarga. Sendo assim, algumas precauções devem ser tomadas antes de iniciar um voo.

Ao ligar a aeronave, verifique a temperatura da bateria na tela de diagnóstico (Figura anterior). A temperatura mínima para voo é de 20°C. Caso a bateria esteja abaixo, de partida nos motores, levante por alguns minutos a altura de 1 metro do solo e aguarde o aquecimento da bateria até a temperatura ideal.

Em condições climáticas de baixa temperatura, as baterias descarregam mais rapidamente. Evite manobras bruscas que possam ocasionar quedas de tensão na aeronave.

Procure iniciar os voos com a bateria na sua carga máxima. Isso conserva as células e aumenta a durabilidade do equipamento.

Baterias estufadas ou apresentando falhas devem ser descartadas imediatamente. Uma bateria estufada indica o rompimento das células internas ou vazamento dos componentes químicos, podendo acarretar incêndio ou explosão. O mau funcionamento das baterias pode causar a queda da aeronave.

No exemplo do vídeo a seguir, veremos a reação da bateria de um drone Mavic após sua queda. Repare que mesmo ao tentar apagar o incêndio, a bateria volta a queimar após alguns segundos.

## VÍDEO

“Explosão da bateria de um drone Mavic após acidente”

<https://www.youtube.com/watch?v=sB5od6fhFTA>

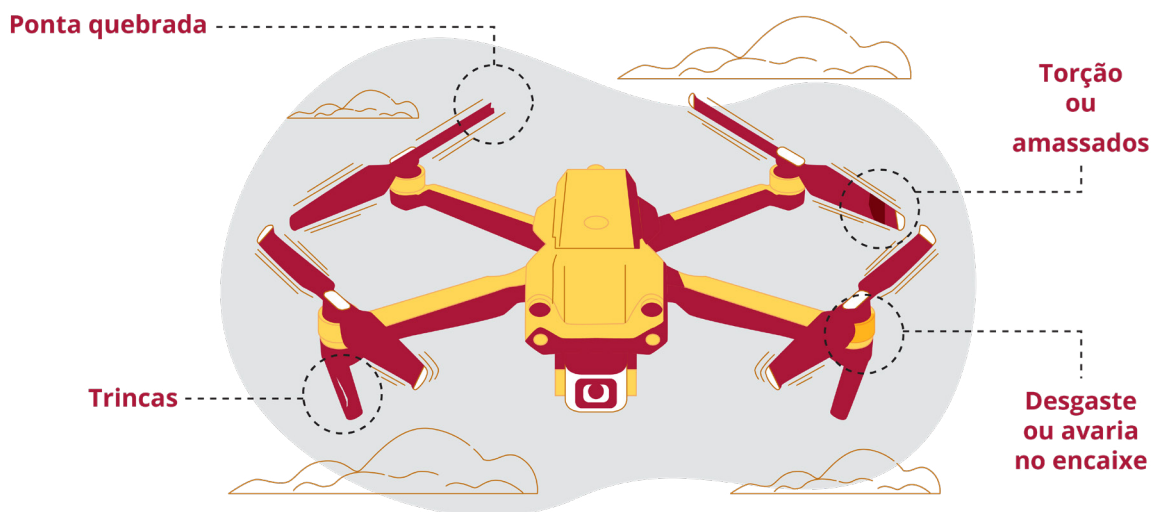
Fonte: Third Coast Drone

Duração: 3 minutos.

## Hélices

As hélices fazem parte do sistema de propulsão da aeronave, girando em altas velocidades, fazendo com que o ar se mova para criar sustentação para que o drone voe. São cuidadosamente balanceadas garantindo que, em alta rotação, o drone mantenha a estabilidade adequada para voar. Por isso, uma hélice avariada ou deformada deve ter sua substituição imediata.

Das avarias e deformidades, as mais comuns são:



Possíveis avarias em um drone

Fonte: Os autores



## IMPORTANTE

Em raros os casos, o piloto consegue efetuar o *Return to Home*. Caso identifique antes da decolagem a avaria nas hélices, substitua imediatamente. Caso não tenha peças de reposição em mãos, não voe!

## Motores

Os motores, por sua vez, também fazem parte do conjunto de propulsão da aeronave, ficando responsável pela rotação das hélices. Com o passar do tempo, os motores podem acumular sujeira, prejudicando o seu desempenho, podendo causar instabilidade de voo e, em caso de travamento, a queda do drone.

Ao utilizar álcool isopropílico, um pincel macio, flanela e um sugador de poeira, o piloto pode efetuar facilmente a manutenção preventiva dos motores e outros componentes da aeronave.



Kit de limpeza

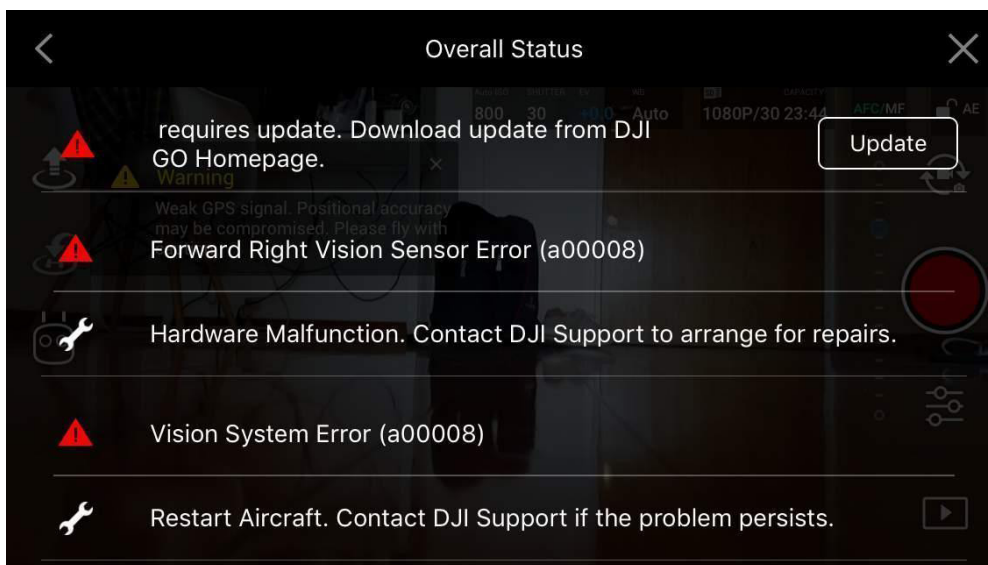
Foto: Alessandro Rodrigues Pinheiro

O álcool isopropílico é utilizado para limpeza de produtos eletrônicos em geral. Sua composição é extremamente volátil, ou seja, de fácil e rápida evaporação, o que evita a oxidação dos componentes, se tornando ideal para a limpeza da aeronave. Jamais utilize qualquer tipo de lubrificantes, anticorrosivos, desengraxantes, óleo de máquina e quaisquer outros produtos para limpeza. Esses produtos são derivados de óleo e não evaporam com facilidade, contribuindo para o acúmulo de sujeira, tornando mais difícil a manutenção.

### **Câmera, partes mecânicas, sensores e demais componentes**

Como dito anteriormente, utilize um kit de limpeza somente com álcool isopropílico para toda a aeronave. Todos os sensores do drone devem ser limpos e livres de poeira (a poeira afeta o alcance e desempenho desses sensores). Partes mecânicas onde é inacessível com o pincel, utilize o sugador de poeira ou, até mesmo, um soprador buscando tirar o máximo de sujeira acumulada. Faça uma checagem geral nas conexões e encaixes, verifique o desgaste de componentes e cabos, pois quaisquer componentes com avarias devem ser substituídos imediatamente. Em caso de substituição, utilize somente componentes originais do fabricante do equipamento.

Fique atento ao diagnóstico inicial exibido no aplicativo de voo ao ligar o drone. Alguns problemas podem ser corrigidos de imediato clicando em cima do erro como updates, calibração, entre outros.



#### Diagnóstico inicial

Fonte: <https://forum.dji.com/thread-130549-1-1.htm>

Quaisquer discrepâncias no funcionamento da aeronave serão exibidas na tela inicial antes do voo e, caso algum problema seja detectado durante o voo, um alerta irá aparecer na tela. Nesse caso, efetue o procedimento de pouso imediatamente.

### TOME NOTA

Procure efetuar uma manutenção completa, enviando o equipamento a uma autorizada a cada 200 horas de voo ou 6 meses de uso. Esses pequenos procedimentos preventivos aumentam significativamente a durabilidade do equipamento e garante uma maior segurança de voo.

## 2.1 Calibração, Atualização e Solução de Panes

Uma aeronave descalibrada implica em diversos fatores que colocam a segurança da navegação em risco, sendo esse um passo essencial para o correto funcionamento do drone. No tópico a seguir, veremos como fazer a calibragem pelo aplicativo:

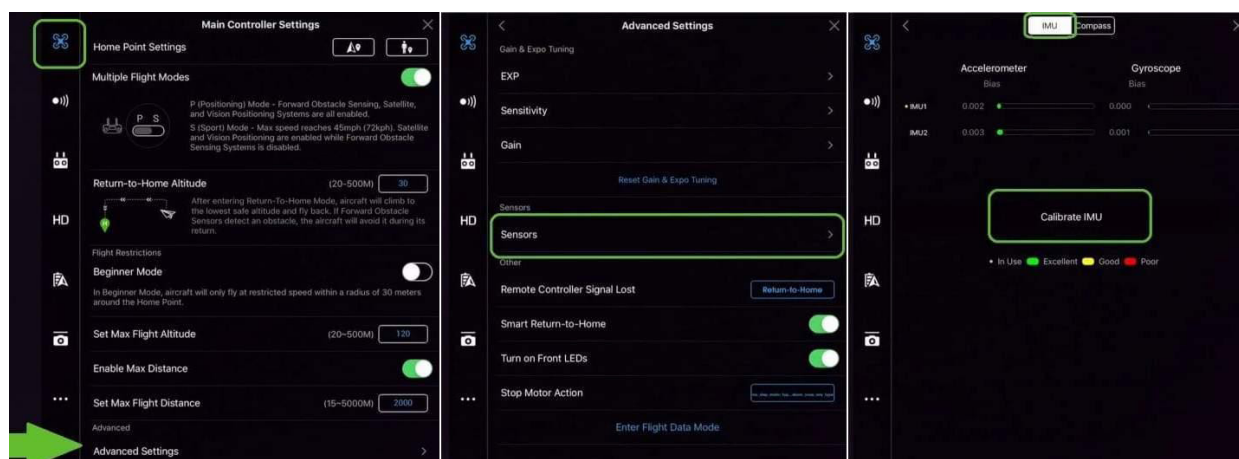
### IMU

Quando ligamos um drone, todo o seu sistema de navegação e de posicionamento são iniciados através do IMU. Caso o IMU não se inicie corretamente ou a aeronave estiver há muito tempo sem uso, torna-se necessária a sua calibração. Esse processo

exige alguns requisitos prévios para ser efetuado com segurança, sendo eles:

1. A bateria do drone e do controle devem estar com uma carga de pelo menos 50%;
2. Se o drone acabou de efetuar vôo, desligue, aguarde alguns minutos e ligue novamente para iniciar a calibração;
3. Efetue o processo em um local plano e longe de interferência magnética ou estruturas metálicas.

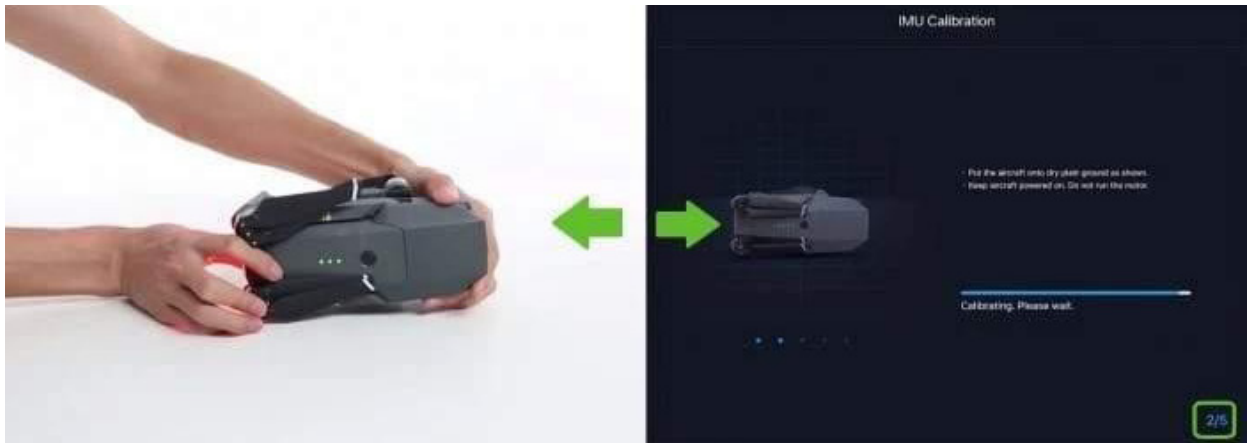
Abra o aplicativo e vá até a tela de **configurações** (localizado no canto da tela como um ícone de engrenagem ou 3 pontos), selecione **configurações avançadas** no menu, **sensores** e clique em **calibrar o IMU** (caso o IMU esteja descalibrado, a opção de calibração aparecerá na tela assim que o aplicativo for aberto).



### Menu de calibração

Fonte: <https://www.heliguy.com/blogs/posts/mavic-pro-imu-calibration-tutorial>

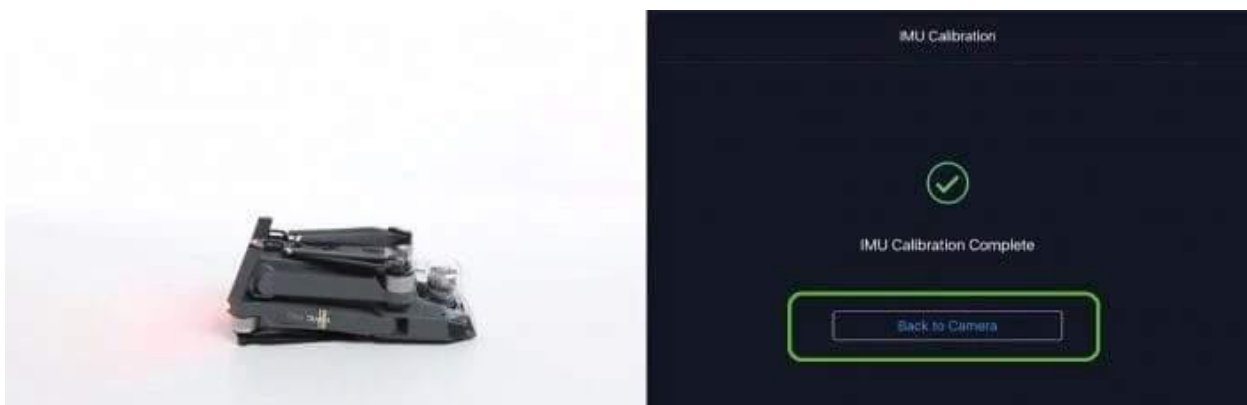
Ao entrar no menu do IMU, clique em start para iniciar o processo de calibração:



**Tela de calibração IMU**

Fonte: <https://www.heliguy.com/blogs/posts/mavic-pro-imu-calibration-tutorial>

Durante esse processo, que pode demorar em torno de 20 minutos, siga as instruções da tela e mova o drone para as posições indicadas. Siga os passos até que a tela de finalização apareça.



**Tela de finalização**

Fonte: <https://www.heliguy.com/blogs/posts/mavic-pro-imu-calibration-tutorial>

Se os processos anteriores funcionarem, o IMU estará calibrado. Em caso de falhas, uma mensagem de erro aparecerá na tela e o processo deve ser reiniciado.

## **VÍDEO**

**“O que é e como calibrar o IMU?”**

<https://www.youtube.com/watch?v=W-WOf0e7LO0>

Fonte: Canal KONTER

Duração: 7 minutos.

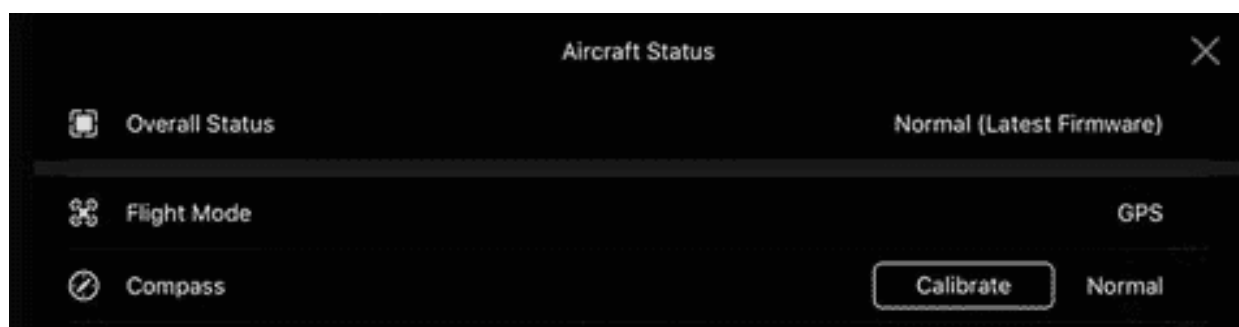
## **IMPORTANTE**

Caso a IMU trave durante o processo de calibração e o erro se torne recorrente, é indicado o envio da aeronave para a manutenção autorizada. Esse erro de travamento geralmente ocorre quando a IMU está com defeito e necessita a substituição do componente.

### Bússola (Compass)

A bússola é responsável pelo norte magnético da aeronave e por ela que se obtém a orientação de direção do drone. A bússola deve ser calibrada em locais afastados de fontes que causam interferência magnética, como redes elétricas, aparelhos de radiofrequência, entre outros, além de estruturas metálicas ou quaisquer outros materiais que possam implicar na calibração do equipamento.

Utilizando o aplicativo do fabricante, na tela de estado inicial da aeronave, encontramos um resumo do seu funcionamento:



Tela de estado inicial

Fonte: Elaboração própria

Caso a bússola necessite de calibração, seu estado ficará na cor vermelha indicando mau funcionamento, porém, pode ser calibrada mesmo que seu estado esteja normal.

## **IMPORTANTE**

É importante efetuar a calibração do equipamento sempre que o mesmo fique em desuso por mais de 30 dias.

Clicando em **Calibrate**, iremos para a tela que orienta o manuseio do equipamento para efetuar sua calibração. Por base, a calibração da bússola dos drones ocorre

girando o equipamento no próprio eixo horizontalmente e, em seguida, repetir o processo com o equipamento na vertical.



#### Calibração da bússola

Fonte: <https://support.sentera.com/portal/en/kb/articles/compass-calibration>

Caso o processo seja feito da maneira correta, uma tela de confirmação aparecerá no aplicativo ou as luzes do equipamento piscarão em verde, caso contrário, uma tela indicando falha irá aparecer no aplicativo ou o drone piscará em vermelho.

Essa variação depende de cada fabricante. Consulte sempre o manual do equipamento para entender seu correto funcionamento.

### Utilizando o software de manutenção

O software de manutenção permite acessar configurações extras além da calibração fina da aeronave. Algumas dessas opções são:

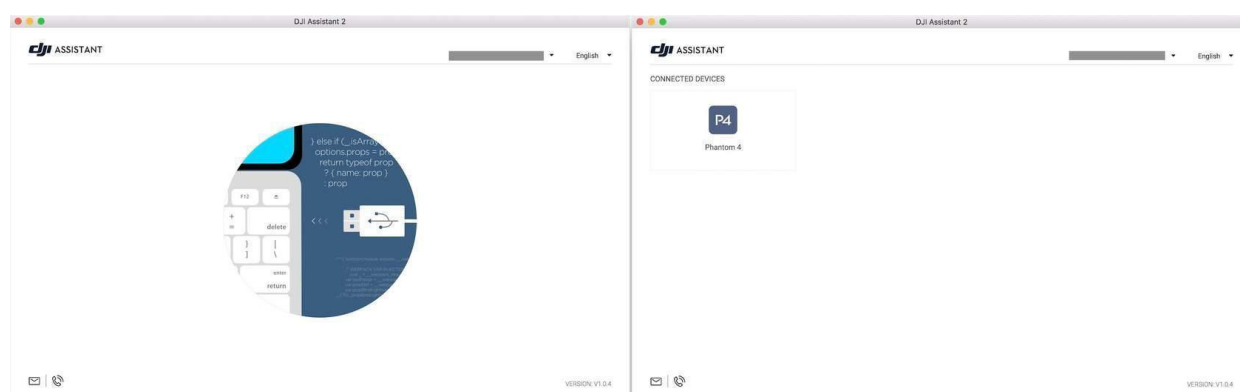
- update do sistema (*Firmware Updates*);
- calibração dos sensores visuais (*Calibration*);
- simulador (*Simulator*);
- restauração da aeronave (*Restore Factory Defaults*).

De início, temos a aba para atualização de firmware. O firmware nada mais é do que o software que gerencia todo o funcionamento do drone. Muitos erros ocorrem pela falta de atualização do firmware da aeronave.

O software de manutenção pode ser baixado gratuitamente direto do site do fabricante do drone. O software utilizado para este exemplo será o DJI assistant 2 para manutenção dos drones DJI.

A aeronave deve estar com pelo menos 50% da carga de bateria para efetuar os procedimentos de manutenção via software.

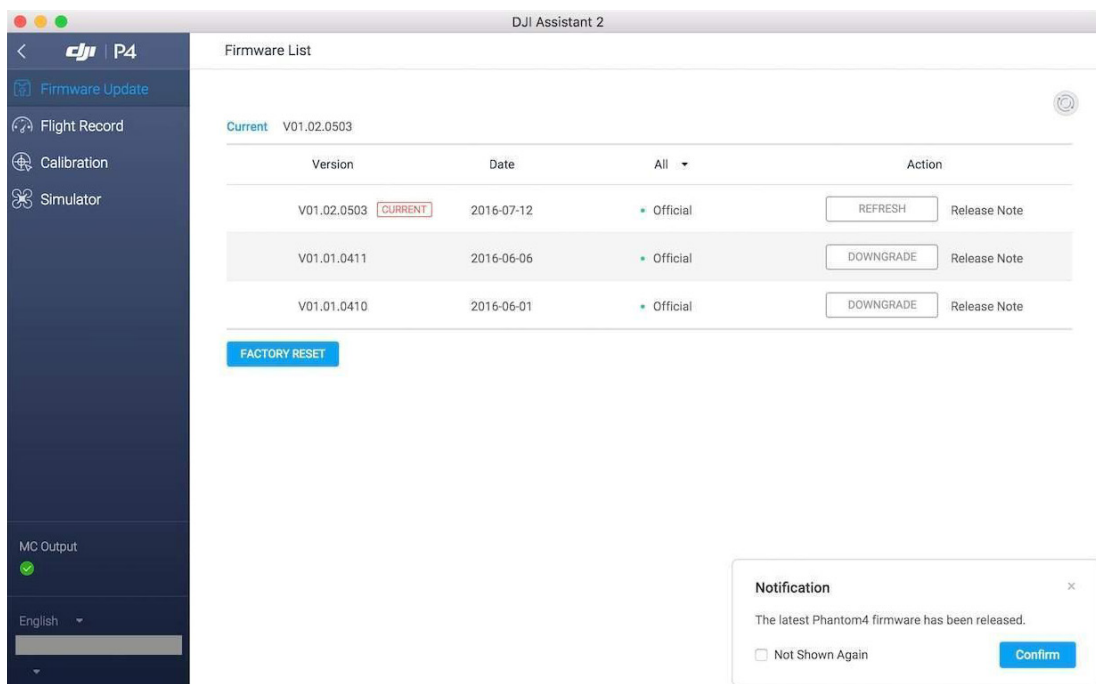
Após a instalação, conecte o drone via cabo usb no computador e ligue o drone. Após esse procedimento, abra o software e guarde a identificação da aeronave na tela.



### DJI assistant

Fonte: <https://phantompilots.com/threads/installing-and-using-dji-assistant-2-in-mac-os.84935/>

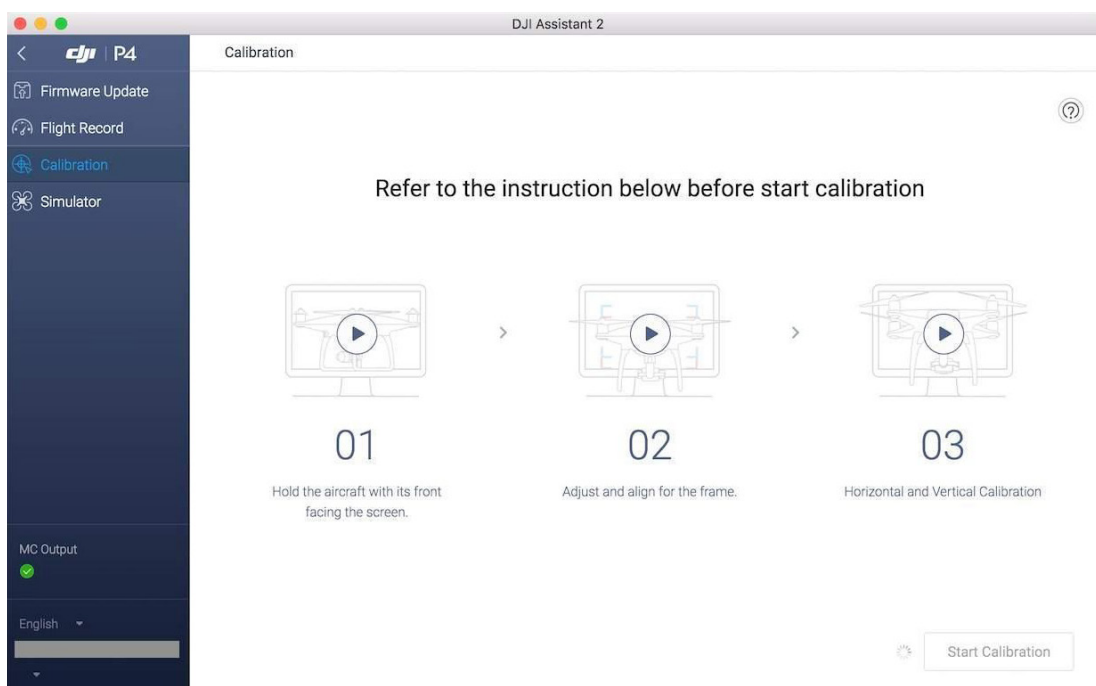
Na aba de firmware, podemos verificar se o sistema da aeronave está funcionando corretamente ou se necessita de atualização. Também é possível instalar uma versão mais antiga do sistema (só utilize esse processo caso a atualização de firmware não funcione corretamente). A opção de factory reset abaixo da lista de firmware restaura o equipamento para as configurações de fábrica. Em alguns casos, é necessário efetuar este procedimento antes de atualizar o firmware, pois na restauração a maioria dos erros recorrentes é resolvida.



### DJI assistant firmware update

Fonte: <https://phantompilots.com/threads/installing-and-using-dji-assistant-2-in-mac-os.84935>

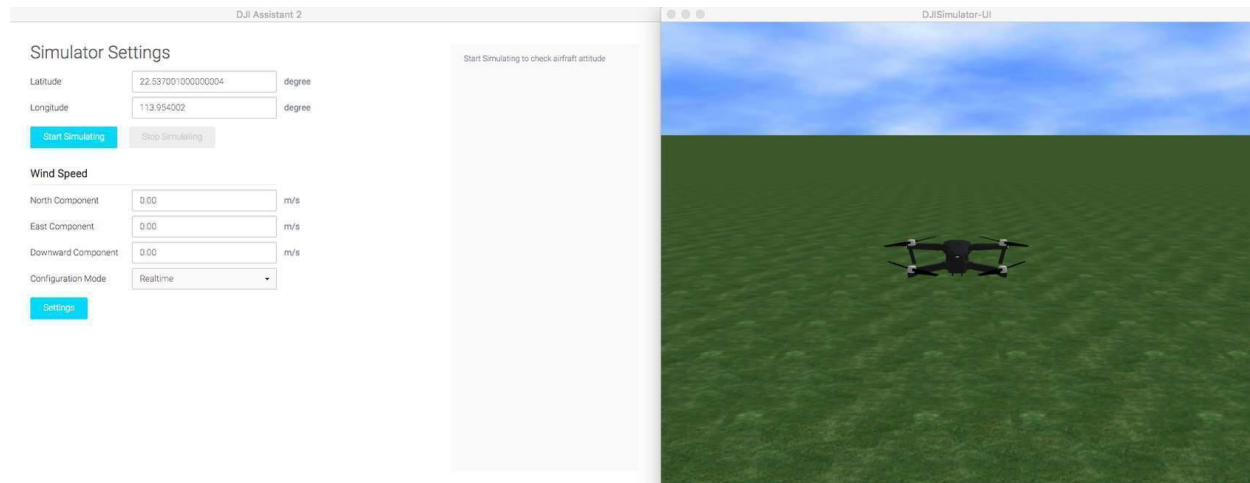
Seguindo para a calibração, esta aba serve para ajustar os sensores visuais da aeronave. Esse procedimento pode ser facilmente executado seguindo os passos que aparecem na tela.



### DJI assistant calibration

Fonte: <https://phantompilots.com/threads/installing-and-using-dji-assistant-2-in-mac-os.84935/>

O simulador é voltado para testes de configurações especiais da aeronave sem oferecer risco à operação. Esta função geralmente é utilizada para os que desejam testar novas funções da aeronave.



**Simulador**

Fonte: <https://phantompilots.com/threads/installing-and-using-dji-assistant-2-in-mac-os.84935/>

Por fim, na opção **flight record**, temos os logs de voo do drone. Nesses logs, são gravadas as informações dos voos, como geolocalização, rota, horário de decolagem e pouso, tempo de voo, avisos de erro que venham a ocorrer, entre outros, funcionando como uma “caixa-preta”.

É necessário um software à parte para leitura do log. Existem diversas opções disponíveis na internet, sendo o AirData Uav um dos mais utilizados (limitado a uma aeronave por usuário na sua assinatura gratuita). Os logs também podem ser visualizados pelo aplicativo de voo do celular na opção **flight record**.

Flight Index	Date	Data File
1	2018/05/21, 14:44:00	33.41 MB <input type="checkbox"/>
2	2018/05/21, 13:56:00	781.53 MB <input type="checkbox"/>
3	2018/05/21, 13:09:00	195.29 MB <input type="checkbox"/>
4	2018/05/19, 22:52:00	84.34 MB <input type="checkbox"/>
5	2018/05/19, 22:42:00	350.00 MB <input type="checkbox"/>
6	2018/05/19, 19:03:00	34.75 MB <input type="checkbox"/>
7	2018/05/19, 18:59:00	12.63 MB <input type="checkbox"/>
8	2018/05/19, 18:57:00	121.01 MB <input type="checkbox"/>
9	2018/05/19, 18:43:00	33.37 MB <input type="checkbox"/>

### Dji flight record

Fonte: <https://forum.dji.com/thread-149359-1-1.html>

E, então, como foi a sua aprendizagem até aqui? Nos trechos a seguir, você verá dois problemas frequentes em relação aos drones. Por isso, muita atenção:

#### **Falha no enlace do controle com o drone**

Desligar a aeronave e o controle, ligar o controle primeiro e depois a aeronave. Geralmente os problemas de enlace ocorrem quando a aeronave não encontra o rádio controle para efetuar a conexão.

## Falha na transmissão ou glitches na imagem

Esse tipo de falha na imagem pode ocorrer por diversos fatores, como interferência magnética, falta de calibração da aeronave, mal contato no cabo do controle com a tela (no caso de uso com celulares ou tablets), enlace com o rádio, entre outros. Em certos casos, esse tipo de falha ocorre pela oxidação, mal contato ou rompimento do cabo flat da câmara. Nesses casos, é necessário efetuar a substituição do cabo em uma autorizada.



Falha na transmissão de imagem

Fonte: <https://forum.dji.com/thread-52146-1-1.html>

Agora, de fato, chegamos ao final do Módulo 2! *Line up and wait!* Seguiremos para o próximo módulo, mas antes você deverá acessar novamente o comando dado inicialmente (veja se você conseguiu desenvolver todos eles) e, em seguida, realize o exercício proposto:

- Liste as principais peças de drones e seu funcionamento (Unidade 1); e
- Realizei limpeza, conservação, calibração, atualização, upgrades e solução de panes (Unidade 2).

Até mais!



## TOME NOTA

Você chegou ao fim deste módulo. Agora, vamos testar seus conhecimentos? Feche esta página de conteúdo e acesse o exercício avaliativo que está disponível no ambiente virtual.

## Referências

ANATOMY of A Drone. What's inside a DJI Phantom Drone 2020. **Dronefly Innovation Takes Flight**. Disponível em: <https://www.dronefly.com/the-anatomy-of-a-drone>. Acesso em: 28 out. 2021.

DJI. Compass Calibration. **Sentera Support**. Disponível em: <https://support.sentera.com/portal/en/kb/articles/compass-calibration>. Acesso em: 27 out. 2021.

DRONEDEPLOY, The Art of Drone Maintenance and Repair, Part 1. Tips and best practices for keeping your UAV in good working order. **Medium**. Disponível em: <https://medium.com/aerial-acuity/the-art-of-drone-maintenance-and-repair-part-1-74e12340f9a4>. Acesso: 01 nov. 2021.

# 3 Legislação aplicada à operação com RPAS

### *Pilot attention! We come back one more time!*

No Módulo anterior, pudemos entender o funcionamento geral de um drone e, agora, falaremos especificamente da legislação aplicada a esse tipo de aeronave. O comando de aprendizagem deste Módulo é:

1. Conhecer os principais conceitos e as definições aplicados aos drones classificados como Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA); e
2. Conhecer as principais regras de acesso ao espaço aéreo, compreendendo os limites e locais nos quais os voos poderão ser realizados, bem como a necessidade de autorização dos voos pelo DECEA.

Ao final, voltaremos neste mesmo ponto de partida para saber se os comandos foram obedecidos.

### **Take-off!**

O nosso primeiro passo é entender toda a história por trás dos mecanismos para um drone poder funcionar plenamente. Okay, okay! Não dá para decorar tudo de uma única vez, mas senta que lá vem a história... e muita história!

## **Unidade 1: Principais conceitos e definições**

### **1.1 Introdução ao tema**

Neste módulo 3, iremos explorar, de maneira simples, a legislação básica relacionada à operação de Aeronave Remotamente Pilotadas (RPA) com peso máximo de decolagem de até 25 kg, quando utilizadas por Órgãos Especiais.

"Órgãos Especiais" é uma expressão genérica que se aplica aos Órgãos ligados aos Governos Federal, Estadual e Municipal ou Órgãos provedores dos serviços

considerados essenciais à manutenção da vida das pessoas e da redução do sofrimento.

Para os Órgãos ligados aos Governos Federal, Estadual ou Municipal, entre outros, entendem-se como Órgãos Especiais:

- a. Ministérios;
- b. Secretarias;
- c. Agências Reguladoras;
- d. Autarquias;
- e. Fundações Públicas; e
- f. Forças Armadas.

Na primeira parte, abordaremos os principais conceitos e definições para que, na unidade 2, possamos adentrar nas regras de acesso ao espaço aéreo, onde serão demonstrados os critérios para solicitar autorização de voo, os limites e locais permitidos para operação de RPA, possibilitando um compartilhamento seguro do espaço aéreo com outras aeronaves e a preservação da segurança de pessoas, animais e propriedades no solo.



## IMPORTANTE

O presente curso não visa abordar exaustivamente todos os detalhes da legislação vigente, mas, sim, fornecer de maneira didática e aplicada os principais conceitos e normas pertinentes que regulam as operações das Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), com o propósito de que os voos ocorram em conformidade com a legislação, garantindo, assim, a regularidade e, principalmente, a segurança das operações aéreas.

É incumbência do aluno complementar sua formação mediante a leitura minuciosa e completa da legislação, bem como se manter constantemente atualizado acerca das modificações normativas, dado o caráter dinâmico das aeronaves não tripuladas, que está em constante evolução.

Antes de começarmos, relembre o conceito de Drone:

A palavra "drone" tem origem na língua inglesa, significando zangão, e tornou-se um **termo popular** para se referir a qualquer aeronave não tripulada (sem piloto a bordo). As **aeronaves não tripuladas** abrangem uma variedade extensa de veículos aéreos e, independentemente

de suas dimensões e propósitos, são consideradas aeronaves pela legislação vigente.

Portanto, drone é uma **Aeronave** e sua operação está sujeita a um conjunto de normas e regras, sendo o **piloto a pessoa responsável** pela sua operação e eventuais danos decorrentes.

Veja alguns modelos de drones:



**Drone Intruder**

Fonte: Drone Intruder C/camera Real Time Candide Unidade



**RPA – Remotely Piloted Aircraft**

Fonte: <https://conifer.org.br/drone-amplia-performance-na-agricultura-de-precisao/>



**Drone usado pelos EUA para ataque**

Fonte: Dawn/Reprodução



**Helicóptero não-tripulado MC-8C Fire Scout**

Fonte: Marinha dos EUA, Ens. Jalen Robinson

Veja agora os principais conceitos e definições sobre o tipo de aeronaves:

## AERONAVE

Qualquer aparelho que possa se sustentar na atmosfera a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da terra.

## AERONAVE NÃO TRIPULADA (*Unmanned Aircraft – UA*)

Qualquer aparelho que possa se sustentar na atmosfera, a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da terra, e que se pretenda operar sem piloto a bordo.

## AERONAVE NÃO TRIPULADA AUTÔNOMA

Aeronave não tripulada que não permite a intervenção do piloto no gerenciamento do voo.

Obs: este tipo de voo não é permitido pela legislação, diferentemente do voo automatizado, no qual a aeronave não tripulada cumpre automaticamente o planejamento de voo programado e durante a qual é possível o piloto intervir na condução da operação em todas as suas fases.

## AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (*ARP ou Remotely Piloted Aircraft - RPA*)

Subconjunto de aeronaves não tripuladas, pilotadas a partir de uma estação de pilotagem remota, com **finalidade diversa de recreação**, que seja capaz de interagir com o Controle de Tráfego Aéreo em tempo real.

**Estação de Pilotagem Remota** é um componente do Sistema de Aeronaves Não Tripuladas que contém o equipamento utilizado para pilotar a aeronave, podendo ser de um simples controle remoto a uma cabine de comando no caso de drones de maior porte. Vejamos:



**DJI Mavic Mini 2 – RRDrones**  
**Assistência Técnica de Drones DJI**

Fonte: rrdrones.com.br



**Bayraktar TB2**

Fonte: Wikipedia

A RPA também precisa ser capaz de **interagir com o Controle de Tráfego Aéreo em tempo real**, seja por rádio aeronáutico ou por telefone celular. Isso inclui a transmissão da posição da aeronave e sua intenção de voo, permitindo que os controladores de tráfego aéreo monitorem e gerenciem o espaço aéreo onde a RPA está operando. Dessa forma, garante-se que a aeronave possa voar de maneira segura e coordenada com outras aeronaves, tanto tripuladas quanto não tripuladas.

**Importante destacar que para ser classificada como RPA a aeronave deve ter Fins não recreativos, ou seja, sua utilização é para fins profissionais e não de lazer ou diversão. É o caso por exemplo do uso por órgãos públicos, por empresas de aerolevanteamento ou mesmo profissionalmente por pessoas físicas.**

## AEROMODELO

Aeronave não tripulada remotamente pilotada e utilizada para fins exclusivamente recreativos.

## 1.2 Diferença entre aeronave remotamente pilotada (RPA) versus aeromodelo

Conforme visto pelas definições de RPA e de aeromodelo, pode ocorrer certa confusão nesse contexto, uma vez que ambas são aeronaves remotamente pilotadas, ou seja, operadas à distância.

Todavia, a legislação optou em classificar como Aeromodelo o drone utilizado para fins exclusivamente recreativos (lazer, diversão), e como Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) nos demais casos – fins profissionais, por exemplo.

Dessa forma, um mesmo equipamento pode ser classificado tanto como Aeromodelo quanto RPA, dependendo da finalidade para o qual é empregado. Veja os exemplos:



**Aeromodelo para fins recreativos**

Fonte: <https://www.trilhaseaventuras.com.br/melhores-drones-para-viagem-da-dji/amp/>



**Drones para uso profissional**

Fonte: O autor.

### **IMPORTANTE**

É de suma importância compreender essa distinção, uma vez que a legislação pertinente à operação de cada uma dessas aeronaves é distinta. A abordagem desse curso concentra-se apenas nas Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), excluindo os drones utilizados para lazer e diversão (Aeromodelos).

**DICA!** Para obter informações detalhadas sobre o manejo de aeronaves não tripuladas destinadas exclusivamente a atividades recreativas, recomenda-se a consulta primordial à norma regulamentadora MCA 56-2.

## SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA - RPAS

É um Subconjunto do Sistema de Aeronave Não Tripulada, devendo ser capaz de interagir com o Controle de Tráfego Aéreo em tempo real, composto pela aeronave remotamente pilotada (RPA), sua(s) estação(ões) de pilotagem remota, o enlace de pilotagem e qualquer outro componente associado à sua operação.

Para a maioria das pequenas aeronaves não tripuladas, o RPA consistirá no equipamento (aeronave), no controle remoto (estação de pilotagem remota) e no comando da aeronave via rádio (enlace de pilotagem).

### Classificada (Classificação) da RPA - RBAC – E nº 94

A RPA é classificada de acordo com seu peso máximo de decolagem (PMD):

- **Classe 1:** RPA com peso máximo de decolagem maior que 150 kg.
- **Classe 2:** RPA com peso máximo de decolagem maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg.
- **Classe 3:** RPA com peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 kg.



## SAIBA MAIS

**Atenção! Os RPAS durante a aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes sobre áreas desabitadas são classificados como Classe 3, independentemente do peso máximo de decolagem da RPA, desde que operando VLOS ou EVLOS e até 400 pés de altura ao nível do solo (AGL).**

Como se pode observar, esta classificação independe do tamanho da aeronave, importando apenas seu peso máximo de decolagem.

Peso máximo de decolagem (PMD) é o máximo peso que uma aeronave não tripulada (incluído seu combustível, cargas e equipamentos transportados) pode ter para ser capaz de decolar e realizar um voo com segurança, independentemente da aeronave estar equipada ou não com seus acessórios.

### **Piloto remoto e piloto remoto em comando**

É o piloto (maior de 18 anos) que conduz o voo com as responsabilidades essenciais pela operação, podendo ou não ser o responsável pelo manuseio dos controles de pilotagem da aeronave. Quando responsável, exclusivamente, pelo manuseio dos controles de pilotagem, será denominado PILOTO REMOTO.



## **IMPORTANTE**

**O piloto remoto só pode operar (pilotar) uma Aeronave Não Tripulada por vez.**

### **Observador de aeronave não tripulada**

É a pessoa, também maior de 18 anos, responsável em auxiliar o Piloto Remoto na condução segura do voo, especialmente em relação a obstáculos ou à aproximação de outras aeronaves. O Observador de RPA deve manter o contato visual direto com a RPA, ou seja, visualizá-la sem o auxílio de lentes ou equipamentos, exceto as corretivas, como óculos e lentes de contato.

Em regra, não é obrigatória a presença de um Observador de RPA, mas se recomenda a presença de um ou mais a fim de aumentar a segurança operacional do voo e do próprio piloto, no caso de operações policiais ou de fiscalização.

Não há limite de distância máxima entre o Piloto e o Observador, porém é fundamental **que haja comunicação** entre eles.

A presença de um Observador de RPA será obrigatória quando o Piloto estiver usando óculos em First Person Viewer (FPV), uma vez que sua visão é limitada apenas pela imagem da câmera.



**First Person Viewer (FPV)**

Fonte: <https://fr.geekbuying.com/>

### **Visibilidade da aeronave**

Agora que já conhecemos a figura do Observador de Aeronave Não Tripulada, conheceremos os tipos de operação em relação à visibilidade da aeronave, tanto em relação ao Piloto quanto ao Observador.

Essa definição é muito importante, pois existem requisitos específicos para cada tipo de operação, sendo mais rígidos para os casos em que nem o Piloto nem o Observador são capazes de visualizar a aeronave (BVLOS), conforme veremos a seguir:



Figura 55: Requisitos de operações

Fonte: Os autores

### **Operação em Linha de Visada Visual (Visual Line of Sight – VLOS operation)**

Situação na qual o piloto remoto, sem o auxílio de observadores de RPA, mantém o contato visual direto com a aeronave remotamente pilotada, sem auxílio de lentes ou outros equipamentos (exceto as corretivas), de modo a conduzir o voo com as responsabilidades de manter as separações previstas com outras aeronaves, bem como de evitar colisões com aeronaves e obstáculos.

### **Operação em Linha de Visada Visual Estendida (Extended Visual Line of Sight – EVLOS operation)**

Situação na qual o piloto remoto, sem auxílio de lentes ou outros equipamentos (exceto as corretivas), não é capaz de manter o contato visual direto com a RPA, necessitando, dessa forma, do auxílio do observador de RPA para conduzir o voo com as responsabilidades de manter as separações previstas com outras aeronaves, bem como de evitar colisões com aeronaves e obstáculos, seguindo as mesmas regras de uma operação VLOS.

### **Operação Além da Linha de Visada Visual (Beyond Visual Line of Sight – BVLOS operation)**

Operação que não atenda às condições VLOS ou EVLOS.

Explicando de forma bem simplificada, se o piloto conseguir enxergar a aeronave a “olho nu” (sem auxílio de lentes e equipamentos — exceto óculos, lentes de contato), o voo será em VLOS.

Quando apenas o Observador de RPA conseguir visualizá-la, também a “olho nu”, o voo será em EVLOS.

Nessas duas situações, VLOS e EVLOS, o voo é chamado de visual.

Já na situação em que nem o piloto e nem o observador são capazes de visualizar a aeronave a “olho nu”, o voo será em BVLOS.

Recomenda-se que sempre que possível o voo seja visual, uma vez que o risco operacional aumenta quando a aeronave não está no campo de visão do Piloto ou Observador. Veremos mais adiante que é necessário cumprir requisitos extras para voar em BVLOS e também acima de 400 pés (120 m aproximadamente) do nível do solo.

Agora, iremos conhecer os principais órgãos envolvidos na regulação da operação de aeronaves não tripuladas: ANAC, DECEA e Anatel.

#### **Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC**

A ANAC é uma agência reguladora federal cuja responsabilidade é regular e fiscalizar as atividades de aviação civil no Brasil, tanto nos aspectos econômicos quanto na segurança técnica do setor.

#### **Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA**

O DECEA é responsável pelo controle do espaço aéreo brasileiro, provedor dos serviços de navegação aérea que viabilizam os voos e a ordenação dos fluxos de tráfego aéreo no país, subordinado ao Comando da Aeronáutica.

#### **Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel**

Os drones possuem transmissores de radiofrequência em seus controles remotos e, em alguns casos, no próprio veículo aéreo para transmissão de imagens. Todos os drones necessitam ser homologados pela Anatel, inclusive os de uso recreativo, para evitar a interferência do sinal de rádio do drone em outros serviços.



## DICA

Se o assunto for relacionado ao espaço aéreo, a regulamentação compete ao DECEA. Já a certificação de equipamentos e a concessão de habilitações aos pilotos são de responsabilidade da ANAC.

### Requisitos Gerais Para Operar RPA Classe 3

Vimos que os drones são considerados aeronaves pela legislação e, assim como para automóveis e motocicletas, o piloto e o equipamento devem ser registrados nos órgãos competentes.

Agora, abordaremos os principais requisitos exigidos para a operação de **RPA Classe 3**, objeto de estudo do nosso curso:

- Idade mínima de 18 anos; e
- Registro do piloto e da aeronave na ANAC.

O cadastro do piloto e da aeronave são realizados na plataforma do Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) ([Acesso Anac](#)).

Trata-se de um procedimento bem simples e as orientações estão disponíveis no site da ANAC.

Para cada RPA registrada, é gerada uma Certidão de Cadastro da Aeronave, com validade de 24 meses, de porte obrigatório durante a realização dos voos, como veremos adiante. Vejamos:

	<b>REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL</b> <small>FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL</small>	
	<b>AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL</b> <small>NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY</small>	

<b>CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO NÃO RECREATIVO</b> <b>UNMANNED AIRCRAFT INSCRIPTION CERTIFICATE - NON-RECREATIONAL</b>	
<p>Esta certidão de cadastro, emitida de acordo com o RBAC-E nº 94, é válida até <b>05/07/2026</b> salvo em caso de cancelamento, suspensão ou revogação pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira.</p> <p><i>This Inscription Certificate, issued in accordance with RBAC-E nr. 94, shall remain valid until 07/05/2026 unless it is cancelled, suspended or revoked by the Brazilian Civil Aviation Authority.</i></p> <p>Operador (Operator):  <b>Ministério da Economia</b></p> <p>Documento (document):            [REDACTED]</p> <p>Cadastro feito por (Registered by):            [REDACTED]</p>	<p><b>Nº do cadastro (Register Number):</b>            [REDACTED]</p> <p>Uso (Purpose): não recreativo (non-recreational)            Ramo de atividade principal (Business): Órgãos de Fiscalização - Entidades Estatais            Fabricante (Maker): DJI            Modelo (Model): Dji Mini 4 Pro            Nº de série (Serial Number): [REDACTED]            Peso máximo de decolagem (MTOW): 0,25            Informações adicionais (additional information):  <b>AERONAVE PARA USO PRIORITARIO NAS ATIVIDADE DE VIGILÂNCIA E REPRESSÃO AO CONTRABANDO E AO DESCAMINHO</b></p>
<p><b>O descumprimento da regulamentação aplicável pode ensejar consequências administrativas, civis e/ou criminais para o infrator.</b>  <i>Not complying with the applicable regulations may result in administrative and/or legal penalties for the transgressor.</i></p>	
<p>O detentor desta certidão de cadastro (o operador), ou aquele com quem for compartilhada sua aeronave, é considerado apto pela ANAC a realizar voos <b>não recreativos</b> no Brasil, com a aeronave não tripulada acima identificada, em conformidade com os regulamentos aplicáveis da ANAC. É responsabilidade do operador tomar as providências necessárias para a operação segura da aeronave, assim como conhecer e cumprir os regulamentos do DECEA, da Anatel, e de outras autoridades competentes.</p> <p><i>The holder of this inscription certificate (the operator), or the person with whom this aircraft is shared, is considered apt by Brazilian Civil Aviation Authority to perform <b>non-recreational</b> flights in Brazil, using the above identified unmanned aircraft, in conformity with the applicable regulations of Brazilian Civil Aviation Authority. It's the operator's</i></p>	
<b>CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO NÃO RECREATIVO</b> <b>UNMANNED AIRCRAFT INSCRIPTION CERTIFICATE - NON-RECREATIONAL</b>	
<p><i>responsibility to take the necessary actions to ensure a safe operation, as well as know and comply with the regulations of air traffic control (ATC), telecommunications, and other competent authorities.</i></p>	
<p>A validade desta certidão pode ser verificada pelo link  <a href="https://santosdumont.anac.gov.br/menu/f?p=133:14">https://santosdumont.anac.gov.br/menu/f?p=133:14</a></p>	
<p>Local e data da emissão (Place and date of issue):  <b>Brasília, 05 de julho de 2024</b>  <i>Brasília, July 05, 2024</i></p>	
<p>Esta certidão de cadastro não é válida para aeronaves não tripuladas acima de 25 kg de peso máximo de decolagem, ou em voos além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés ou 120 metros acima do nível do solo (AGL).  <i>This inscription certificate is not valid for unmanned aircraft of more than 25 kg maximum takeoff weight, or flying beyond visual line of sight (BVLOS) or over 400 feet or 120 meters above ground level (AGL).</i></p>	

### Certidão de cadastro de aeronaves não tripuladas – uso não recreativo

Fonte: Elaborado pelo autor.

As aeronaves não tripuladas de peso máximo de decolagem de até 250 gramas não precisam ser cadastradas junto à ANAC ou identificadas – alínea “c”, E94.301, RBAC-E Nº 94.



## IMPORTANTE

Para realizar voos acima de 400 ft do nível do solo e em BVLOS, a ANAC exige habilitação e licenças específicas para o piloto e para a aeronave.

### Registro do piloto e da aeronave no DECEA

O cadastro do piloto é obrigatório, sendo realizado na plataforma do SARPAS (Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas) SARPAS NG (decea.mil.br). Também se trata de um procedimento bem simples e as orientações estão disponíveis no site da DECEA.

### Autorização de voo pelo DECEA

Via de regra, para realizar qualquer voo, o piloto deve solicitar a autorização no SARPAS, sujeito à aprovação ou não pelo DECEA (maiores detalhes serão apresentados na Unidade 2 ([inserir link](#))).



## IMPORTANTE

Só é possível a solicitação de voo se o piloto estiver cadastrado previamente no SARPAS.

### Avaliação de Risco Operacional

Deve-se elaborar uma avaliação de risco operacional com a previsão de cenários de risco, probabilidade, severidade de ocorrência e medidas mitigadoras. Tal medida tem a finalidade de reduzir os riscos de acidente, sendo um documento de porte obrigatório durante o voo. Maiores detalhes serão apresentados no [Módulo 5](#).

### Portar documentos obrigatórios

Conforme item E94.19 do RBAC e-94, somente é permitido operar uma RPA de peso máximo de decolagem acima de 250 gramas se, durante toda a operação, estiverem disponíveis na Estação de Pilotagem Remota os seguintes documentos:

- Certidão de Cadastro, o Certificado de Matrícula ou o Certificado de Marca Experimental, conforme aplicável, todos válidos;
- Certificado de aeronavegabilidade válido, se aplicável

(operação acima de 400ft e em BLVLOS, por exemplo);

- Manual de voo;
- Apólice de seguro ou o certificado de seguro com comprovante de pagamento, dentro da validade, se aplicável (dispensada para RPA operado por Órgãos Especiais);
- Documento que contém a avaliação de risco; e
- Licença, habilitação e extrato do CMA, válidos e conforme aplicáveis segundo este Regulamento Especial (operação acima de 400 ft, por exemplo).

Os documentos acima listados abrangem somente os exigidos pela ANAC. Dependendo do tipo de voo e da aeronave outros documentos podem ser exigidos por parte do DECEA, da ANATEL, ou de outros órgãos competentes.

### **Observar as regras do espaço aéreo**

Assim como nas estradas, existe uma série de regras a serem observadas para sobrevoar no espaço aéreo, como distâncias, alturas e locais permitidos para voo. Maiores detalhes serão explorados na unidade 2

### **Homologação na ANATEL**

O procedimento de certificação está disponível no “Manual de Orientações para Homologação de drones para Uso próprio/pessoal”, disponibilizado no site da Anatel na internet, por meio do endereço: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/certificacao-de-produtos/orientacoes>.

### **Adquirir um drone comercializado no Brasil, ainda preciso entrar com o processo de homologação pela Anatel?**

Drones adquiridos no Brasil junto a um dos representantes do fabricante, ou de seus distribuidores no país, não precisam ser homologados pelo usuário final (consumidor). Nesse caso, o produto já tem que conter o selo, afixado no produto, informando o número de homologação da Anatel atribuído ao representante. Lembrando que é de responsabilidade do representante a garantia e suporte técnico do produto comercializado por ele no país. Manual de Orientações Homologação de DRONES, ANATEL.

## Responsabilidade do piloto

Cabe ao Piloto Remoto a responsabilidade final pela observância e cumprimento de todos os parâmetros previstos na legislação, podendo responder administrativamente, civilmente e até criminalmente por eventuais danos decorridos durante a operação. A seguir, estão algumas das principais penalidades que o piloto pode incorrer.

Portanto, realize seu voo de forma regular e segura para preservar a segurança das pessoas, animais e patrimônio de terceiros, bem como se resguardar no caso de eventuais acidentes.

Abaixo mostraremos as principais sanções previstas na legislação:

### **Código Penal brasileiro - Decreto Lei nº 2.848, de 07 de dezembro de 1940**

**Art. 132** - Expor a vida ou a saúde de outrem a perigo direto e iminente:

Pena - detenção, de três meses a um ano, se o fato não constitui crime mais grave.

**Art. 261** - Expor a perigo embarcação ou aeronave, própria ou alheia, ou praticar qualquer ato tendente a impedir ou dificultar navegação marítima, fluvial ou aérea:

Pena - reclusão, de dois a cinco anos.

### **Lei das Contravenções Penais - Decreto Lei nº 3.688 de 03 de outubro de 1941**

**Art. 33.** Dirigir aeronave sem estar devidamente licenciado:

Pena – prisão simples, de quinze dias a três meses, e multa, de duzentos mil réis a dois contos de réis.

**Art. 35.** Entregar-se na prática da aviação, a acrobacias ou a vôos baixos, fora da zona em que a lei o permite, ou fazer descer a aeronave fora dos lugares destinados a esse fim:

Pena – prisão simples, de quinze dias a três meses, ou multa, de quinhentos mil réis a cinco contos de réis.

## **Código Civil - Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**

**Art. 186.** Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direito e causar dano a outrem, ainda que exclusivamente moral, comete ato ilícito. (Vide ADI nº 7055) (Vide ADI nº 6792)

## **RBHA 91 - Portaria nº 482/DGAC de 20 de março de 2003**

### **91.17 - ÁLCOOL E DROGAS**

(a) Nenhuma pessoa pode atuar ou tentar atuar como tripulante de uma aeronave civil:

(1) dentro de 8 horas após ter consumido qualquer bebida alcoólica;

(2) enquanto sob a influência de álcool;

(3) enquanto usando qualquer droga que afete, de qualquer maneira contrária à segurança, as faculdades dessa pessoa, e.

(4) enquanto possuir no sangue quantidade igual ou superior a 0,04% (em peso) de álcool.

(b) Exceto em emergências, nenhum piloto de uma aeronave civil pode permitir que uma pessoa aparentando estar embriagada ou que demonstre pelo comportamento ou pela aparência estar sob influência de drogas (exceto um paciente devidamente acompanhado por um médico) entre em sua aeronave.

(c) Sempre que a autoridade aeronáutica possuir razoável base para acreditar que uma pessoa violou os requisitos do parágrafo (a) desta seção, essa pessoa deve fornecer ao DAC, ou autorizar que uma clínica, hospital ou médico assim o faça, os resultados de um exame de laboratório, feito dentro de 4 horas após a pessoa ter atuado ou tentado atuar como tripulante, que indiquem a porcentagem (por peso) de álcool no sangue ou a presença de qualquer droga no corpo.

(d) As informações dos exames de laboratório obtidas pelo DAC de acordo com o parágrafo (c) desta seção serão usadas para avaliar as qualificações da pessoa como tripulante e para comprovar violações a esta seção e podem ser usadas como evidência em qualquer processo administrativo ou judicial.

Então, quais foram suas aprendizagens? Conseguiu aprender um pouco sobre a história dos drones? No tópico a seguir, falaremos mais sobre a operação com drones. Até mais!

## Unidade 2: Acesso ao espaço aéreo

Anteriormente, vimos alguns conceitos e requisitos fundamentais para operar Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA). Agora, nesta unidade, vamos examinar algumas regulamentações que regem o acesso ao espaço aéreo.

Similar às estradas, o espaço aéreo é subdividido em diversas zonas e áreas, cada uma com suas próprias restrições de acesso. Estas medidas têm como objetivo coordenar o tráfego com outras aeronaves e garantir a segurança das pessoas, animais e propriedades no solo.

Um dos principais objetivos destas regras é prevenir colisões com aeronaves tripuladas. Por isso, limites de altura e distância foram estabelecidos, especialmente em áreas próximas a aeroportos e a helipontos.

Como veremos adiante, as regulamentações variam de acordo com a natureza da operação. Em situações de **imprevisibilidade**, onde o planejamento prévio do voo não é possível, os Órgãos Especiais possuem prerrogativas específicas, com **regras mais flexíveis** para o acesso ao espaço aéreo.

Para as **demais operações**, os Órgãos Especiais devem seguir as **mesmas diretrizes** aplicáveis às RPAs utilizadas pelo setor privado em suas atividades.

Vamos continuar explorando esse tema crucial para a realização de um voo regular e seguro.

### Solicitação de voo

Para que uma RPA Classe 3 possa acessar o espaço aéreo, é necessário que o voo seja autorizado previamente pelo DECEA, via sistema SARPAS (Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas), SARPAS NG (<https://sarpas.decea.mil.br/login/>).

**O SARPAS é uma plataforma on-line onde os pilotos submetem as solicitações de voo, incluindo informações, como horário, duração, local e altura planejada.**

A solicitação de voo pelo piloto no SARPAS deve ser prévia, variando de **30 minutos a 12 dias corridos** antes do início da operação, a depender de fatores, como local do voo e da visibilidade da aeronave ([VLOS](#), [EVLOS](#) ou [BVLOS](#)), conforme detalhado no item 6.2 da ICA 100-40 e no item 6 do MCA 56-5.

Normalmente, a autorização é emitida de forma automatizada pelo DECEA, podendo

em alguns casos ser analisada pelo Órgão Regional, considerando possíveis interferências na circulação aérea.

Mais informações sobre como realizar a solicitação do voo estão disponíveis no [site do DECEA \(DRONE \(UAS\)\)](#) – Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

### Principais normais

A legislação que versa sobre Aeronaves não tripuladas (UA) é ampla e esparsa, tendo como principais normas:

- **MCA 56-5:** Aeronaves não tripuladas para uso exclusivo em operações aéreas especiais;
- **ICA 100-40:** Aeronaves não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro;
- **RBAC – E nº 94:** Requisitos Gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil;
- **IS N° E94-003:** Procedimento para Elaboração e Utilização de Risco Operacional para Operadores de RPAS;
- **ICA 100-12:** Regras do Ar;
- **CF/88:** Art. 5º, inciso X;
- **DECRETO LEI N° 2.848/40 (CÓDIGO PENAL):** Arts. 132 e 261;
- **DECRETO LEI N° 3.688/41 (LEI DAS CONTRAVENÇÕES PENAIIS):** Arts. 33 e 35;
- **LEI N° 10.460/2002 (CÓDIGO CIVIL):** Art. 186;
- **LEI N° 7.565/86:** Arts. 289 e 291.

Conforme mencionado anteriormente, o propósito deste curso é fornecer uma visão geral da legislação pertinente aos drones classificados como Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), abordando os principais conceitos e definições. **Cabe ao aluno** aprofundar seus conhecimentos por meio da **leitura integral** da legislação aplicável.

Após a conclusão deste módulo 3, recomenda-se que o aluno inicie seus estudos pela consulta do Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 56-5, que discorre sobre a utilização de RPAS por Órgãos Especiais em operações desprovidas de

planejamento prévio por parte do operador. Este manual, concebido de forma didática, engloba as normativas e conceitos de outras legislações, sendo **leitura essencial** para operações de RPAs por Órgãos Especiais.

Posteriormente, o aluno pode dar continuidade aos seus estudos por meio da análise da ICA 100-40, da RBAC-E Nº 94 e de outras normativas pertinentes mencionadas.



## DICA

Dúvidas sobre a legislação podem ser sanadas nos sites ou nos canais de comunicação do DECEA e da ANAC:

- Contato: [Central de Ajuda DECEA](#)
- Fale com a ANAC: [Agência Nacional de Aviação Civil \(ANAC\)](#)

### MCA 56-5 vs ICA 100-40

Agora que já sabemos que os Órgãos Especiais possuem regras mais flexíveis em determinadas situações, vamos diferenciar as duas principais regras de acesso ao espaço aéreo emitidas pelo DECEA, a Instrução do Comando da Aeronáutica número 100-40 (ICA 100-40) e o Manual do Comando da Aeronáutica número 56-5 (MCA 56-5).

A regra geral para operar RPA é a ICA 100-40/2023, cuja finalidade é regulamentar os procedimentos e responsabilidades necessários para o acesso seguro ao Espaço Aéreo Brasileiro por Aeronaves Não Tripuladas.

Já a regra específica é o MCA 56-5, que regulamenta os procedimentos e responsabilidades necessários para o acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por Aeronaves Não Tripuladas, com peso máximo de decolagem de até 25 kg, para uso exclusivamente voltado ao apoio às operações dos **Órgãos Especiais** que **não permitam planejamento prévio por parte do operador**, bem como para os Órgãos provedores dos serviços considerados essenciais à manutenção da vida das pessoas e da redução do sofrimento (vide item 3.11.3.1)

**Órgãos Especiais** é uma expressão genérica que se aplica aos Órgãos ligados aos Governos Federal, Estadual e Municipal ou Órgãos provedores dos serviços considerados essenciais à manutenção da vida das pessoas e da redução do sofrimento.

Para os Órgãos ligados aos Governos Federal, Estadual ou Municipal, entre outros, entende-se como Órgãos Especiais:

- a. Ministérios;
- b. Secretarias;
- c. Agências Reguladoras;
- d. Autarquias;
- e. Fundações Públicas; e
- f. Forças Armadas.

As Operações Aéreas Essenciais à Manutenção da Vida compreendem, entre outras, as atividades de prevenção, em proveito da vida e do bem-estar das pessoas e, em última instância, aquelas que venham a contribuir com a redução do sofrimento, tais como:

- a. Água potável;
- b. Energia elétrica, gás e combustíveis;
- c. Assistência médica e hospitalar;
- d. Saneamento básico;
- e. Guarda, uso e controle de materiais químicos, biológicos, radioativos e nucleares (QBRN);
- f. Apoio a acidentes e incidentes rodoviários, ferroviários, aéreos e marítimos;
- g. Infraestrutura aeroportuária e de tráfego aéreo;
- h. Atendimento emergencial em apoio a calamidade pública; e
- i. Mineração (minas e barragens).

Note que a regra específica, MCA 56-5, aplica-se somente para “**Operações Aéreas Especiais**”, definida como uma operação real realizada pelos Órgãos Especiais em circunstâncias não comuns, a qual não permita planejamento prévio. Podemos citar como exemplo as operações de emergências policiais, de resgate de pessoas e de monitoramento de alvos pela fiscalização quando necessitam de uma intervenção imediata.

Para as **demais situações**, como geralmente nos voos de treinamento e de comunicação institucional, Órgãos Especiais **estarão sujeitos à regra geral**, ICA 100-40.

Separamos abaixo as principais prerrogativas dos Órgãos Especiais em suas operações especiais:

- Possibilidade de sobrevoar mais próximo de aeródromos e helipontos;

- Dispensa de autorização para sobrevoar próximo a pessoas;
- Prioridade de voo sobre aeromodelos;
- Especificamente para as Operações das Forças Armadas e da Segurança Pública, dispensa de solicitação antecipada de 12 dias corridos para operações VLLOS, acima de 400 ft, e BVLOS, desde que realizadas em Espaço Aéreo Segregado e estabelecido Acordo Operacional PREVIAMENTE;
- Dispensa de contratação de seguro contra danos a terceiros.



## IMPORTANTE

**Independentemente se a aeronave não tripulada é de órgão de Estado ou não, uma regra é aplicada a todos os aeromodelos e RPA: Aeronaves tripuladas possuem prioridade de voo sobre aeronaves não tripuladas (drones). “Mesmo que tenha sido autorizada, toda e qualquer operação de Aeronave Não Tripulada deve ser imediatamente encerrada ao ser verificada a aproximação de aeronaves tripuladas, exceção feita para as ocasiões em que seja realizada uma estreita coordenação entre os órgãos envolvidos” MCA 56-5.**

Nessas duas legislações, ICA 100-40 e MCA 56-5, temos definições importantes que serão utilizadas por todo o seu tempo como piloto de RPAS e de extrema necessidade para entendimento dos conceitos que aqui serão apresentados. Apresentaremos, agora, algumas das principais definições.



## TOME NOTA

**A apresentação dessas definições não tira a obrigatoriedade da leitura e entendimento do conjunto completo apresentado nas normas.**

### Espaço Aéreo Controlado, Segregado e Condicionado

Como o espaço aéreo é compartilhado por todo tipo de aeronave, faz-se necessária uma organização extremamente eficaz para evitar acidentes. Dessa forma, temos definições especiais para os tipos de áreas no nosso espaço aéreo. São elas: Espaço Aéreo Controlado, Espaço Aéreo Segregado e Espaço Aéreo Condicionado (sendo este último separado em três classes).

### ■ Espaço Aéreo Controlado

Espaço aéreo de dimensões definidas, dentro do qual se presta o Serviço de Controle de Tráfego Aéreo (ATS). O espaço aéreo controlado engloba as Classes A, B, C, D e E dos espaços aéreos ATS. A classificação se dá quanto maior ou menor o rigor nas regras de condução da aeronave, sendo a classe A as regras muito mais rígidas e a classe E as regras menos rígidas. Mas independentemente da classe, as regras existentes são de observação obrigatória.

Espaço aéreo segregado é uma parte do espaço aéreo que é reservada para usos específicos e que não é acessível ao tráfego aéreo geral. Essa segregação é feita para garantir a segurança e a eficiência de operações aéreas que exigem condições especiais, como voos de RPA em BVLOS e/cou acima de 400 pés, voos militares, atividades de treinamento, operações de teste de aeronaves, etc.

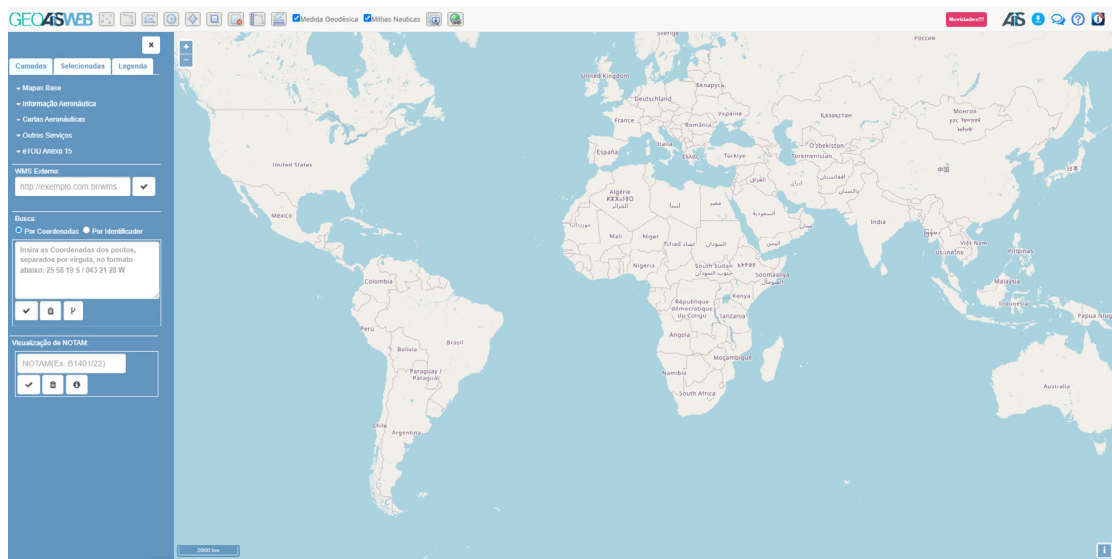
### ■ Espaço Aéreo Condicionado

Espaço aéreo condicionado é separado em três classes: área proibida, restrita ou perigosa.

- **Área Perigosa** – Espaço aéreo de dimensões definidas, sobre o território ou mar territorial brasileiro, dentro do qual possam existir, em momentos específicos, atividades perigosas para o voo de aeronaves;
- **Área Proibida** – Espaço aéreo de dimensões definidas, sobre o território ou mar territorial brasileiro, dentro do qual o voo de aeronaves é proibido;
- **Área Restrita** – Espaço aéreo de dimensões definidas, sobre o território ou mar territorial brasileiro, dentro do qual o voo de aeronaves é restringido conforme certas condições definidas.

Existem vários sites e aplicativos móveis que podem nos fornecer informações sobre áreas condicionadas em território nacional. Abaixo alguns exemplos:

## GeoAISWEB



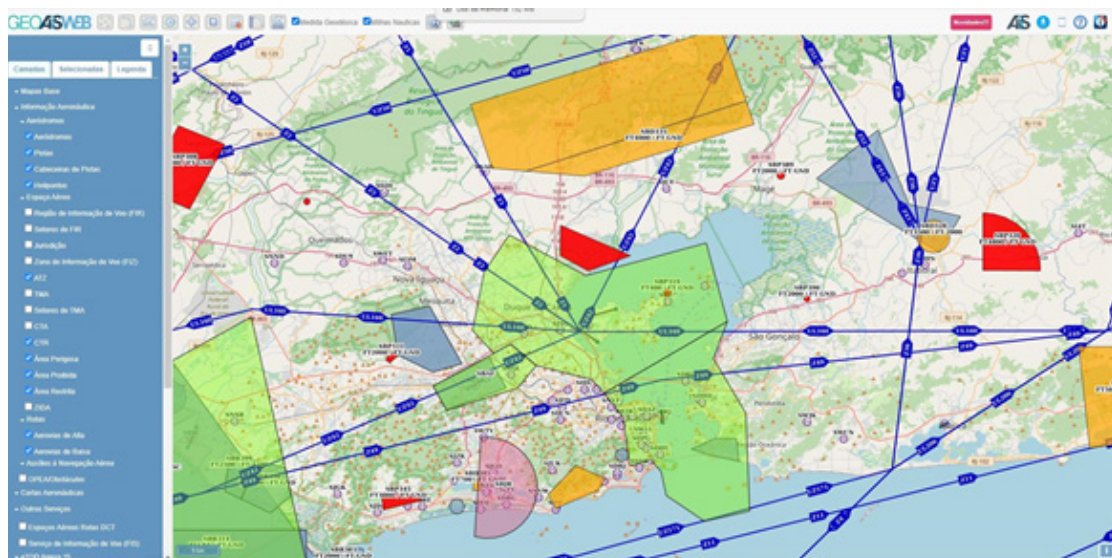
<https://geoaisweb.decea.mil.br/> (opens in a new tab) - Portal do DECEA



## DICA

Existem ferramentas de medição de distância e área no menu superior para que o piloto tenha a certeza de estar fora das áreas condicionadas.

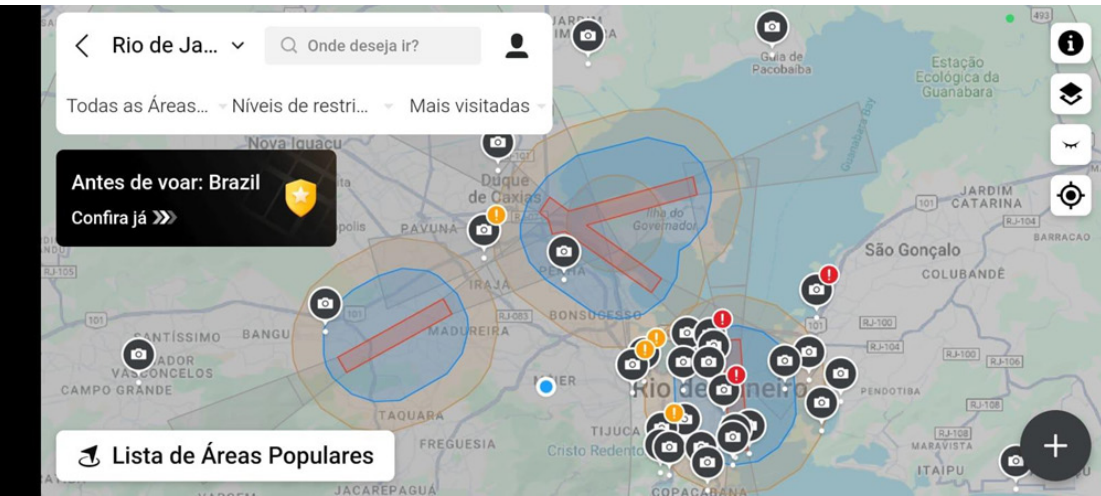
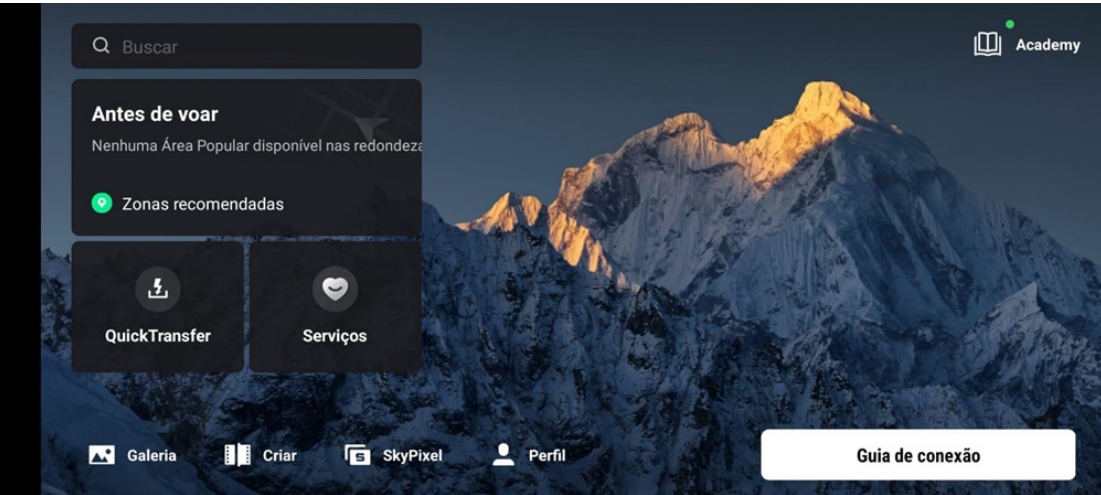
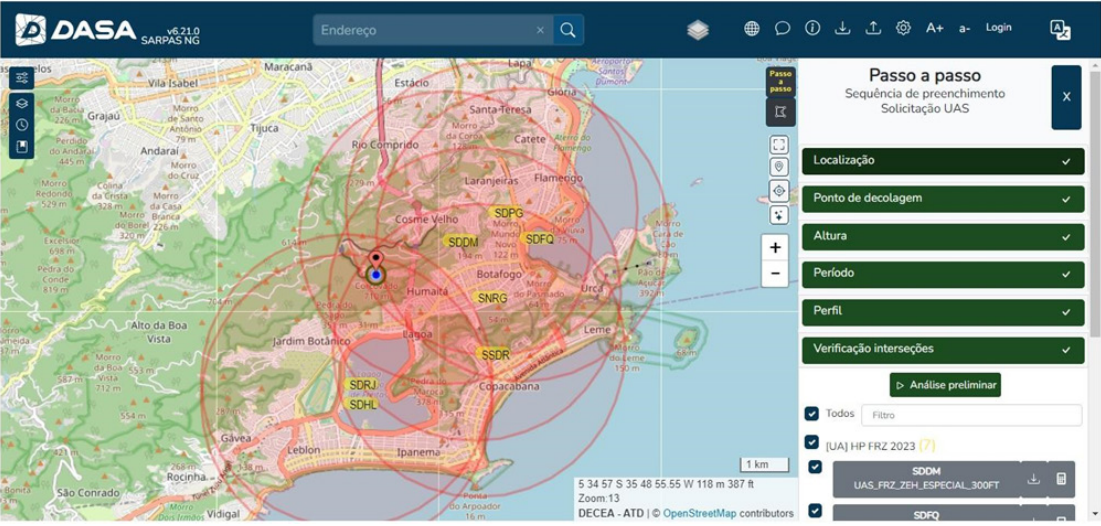
## Página de pedidos de voo do DECEA – SARPAS NG



<https://sarpas.decea.mil.br/>



## Pelos aplicativos de voo – EX: DJY FLY - Botão “Antes de Voar”



## Voos Próximos a Aeródromos e Helipontos

Conforme mencionado anteriormente, um dos principais objetivos da regulação da atividade aérea com drones é evitar a colisão com aeronaves tripuladas, o que pode ocasionar graves acidentes.

Justamente por isso, foram estabelecidas uma série de regras para sobrevoar próximo a **aeródromos** e a **helipontos**. Antes de explorarmos essas regras, vamos conhecer alguns conceitos:

### Aeródromo

Área delimitada em terra ou na água destinada, no todo ou em parte, para pouso, decolagem e movimentação em superfície de aeronaves; inclui quaisquer edificações, instalações e equipamentos de apoio e de controle das operações aéreas, se existirem. Quando destinado exclusivamente a helicópteros, recebe denominação de heliponto.



Exemplos de Aeródromos

## IMPORTANTE

Atenção ao sobrevoar áreas rurais, pois podem existir pistas de pouso homologadas ou não.

### Heliponto

Área homologada e demarcada oficialmente para o pouso e decolagem de aeronaves de asas rotativas (helicópteros).

É muito comum a presença de helipontos em hospitais, centros empresariais, hotéis e, até mesmo, em navios atracados.



### DICA

Como saber se existem aeródromos ou helipontos próximos da área que pretendo voar?

Similarmente à verificação de espaço aéreo condicionado, é possível consultar estas áreas no site GeoAISWEB, no SARPAS e em diversos aplicativos móveis.

Agora, vamos conhecer as áreas de segurança no entorno de aeródromos e de helipontos, as quais possuem delimitações específicas, lembrando que as unidades de medidas utilizadas são “pés” para altura em relação ao nível do solo e “nó” para velocidade, conforme quadro abaixo:

PÉS	METROS (aproximadamente)
100 ft	30 m
200 ft	60 m
300 ft	90 m
400 ft	120 m

NÓ	Km/h (aproximadamente)
30 Kt	60 km/h
60 Kt	120 km/h

Agora, veja os tipos de zonas específicas:

**Zona de Aproximação ou de Decolagem – ZAD**

Área no setor de pouso e decolagem do aeródromo. Formada por uma linha perpendicular ao eixo longitudinal da pista, posicionada nas extremidades das cabeceiras com 150 m de comprimento para cada lado, tendo em cada uma de suas extremidades uma reta com abertura de vinte graus cujo centro está posicionado no encontro das duas retas e possui arcos com distância variável em relação à cabeceira e em função da altura do voo.

**Zona De Entorno de Aeródromo – ZEA**

Área no entorno do aeródromo, excluindo-se as áreas pertencentes à ZAD. Tem como origem o eixo da pista e possui limite variável, em função da altura do voo.

**Zona De Entorno De Heliponto – ZEH**

Área no entorno do heliponto. Tem como origem o Ponto de Referência de Aeródromo (ARP) e possui valor de raio variável, em função da altura do voo.

**Zona De Restrição De Voo – FRZ**

Área específica na qual o acesso de Aeronave Não Tripulada requer autorização mediante análise do Gerenciamento do Tráfego Aéreo (ATM) do Órgão Regional, considerando as restrições previstas em função das alturas e distâncias de aeródromos e helipontos ou das áreas de segurança.

A Zona de Aproximação ou de Decolagem (ZAD), a Zona de Entorno de Aeródromo (ZEA), a Zona de Entorno de Heliponto (ZEH) e as Áreas de Segurança são consideradas Zona de Restrição de Voo (FRZ).

**Zona Proibida Ao Voo – NFZ (No Fly Zone)**

Área específica na qual o voo não é permitido normalmente. A origem da NFZ é Técnica, geralmente criada pelo fabricante do equipamento.

## Parâmetros – Condicionantes operacionais

Existem limites de distância, altura e velocidade a serem observados para voos próximos a aeródromos e helipontos.

Tais parâmetros são diferentes para os voos em operações especiais, regidos pelo (MCA 56-5), e para os demais voos, enquadrados na ICA 100-40.

Vamos abordar primeiramente os parâmetros para as Operações Especiais, descritas no item 6.2 do MCA 56-5

### MCA 56-5

- a. Para operações cuja Altura de Voo Solicitada esteja até 100 ft, inclusive (aproximadamente 30 metros), e velocidade igual ou inferior a 30 Kt (aproximadamente 60 km/h):
  - Manter-se afastado, no mínimo, 1700 metros das cabeceiras da(s) pista(s) de aeródromos cadastrados, quando operando na ZAD;
  - Manter-se afastado, no mínimo, 1130 metros de aeródromos cadastrados, quando operando no entorno; e
  - Manter-se afastado, no mínimo, 1130 metros de helipontos cadastrados.
- b. Para operações cuja Altura de Voo Solicitada esteja entre 100 ft, exclusive, e 200 ft, inclusive (aproximadamente 30 a 60 metros), e velocidade igual ou inferior a 60 Kt (aproximadamente 120 km/h):
  - Manter-se afastado, no mínimo, 2630 metros das cabeceiras da(s) pista(s) de aeródromos cadastrados, quando operando na ZAD;
  - Manter-se afastado, no mínimo, 1740 metros de aeródromos cadastrados, quando operando no entorno; e
  - Manter-se afastado, no mínimo, 1740 metros de helipontos cadastrados.
- c. Para operações cuja Altura de Voo Solicitada esteja entre 200 ft, exclusive, e 300 ft, inclusive (aproximadamente 60 a 90 metros), e velocidade igual ou inferior a 60 Kt (aproximadamente 120 km/h):

- Manter-se afastado, no mínimo, 3550 metros das cabeceiras da(s) pista(s) de aeródromos cadastrados, quando operando na ZAD;
  - Manter-se afastado, no mínimo, 2350 metros de aeródromos cadastrados, quando operando no entorno; e
  - Manter-se afastado, no mínimo, 2350 metros de helipontos cadastrados.
- d. Para operações cuja Altura de Voo Solicitada esteja entre 300 ft, exclusive, e 400 ft, inclusive (aproximadamente 90 a 120 metros), e velocidade igual ou inferior a 60 Kt (aproximadamente 120 km/h):
- Manter-se afastado, no mínimo, 4480 metros das cabeceiras da(s) pista(s) de aeródromos cadastrados, quando operando na ZAD;
  - Manter-se afastado, no mínimo, 2960 metros de aeródromos cadastrados, quando operando no entorno; e
  - Manter-se afastado, no mínimo, 2960 metros de helipontos cadastrados.

<b>MCA 56-5: PARÂMETROS DE ALTURA E DISTÂNCIA</b>				
LOCAL/ALTURA	Até 100 ft	100 ft até 200 ft	200 ft até 300 ft	300 ft até 400 ft
Na ZAD	<b>1700 m</b>	<b>2630 m</b>	<b>3550 m</b>	<b>4480 m</b>
No Entorno de Aeródromo	<b>1130 m</b>	<b>1740 m</b>	<b>2350 m</b>	<b>2960 m</b>
No Entorno de Heliponto	<b>1130 m</b>	<b>1740 m</b>	<b>2350 m</b>	<b>2960 m</b>

Figura 2 – Operações Aéreas Especiais de UA

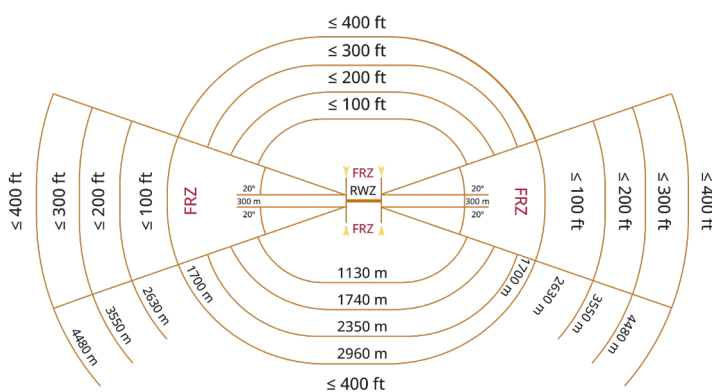


Figura 2 – Áreas para Operações Aéreas Especiais de UA próximas a aeródromos

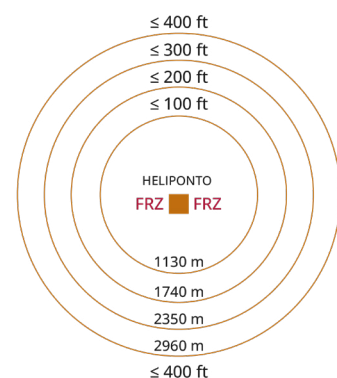


Figura 3 – Áreas para Operações Aéreas Especiais de UA próximas a helipontos

### MCA 56-5

Agora iremos abordar os parâmetros estipulados para a operação com RPA em geral, previstos no item 6.2.1.4 da ICA 100-40:

### ICA 100-40

- a. Para operações cuja Altura de Voo Solicitada seja de **até 100 ft, inclusive** (aproximadamente 30 metros), e velocidade igual ou inferior a 30 Kt (aproximadamente 60 km/h):
  - Manter-se afastado, no mínimo, 3550 metros das cabeceiras da(s) pista(s) de aeródromos cadastrados, quando operando na ZAD;
  - Manter-se afastado, no mínimo, 1740 metros de aeródromos cadastrados, quando operando no entorno; e
  - Manter-se afastado, no mínimo, 1740 metros de helipontos cadastrados.
  
- b. Para operações cuja Altura de Voo Solicitada esteja **entre 100 ft, exclusive, e 200 ft, inclusive** (aproximadamente 30 a 60 metros), e velocidade igual ou inferior a 60 Kt (aproximadamente 120 km/h):
  - Manter-se afastado, no mínimo, 4480 metros das cabeceiras da(s) pista(s) de aeródromos cadastrados, quando operando na ZAD;
  - Manter-se afastado, no mínimo, 2350 metros de aeródromos cadastrados, quando operando no entorno; e
  - Manter-se afastado, no mínimo, 2350 metros de helipontos cadastrados.
  
- c. Para operações cuja Altura de Voo Solicitada esteja **entre 200 ft, exclusive, e 300 ft, inclusive** (aproximadamente 60 a 90 metros), e velocidade igual ou inferior a 60 Kt (aproximadamente 120 km/h):
  - Manter-se afastado, no mínimo, 5400 metros das cabeceiras da(s) pista(s) de aeródromos cadastrados, quando operando na ZAD;
  - Manter-se afastado, no mínimo, 2960 metros de aeródromos cadastrados, quando operando no entorno;
  - Manter-se afastado, no mínimo, 2960 metros de helipontos cadastrados.

- d. Para operações cuja Altura de Voo Solicitada esteja **entre 300 ft, exclusive, e 400 ft, inclusive** (aproximadamente 90 a 120 metros), e velocidade igual ou inferior a 60 Kt (aproximadamente 120 km/h):
- Manter-se afastado, no mínimo, 6320 metros das cabeceiras da(s) pista(s) de aeródromos cadastrados, quando operando na ZAD;
  - Manter-se afastado, no mínimo, 3570 metros de aeródromos cadastrados, quando operando no entorno;
  - Manter-se afastado, no mínimo, 3570 metros de helipontos cadastrados.

ICA 100-40: PARÂMETROS DE ALTURA E DISTÂNCIA				
LOCAL/ALTURA	Até 100 ft	100 ft até 200 ft	200 ft até 300 ft	300 ft até 400 ft
Na ZAD	3550 m	4480 m	5400 m	6320 m
No Entorno de Aeródromo	1740 m	2350 m	2960 m	3570 m
No Entorno de Heliponto	1740 m	2350 m	2960 m	3570 m

Figura 2 – Operações de UA em alturas muito baixas próximas a aeródromos/helipontos

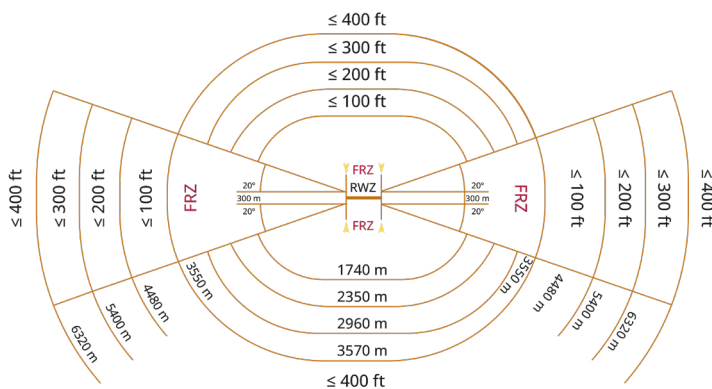


Figura 3 – Áreas para Operações de UA em alturas muito baixas próximas a aeródromos

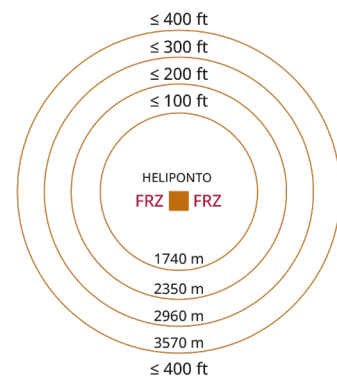


Figura 4 – Áreas para Operações de UA em alturas muito baixas próximas a helipontos

### ICA 100-40

Vejam a seguir um comparativo entre os parâmetros de distância e altura de voos próximos a aeródromos e helipontos previstos no MCA 56-5 e na ICA 100-40.

QUADRO-RESUMO DOS PARÂMETROS					
ICA 100-40	LOCAL/ALTURA	Até 100 ft	100 ft até 200 ft	200 ft até 300 ft	300 ft até 400 ft
	Na ZAD	3550 m	4480 m	5400 m	6320 m
	No Entorno de Aeródromo	1740 m	2350 m	2960 m	3570 m
	No Entorno de Heliponto	1740 m	2350 m	2960 m	3570 m
MCA 56-5	LOCAL/ALTURA	Até 100 ft	100 ft até 200 ft	200 ft até 300 ft	300 ft até 400 ft
	Na ZAD	1700 m	2630 m	3550 m	4480 m
	No Entorno de Aeródromo	1130 m	1740 m	2350 m	2960 m
	No Entorno de Heliponto	1130 m	1740 m	2350 m	2960 m

Comparativo ICA 100-40 e MCA 56-5

Temos, então, os quadros das distâncias e alturas em comparativo. Podemos observar que as distâncias das Zonas de Proteção de Aeródromos e de Helipontos para voos realizados sob as regras da MCA 56-5 são menores que as preconizadas na ICA 100-40.



## DICA

A altura e a velocidade permitidas diminuem quanto mais próximo de aeródromos e de helipontos o voo for realizado.

Após todas essas regras de altura, distâncias e de velocidade, o aluno deve estar se perguntando se existe a possibilidade de voar fora desses parâmetros.

A resposta é sim, mas com algumas condições:

### Para voos em operações especiais (MCA 56-5)

- Coordenação ANTECIPADA com o órgão dos serviços de tráfego ou Operador de Aeródromo mais próximo ou, na falta deste, com o Órgão Regional responsável pela área;
- Especificamente para as **Operações das Forças Armadas e da Segurança Pública**, as Operações VLOS, acima de 400 ft, e BVLOS que não cumpram essas condicionantes, permitidas, devem ser realizadas conforme condicionantes estabelecidas PREVIAMENTE no Acordo Operacional. Nesse

caso, o Operador da RPA deverá anexar cópia do Acordo Operacional no momento da solicitação no SARPAS.

Adicionalmente, tanto a aeronave quanto o piloto devem cumprir alguns requisitos (vide voo BVLOS e acima de 120 pés ao nível do solo ao final desta Unidade).



## IMPORTANTE

**Todas as operações previstas no MCA 56-5 devem ser realizadas em VLOS ou EVLOS. As operações que forem programadas para serem BVLOS deverão se ater às condicionantes preconizadas na ICA 100-40, exceto Operações das Forças Armadas e da Segurança Pública que poderão ser autorizadas, desde que realizadas em Espaço Aéreo Segregado e estabelecido Acordo Operacional PREVIAMENTE.**

### **Demais voos (ICA 100-40)**

As operações que não cumpram essas condicionantes serão analisadas pelo Órgão Regional e deverão ser solicitadas pelo Explorador/Operador da aeronave, diretamente no SARPAS, com antecedência mínima de quatro dias corridos em relação ao início da operação pretendida, podendo ser exigido doze dias corridos em relação ao início da operação pretendida, quando envolver divulgação de NOTAM\*, conforme item 6.1.20 da ICA 100-40. Nesse caso, o Operador da UA deverá apresentar o Termo de Coordenação no momento de solicitação no SARPAS.

## **AVISO AOS AERONAVEGANTES (NOTAM)**

Aviso distribuído por meio de telecomunicações que contém informação relativa ao estabelecimento, à condição ou à modificação de qualquer instalação aeronáutica, serviço, procedimento ou perigo, cujo conhecimento oportuno seja indispensável para o pessoal encarregado das operações de voo.

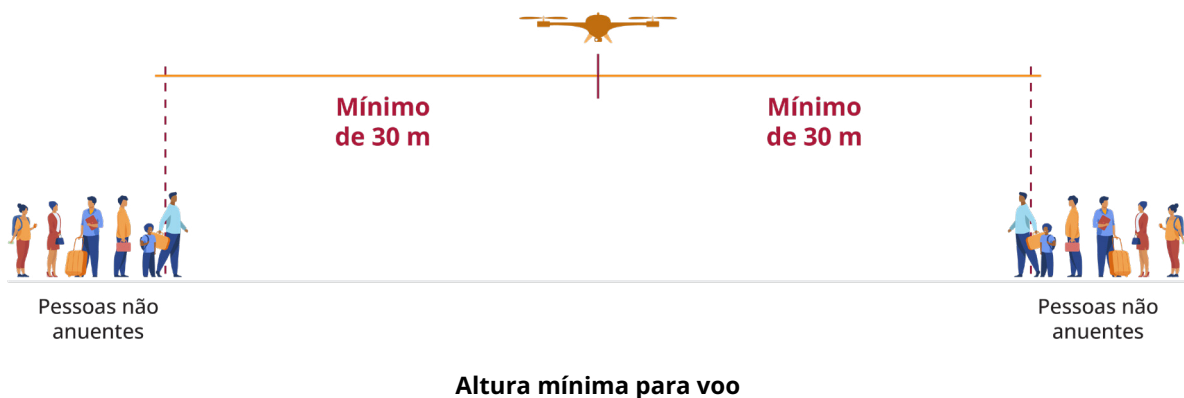
Quando a operação ocorrer até 500 metros de aeródromos cadastrados ou a até 200 metros de estruturas que possuam heliponto, o Operador de RPA deverá apresentar o Termo de Coordenação no momento da solicitação no SARPAS. Quando houver interferência na operação dos demais usuários, o Operador de aeródromo e do Órgão ATS, se houver, ou o Órgão Regional responsável pela Área, poderão estabelecer a necessidade de documentos complementares, conforme item 6.1.13 da ICA 100-40.

### **Voo próximo a pessoas**

Visando preservar a segurança das pessoas não envolvidas e **não anuentes** com a operação, a legislação determina que os voos sejam realizados a uma distância mínima de 30 metros na horizontal.

Essa distância não precisa ser observada caso:

- Haja autorização das pessoas;
- Exista uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes na eventualidade de um acidente;
- O voo seja realizado pelos Órgãos Especiais. Observação: Recomenda-se sempre que possível evitar sobrevoar próximo a pessoas e animais em solo.



Outra prerrogativa do MCA 56-5 é a dispensa de contratação de seguro contra danos a terceiros para operações de aeronaves pertencentes a entidades controladas pelo Estado, as chamadas aeronaves orgânicas.

### **! IMPORTANTE**

A fim de salvaguardar a segurança do Estado, das pessoas e dos operadores, os órgãos envolvidos em uma operação especial são responsáveis por:

- a) adotar medidas internas de prevenção, visando à garantia da segurança da população, de animais e propriedades no solo;

b) estabelecer procedimentos internos padronizados de operação e de segurança de voo;

c) prover meios de coordenação para que os pilotos (operadores) possam realizar suas operações com um nível adequado de segurança; e

d) cumprir e fazer cumprir o previsto no MCA 56-5.

### Voo Próximo à Aviação Agrícola

Voltando às condicionantes operacionais, falaremos sobre aviação agrícola. Como aprendemos, aeronaves tripuladas têm prioridade sobre aeronaves não tripuladas, mas o MCA 56-5 deu importância maior para a aviação agrícola, pois essas aeronaves tripuladas voam em alturas muito baixas, rente às plantações. Ela preconiza que todas as operações previstas na MCA 56-5 devem ser realizadas sem causar interferência nos corredores visuais e nas atividades da aviação agrícola tripulada.



Exemplo de Aviação Agrícola

## **Operação Sobre Áreas de Segurança –**

Item 6.2.5 da ICA 100-40/2023

Devemos também dar total atenção para as operações na proximidade de Áreas de Segurança, como refinarias, plataformas de exploração de petróleo, depósitos de combustível, estabelecimentos penais, áreas militares, sedes de Governos, instalações hidroelétricas, termoeletricas ou nucleares, redes de abastecimento de água ou gás, barragens ou represas, redes de comunicação (por exemplo, sítios de antenas) ou de vigilância da navegação aérea (Por exemplo, radares de vigilância aérea), que se forem danificadas provocarão sério impacto social, econômico, político ou à segurança.

As operações, realizadas pelo responsável pela área de segurança ou em proveito desse, deverão ser solicitadas pelo Explorador/Operador da aeronave, diretamente no SARPAS, com antecedência mínima de 30 min (trinta minutos) em relação ao início da operação pretendida.

As operações dos demais usuários, se autorizadas pelo responsável pela área de segurança, serão analisadas pelo Órgão Regional e deverão ser solicitadas pelo Explorador/Operador da aeronave, diretamente no SARPAS, com antecedência mínima de quatro dias corridos em relação ao início da operação pretendida.



## **DICA**

**Presídios normalmente possuem em funcionamento os chamados bloqueadores de sinal de celular que podem causar interferência na comunicação entre a aeronave e o controle.**



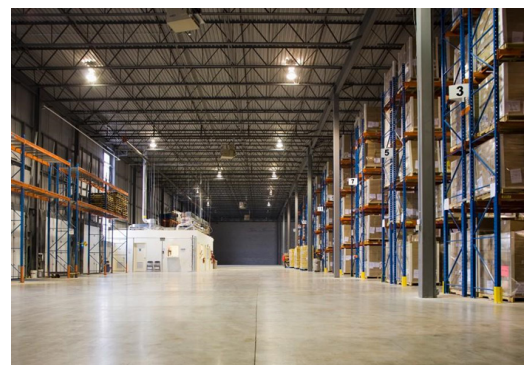
Áreas de Segurança

### Operações Realizadas em Áreas Confinadas

Operação realizada na fachada interna de prédios e construções, mesmo que parcialmente, incluindo ginásios, estádios e arenas a céu aberto até o limite vertical da sua estrutura lateral.

Os voos são de total responsabilidade do proprietário da estrutura ou do locatário do imóvel e deverão estar autorizados pelo mesmo, já que não são considerados “espaços aéreos”, sendo dispensada a solicitação de voo no SARPAS.

No caso de arenas a céu aberto, em que haja a necessidade de a RPA ultrapassar o limite vertical da estrutura lateral da arena, quando aplicável, deverão ser observadas as regras para acesso ao espaço aéreo.



Áreas Confinadas

### Operações no Entorno de Estruturas

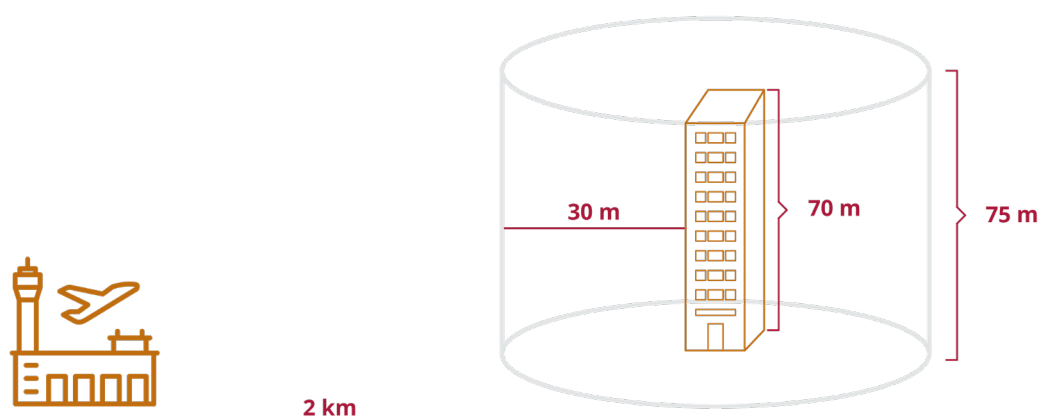
Diferentemente da operação em ambientes confinados que são realizados dentro de estruturas, temos as Operações no Entorno de Estrutura, operações estas realizadas em torno de qualquer estrutura ou obstáculo, quer seja artificial ou natural, limitada verticalmente a 5 m (cinco metros) acima da altura da estrutura ou do obstáculo e afastada horizontalmente até 30 m (trinta metros) deste.

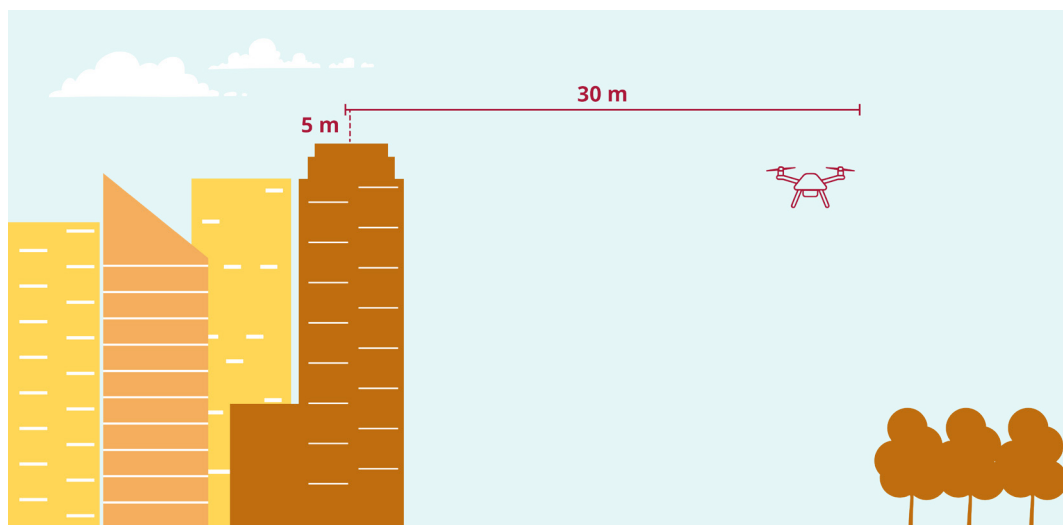
**Atenção:** O limite de 5 metros acima de um prédio é a regra geral. Caso o prédio tenha um heliponto no seu topo, recomenda-se que a altura máxima do RPA não passe de 10 metros ABAIXO do topo da edificação.



### IMPORTANTE

Os voos no entorno de edificações devem ser realizados em observância não apenas da legislação do espaço aéreo, mas também ao direito como um todo. Esse tipo de voo pode resultar em invasão da privacidade e quebra de direito de imagem de pessoas não anuentes se realizado com a câmera voltada para a edificação próxima ou próxima demais ao chão. Mesmo aeronaves orgânicas em voos especiais devem observar tais regras e leis. A Receita Federal do Brasil tem ainda um nível de proteção adicional ao cidadão chamado SIGILO FISCAL que deve ser observado pelo operador que é servidor deste órgão.





**Operações no Entorno de Estruturas**

### **Voo noturno**

Entre o pôr e nascer do sol, ou durante qualquer outro período prescrito pela autoridade competente, todas as aeronaves em voo deverão exibir:

I - luzes anticollisão, cujo objetivo será o de chamar a atenção para a aeronave; e

II - luzes de navegação, cujo objetivo será o de indicar a trajetória relativa da aeronave aos observadores e não serão exibidas outras luzes, caso estas possam ser confundidas com as luzes de navegação.

Para maiores informações consultar a ICA 100-12, luzes a serem exibidas pelas aeronaves.



**Operações no Entorno de Estruturas**

### **Voo de RPA Classe 3 acima de 400 pés e voo em BLVOS**

Esses voos geralmente possuem um risco operacional maior, pois a partir de 400 pés aumenta a possibilidade de compartilhamento do espaço aéreo com aeronaves tripuladas e não há contato visual direto com a RPA, no caso de operação em BVLOS. Por essa razão, recomenda-se que, sempre que possível, as operações sejam realizadas em VLOS ou EVLOS.

A seguir, abordaremos as principais exigências da legislação tanto para o piloto quanto para a aeronave nesses tipos de voo. **Maiores detalhes constam no RBAC e-94, na ICA 100-40 e no MCA 56-5.**

### **Voo acima de 400 ft AGL (aproximadamente 120 m)**

- Solicitação de voo com antecedência mínima de 12 dias corridos ou, especificamente para as Operações das Forças Armadas e da Segurança Pública, estabelecimento de Acordo Operacional PRÉVIO; e
- Segregação do espaço aéreo e emissão de NOTAM e;
- Piloto possuir licença e habilitação da ANAC e;
- Aeronave possuir Certificado de Aeronavegabilidade Especial de RPA – CAER, apresentar informações e alertas relevantes sobre a condição da aeronave para o piloto remoto, possuir capacidade de recuperação de emergências e possuir um sistema adequado de iluminação da aeronave.

### **Voo em BVLOS**

- Solicitação de voo com antecedência mínima de 12 dias corridos ou, especificamente para as Operações das Forças Armadas e da Segurança Pública, poderão ser autorizadas, desde que realizadas em Espaço Aéreo Segregado e estabelecido Acordo Operacional PREVIAMENTE e;
- Aeronave possuir Certificado de Aeronavegabilidade Especial de RPA – CAER e;
- O RPAS apresentar informações e alertas relevantes sobre a condição da aeronave para o piloto remoto, possuir um sistema de navegação com desempenho e confiabilidade suficientes para garantir a segurança da operação, possuir

capacidade de recuperação de emergências e possuir um sistema adequado de iluminação da aeronave e;

- Os procedimentos específicos recomendados pelo fabricante no manual de manutenção sejam cumpridos e;
- A pessoa que executa manutenção seja devidamente treinada e qualificada e;
- Todas as ações de manutenção sejam registradas em cadernetas apropriadas.



## IMPORTANTE

**Antes de realizar um voo em BVLOS e/ou acima de 400 pés ler o RBAC e-94, a ICA 100-40 e o MCA 56-5.**

*Line up and wait!* Vamos seguir para o próximo módulo, mas antes você deverá acessar novamente o comando dado inicialmente (veja se você conseguiu desenvolver todos eles) e, em seguida, realize o exercício proposto.

- Conheci os principais conceitos e definições aplicados aos drones classificados como Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA); e
- Conheci as principais regras de acesso ao espaço aéreo, compreendendo os limites e locais nos quais os voos poderão ser realizados, bem como a necessidade de autorização dos voos pelo DECEA.

Até mais!

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO. **Institucional**. Disponível em: [http://www.anac.gov.br/A\\_Anac/institucional](http://www.anac.gov.br/A_Anac/institucional). Acesso em: 7 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO. **Registro e Certificados**. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/en/drones/registration-and-certificates>. Acesso em: 7 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO. **Regras sobre drones**, 2017. Disponível em: [http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release\\_drone.pdf](http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf). Acesso em: 7 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Ministério da Defesa**. SISANT – Sistemas de aeronaves não tripuladas. Autenticação para cadastro. Disponível em: <https://sistemas.anac.gov.br/sisant>. Acesso em: 25 out. 2021.

BRASIL. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo**. Comando da Aeronáutica. Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas. SARPAS. Disponível em: <http://servicos2.decea.gov.br/sarpas/>. Acesso em: 25 out. 2021

BRASIL. Circular de Informações Aeronáuticas Decea. **AIC-N 24**: Aeronaves Remotamente Pilotadas para uso Exclusivo em Operações dos Órgãos de Segurança Pública, da Defesa Civil e de Fiscalização da Receita Federal. Rio de Janeiro, RJ: Comando da Aeronáutica, 02 de jan. 2018c. 16 p. Disponível em: <https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4615>. Acesso em: 25 out. 2021.

BRASIL. **Portaria nº DECEA nº282/DGCEA, de 22 de dezembro de 2016**. ICA 100-40: Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso Espaço Aéreo Brasileiro. [Brasília], DF: Comando da Aeronáutica, 10 mar. 2017. 55 p. Disponível em: <https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4487>. Acesso em: 01 nov. 2021.

BRASIL. Circular de Informações Aeronáuticas DECEA. **AIC-N 23**: Aeronaves Remotamente Pilotadas para uso em Proveito dos Órgãos Ligados aos Governos Federal, Estadual ou Municipal. Rio de Janeiro, RJ: Comando da Aeronáutica, 02 de jan. 2018b. 16 p. Disponível em: <https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4614>. Acesso em: 25 out. 2021

BRASIL. **RBAC-E nº 94, de 02 de maio de 2017c**. Requisitos Gerais para Aeronaves não Tripuladas de uso Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial. 1. ed. Brasília, DF: ANAC, 3 maio 2017. p. 1-26. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94/@@displayfile/arquivo/norma/RBACE94EMD00.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021.

# 4 Meteorologia e Teoria de Voo

### *Pilot attention! We come back,*

Chegamos ao quarto módulo e como está a sua aprendizagem? Bom, como de costume, vamos aos objetivos de aprendizagem:

1. Entender a relação entre a meteorologia e a operação de drones; e
2. Entender a Teoria de Voo de pequenos drones.

Ao final, voltaremos neste mesmo ponto de partida para saber se os comandos foram obedecidos.

### **Take-off!**

## **Unidade 1: Fenômenos meteorológicos**

A **meteorologia** é a ciência que estuda a atmosfera terrestre, sendo mais conhecida pela previsão do tempo e a climatologia. Podemos definir o tempo como a condição atmosférica em uma determinada região e o clima como um conjunto de condições que afetam essa região, como a temperatura, a umidade, a pressão do ar, a velocidade do vento, o tipo e a quantidade de precipitação e nuvens dispostas. De forma básica, podemos dividir a meteorologia em duas vertentes:

- **Pura** - utilizada no campo de pesquisa atmosférica;
- **Aplicada** - usada para o emprego prático, como na aviação.

Empregada na aviação, o serviço de meteorologia fica a cargo dos órgãos que constituem a rede de Centros e Estações Meteorológicas subordinados ao Comando da Aeronáutica, tendo como destaque o Centro Nacional de Meteorologia Aeronáutica (CNMA). O CNMA tem como finalidade a elaboração de cartas meteorológicas, contendo previsões e outras informações de interesse aeronáutico, sediado no Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA I), em Brasília. Compondo a rede, temos:

■ **Centros Meteorológicos de Vigilância (CMV)**

■ Monitora as condições meteorológicas da área em apoio aos órgãos de Tráfego Aéreo sob responsabilidade do Centro de Controle de Área (ACC);

■ **Centro Meteorológico de Aeródromo (CMA)**

■ Presta serviços e apoio meteorológico a navegação aérea, geralmente localizada em aeródromos;

■ **Centro Meteorológico Militar (CMM)**

■ Prestam apoio específico à aviação voltada a órgãos militares; Além disso, os centros meteorológicos utilizam uma rede de Estações Meteorológicas para consulta dos dados. Essas estações coletam, processam e registram dados de superfície que mais tarde são disponibilizados aos centros para dar apoio à navegação aérea, sendo:

■ **Estação Meteorológica de Superfície (EMS)**

■ Sua finalidade é a coleta e processamento de dados da superfície. Instaladas geralmente em aeródromos, fornecendo dados para as mensagens METAR/SPECI (informes regulares de aeródromo);

■ **Estação Meteorológica de Altitude (EMA)**

■ Responsável pela coleta de dados, de pressão, temperatura, umidade, direção e velocidade do vento, em diversos níveis atmosféricos;

■ **Estação de Radar Meteorológico (ERM)**

■ Busca vigiar as áreas de cobertura dos radares e divulgar as informações obtidas para os Centros Meteorológicos de Vigilância (CMV).

Sendo assim, podemos dividir esse processo de captura e processamento das informações em 5 fases:



Fases do processamento de informações

## 1.2 Fenômenos que afetam o voo dos pequenos drones

Os drones podem suportar temperaturas entre 0 e 40° graus e ventos de até 10 metros por segundo (36 km/h aproximadamente), variando de acordo com o tamanho, resistência e nível de proteção oferecido pelo fabricante. Partindo deste princípio, alguns fenômenos meteorológicos podem afetar a navegação e colocar em risco a aeronave.

### Nevoeiros

São nuvens próximas ao solo que causam redução na visibilidade, até mesmo a perda do contato visual com a aeronave, podendo dificultar ou, até mesmo, inviabilizar certas operações. Consulte as condições de visibilidade durante o planejamento do voo e, caso necessite efetuar voos a longas distâncias, opere em condições climáticas sem nevoeiro.

## Ceiling and Visibility

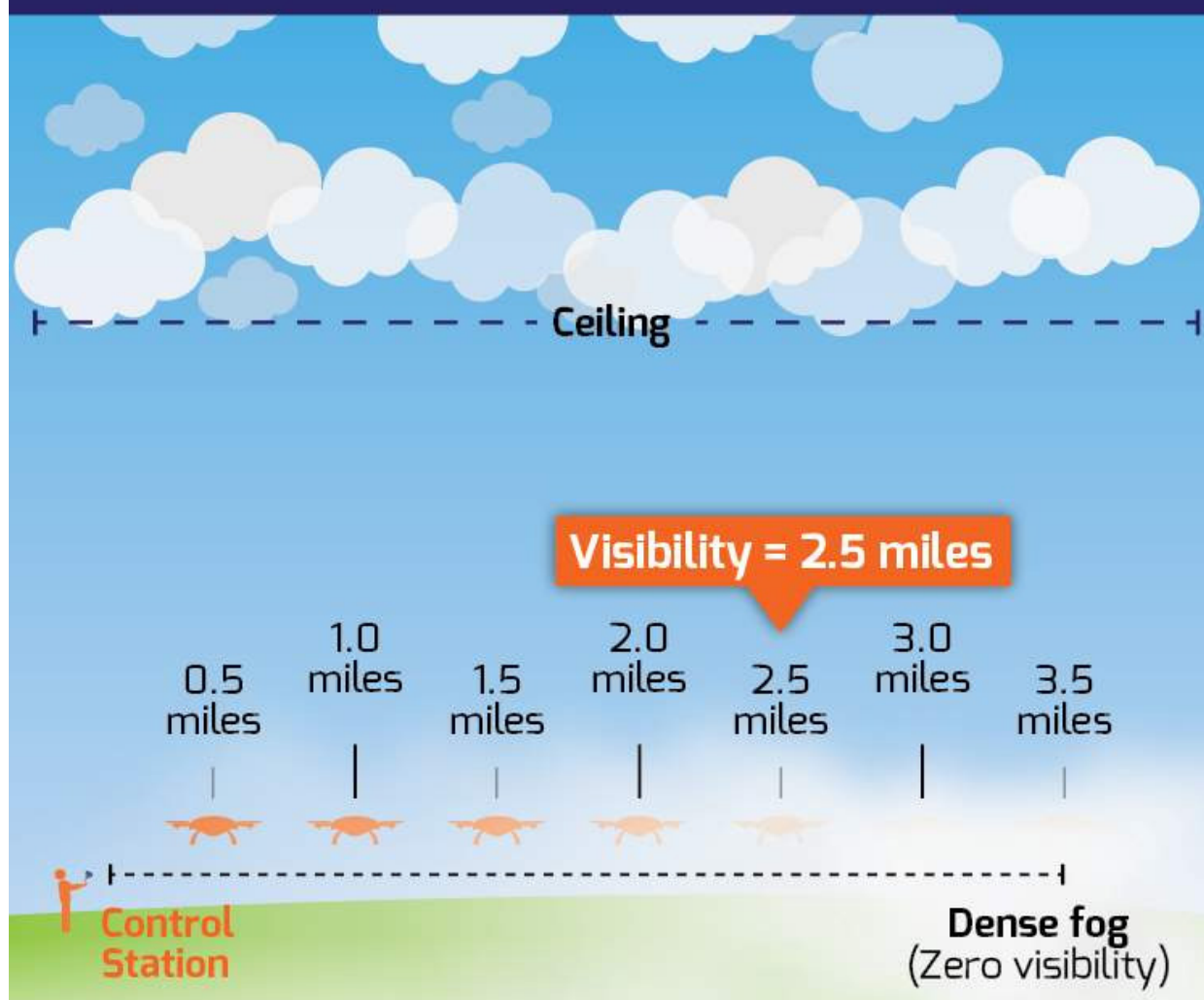


Figura 61: Perda de contato visual com RPA

Fonte: ANAC

### Rajadas de vento

Os drones possuem uma certa tolerância ao vento, geralmente indicada pelo fabricante em seu manual. As rajadas de vento podem variar essa velocidade devido à diferença de pressão entre dois pontos, no qual o ponto de menor resistência desloca o ar de forma acelerada no sentido horizontal. Nunca utilize um drone em condições de vento maiores do que a resistência do equipamento descrito no manual.

### Baixas temperaturas

Comumente os drones utilizam baterias de Lipo e elas não têm um

bom desempenho em climas gelados. Quanto maior o frio, menos a duração da bateria. Aconselha-se a aquecer a bateria pelo menos a 20° antes de iniciar um voo. Este aquecimento pode ser monitorado pelo aplicativo de voo da aeronave.

### **Chuvas e tempestades**

Os drones são fabricados para suportar um certo grau de vento e dependendo da aeronave até mesmo de chuva. Porém, durante uma tempestade, ocorrem diversas variações na velocidade do vento (rajadas) que podem jogar o drone para fora da trajetória planejada. Se possível, não voe drones em condições de chuva, nem mesmo se ele for preparado para suportar essas condições climáticas.

### **Cumulonimbus**

É um tipo de formação de nuvem, considerada a mais perigosa existente. A cumulonimbus possui a capacidade de produzir granizo, raios e trovões, podendo chegar a uma altitude de 12 quilômetros. Na maioria dos casos registrados, o encontro de um drone com esse tipo de nuvem resultou em perda total do equipamento.



**Cumulonimbus**

Fonte: <https://conhecimentocientifico.com/cumulonimbus/>

Primeiro tópico encerrado, agora vamos falar sobre análise meteorológica. Vamos lá!

Intelecto à obra!

## Unidade 2: Análise meteorológica

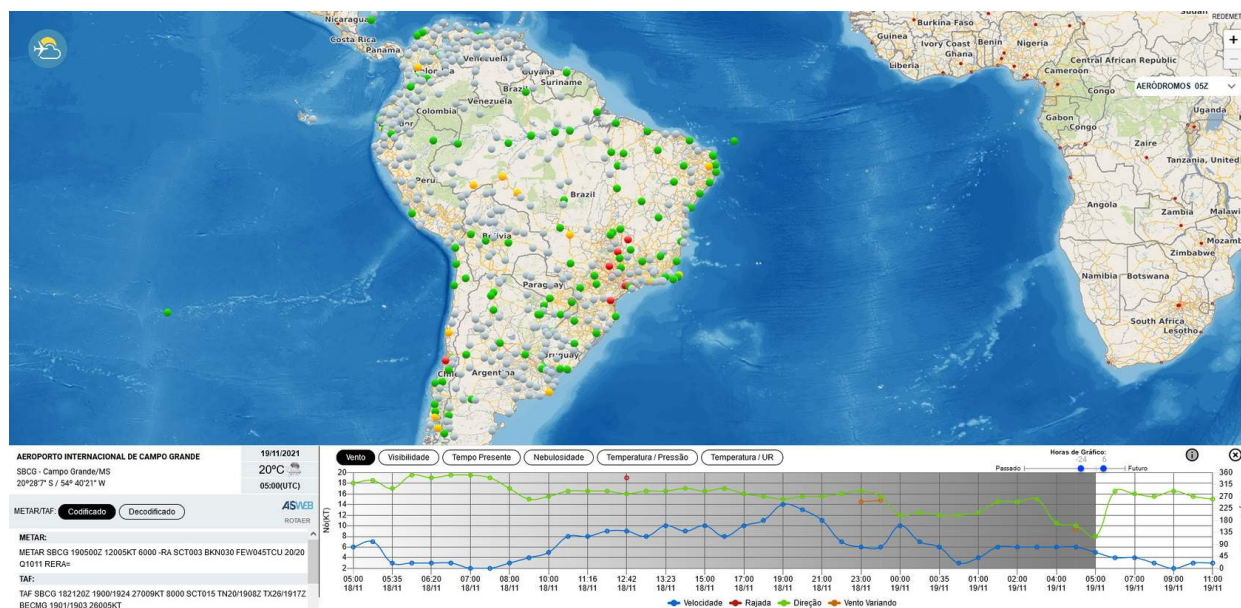
### 2.1 Consulta, previsão e observação meteorológica; sites e aplicativos recomendados

Neste tópico, vamos apresentar uma lista de sites que devem ser usados para consultas, previsões e observações meteorológicas:

#### Redemet

Buscando tornar o acesso às informações meteorológicas mais eficaz e seguro, a Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET) integra os produtos meteorológicos voltados à aviação civil e militar reunidos em uma só plataforma.

Você pode acessar o site, clicando aqui: <https://www.redemet.aer.mil.br/>.



REDEMET

Fonte: [www.redemet.aer.mil.br](http://www.redemet.aer.mil.br)

#### UAV forecast

Podendo ser consultado pela plataforma web ou pelo aplicativo de celular, o UAV forecast é uma das ferramentas mais utilizadas atualmente pelos operadores remotos devido à sua gama de informações disponíveis, como áreas restritas a voo, variação da velocidade do vento conforme altura da aeronave, previsão de chuvas, entre outros. Pode ser utilizado de forma gratuita com algumas limitações ou por assinatura.



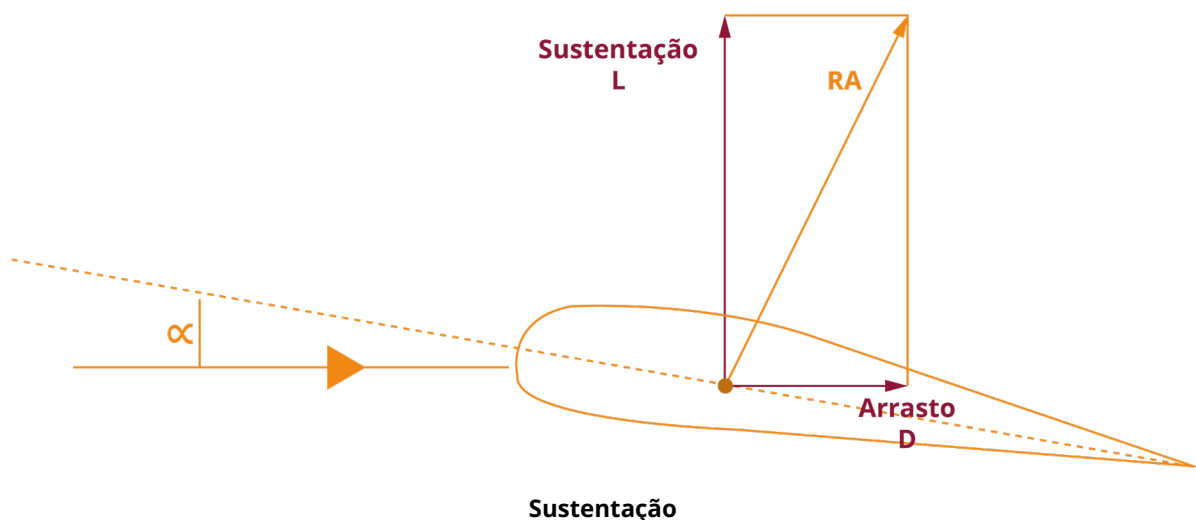
Ainda se pode recorrer a plataformas, como o Clima Tempo, Simepar, Accuweather, entre outras. Contudo, essas ferramentas são mais aplicáveis à aviação devido à quantidade de informações disponíveis para consulta.

## Unidade 3: Aerodinâmica do quadricóptero

### 3.1 Sustentação, Derrapagem e Arrasto

#### Sustentação

A sustentação dos drones parte do seu princípio de construção; no caso de um drone de asa fixa, o que pode ser levado em conta é a sua aerodinâmica; no caso de um drone multirrotor, o que mantém a sustentabilidade de voo é o movimento rotacional das hélices. A sustentação resulta da aplicação de sua aerodinâmica perpendicular ao vento relativo, criando uma força a partir do diferencial de pressão entre o intradorso e o extradorso de suas hélices ou asas, tendendo a empurrar a aeronave para cima.



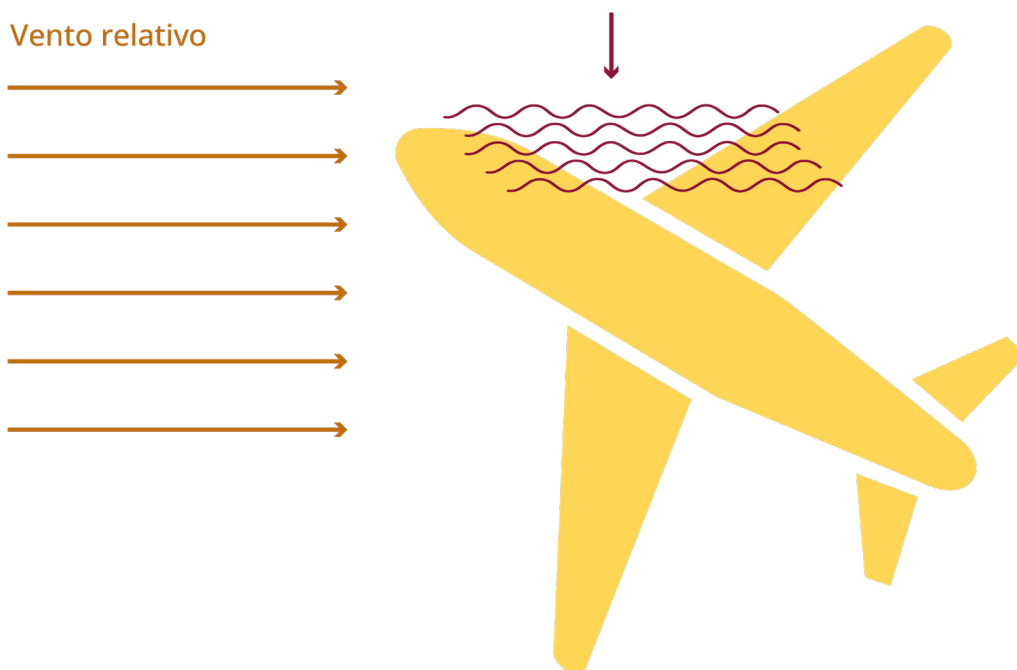
Fonte: <http://blog.hangar33.com.br/os-principios-da-aerodinamica-do-vo/>

#### Derrapagem

Por base, uma aeronave mantém seu voo reto nivelado, com sua cauda alinhada à fuselagem. Dependendo da força aplicada pelo piloto ao leme, a aeronave poderá glissar, causando o efeito de derrapagem. Este efeito ocorre comumente em aeronaves de asa fixa, sendo raros os casos ocorridos em drones multirrotor.

Podemos definir como arrasto a força perpendicular ao vento relativo provocada pelo ar jogado pelos rotores no sentido de cima para baixo indo de encontro a fuselagem do drone. Este fenômeno ocorre basicamente pela resistência existente no ar, podendo ser causado de forma induzida ou parasita. Na induzida, partimos do princípio de que a força na parte inferior da asa é maior que a superior. Dessa forma, ocorre um turbilhonamento do escoamento de ar na ponta da asa, gerando a sustentação da aeronave.

Vento relativo

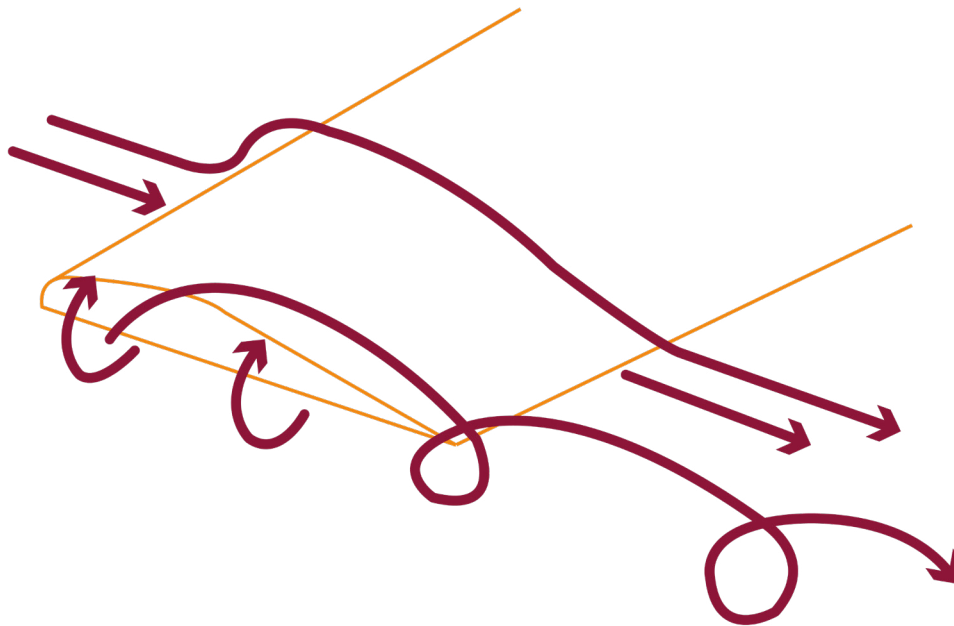


**Glissada**

Fonte: <http://www.av8n.com/how/htm/snaps.html#sec-skids>

## Arrasto

Podemos definir como arrasto a força perpendicular ao vento relativo provocada pelo ar jogado pelos rotores no sentido de cima para baixo indo de encontro a fuselagem do drone. Este fenômeno ocorre basicamente pela resistência existente no ar, podendo ser causado de forma induzida ou parasita. Na induzida, partimos do princípio de que a força na parte inferior da asa é maior que a superior. Dessa forma, ocorre um turbilhonamento do escoamento de ar na ponta da asa, gerando a sustentação da aeronave.



#### **Arrasto Induzido**

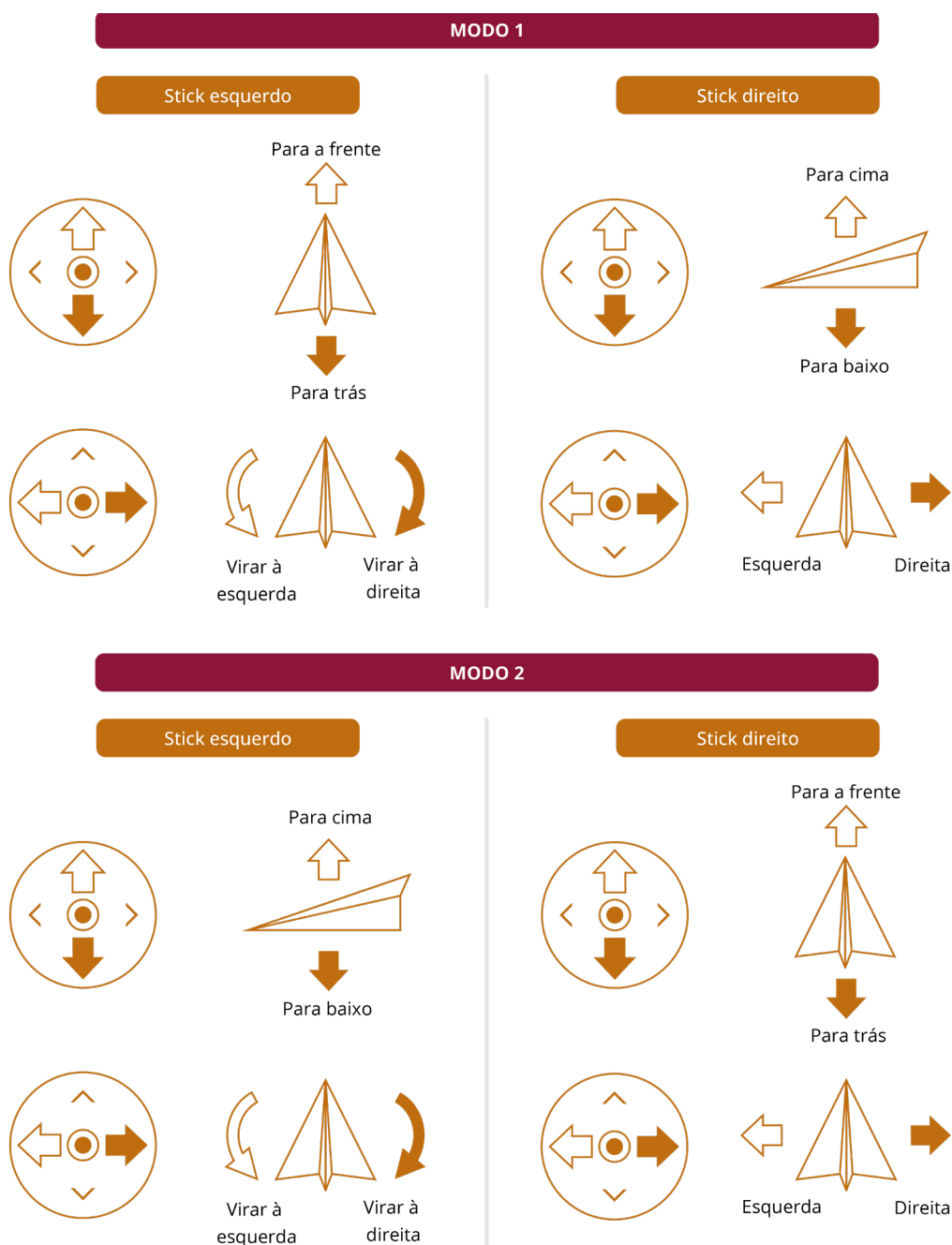
Fonte: <http://blog.hangar33.com.br/conheca-mais-uma-forca-aerodinamica-que-permite-uma-aeronave-alcar-voos/>

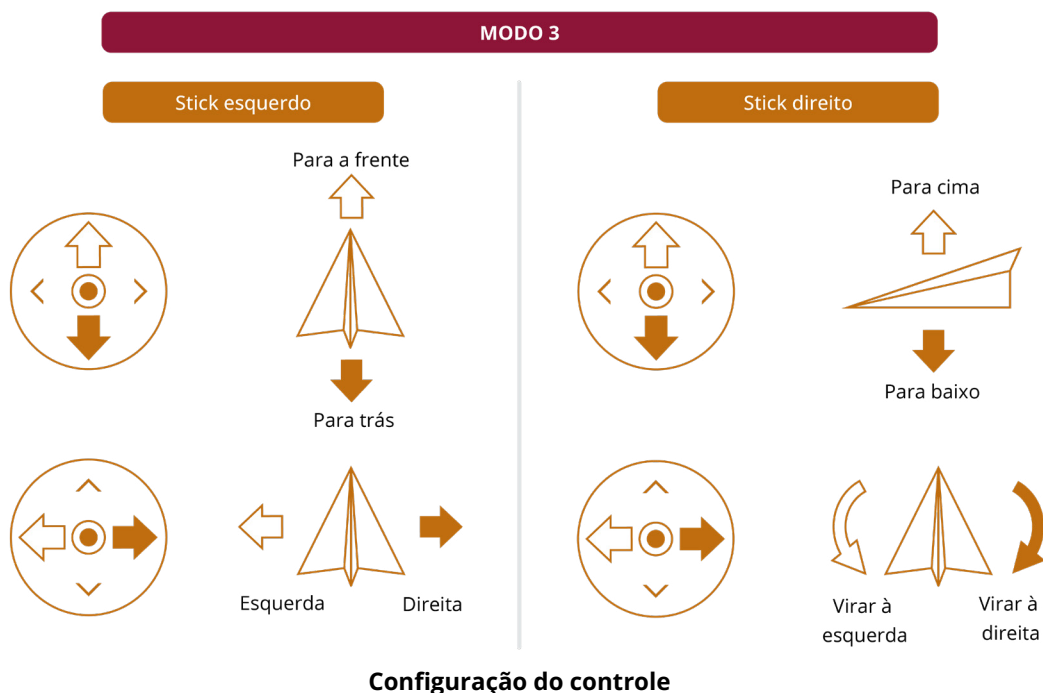
Já o arrasto parasita ocorre pelo total do arrasto que não está ligado à sustentação da aeronave, sendo produzido por uma área plana equivalente perpendicular ao vento.

## Unidade 4: Controles, modos de voo de drones

### 4.1 Controles, posições de pilotagem e cuidados

No geral, os drones atualmente possuem o mesmo princípio de funcionamento, contudo, podem ser configurados de acordo com a necessidade de cada piloto. As configurações dos controles são divididas em layouts que podem ser configurados a partir do aplicativo de voo do fabricante.



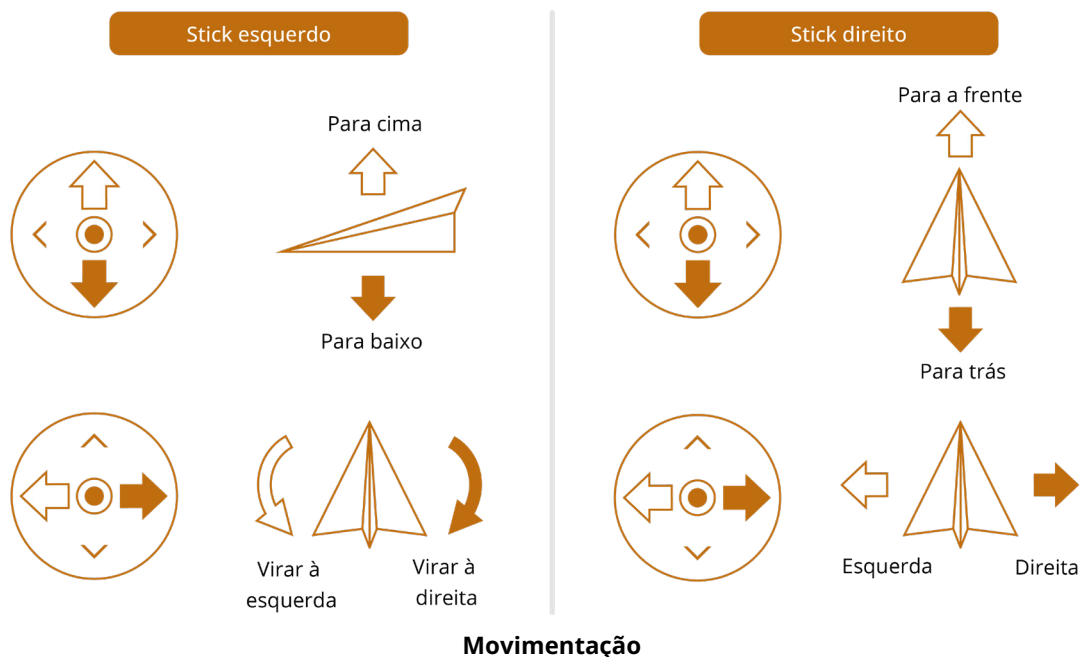


Fonte: [https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic\\_2\\_Enterprise\\_Advanced/Mavic\\_2\\_Enterprise\\_Advanced\\_Quick\\_Start\\_Guide.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic_2_Enterprise_Advanced/Mavic_2_Enterprise_Advanced_Quick_Start_Guide.pdf)

Ainda existe um modo **Custom** para que o piloto configure da forma que mais atender a sua necessidade. Porém, a configuração mais utilizada é a 02, sendo a configuração de fábrica do drone.

**Os comandos a seguir serão baseados no modo 02 de configuração do controle. O modo 02 é utilizado pela maioria dos fabricantes atualmente.**

Os RPAs se movimentam a partir de comandos que o piloto efetua no controle utilizando os joysticks. O stick esquerdo é responsável pelo movimento de rotação, subida e descida da aeronave e o stick direito movimenta o drone para frente, para trás e para as laterais. Estes comandos podem ser combinados possibilitando manobrar a aeronave de forma correta.



**Movimentação**

Fonte: [https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic\\_2\\_Enterprise\\_Advanced/Mavic\\_2\\_Enterprise\\_Advanced\\_Quick\\_Start\\_Guide.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic_2_Enterprise_Advanced/Mavic_2_Enterprise_Advanced_Quick_Start_Guide.pdf)

Os pontos cruciais para a pilotagem de um drone são a decolagem e o pouso. Certifique-se sempre de efetuar esse procedimento em local adequado e com o espaço suficiente para efetuar as manobras necessárias.

Um dos comandos iniciais a serem executados é a partida dos motores. Utilizando o controle, deve-se colocar os dois joysticks ao centro e para baixo ou separando até as extremidades. Dessa forma, os motores dos drones ligam.



**Acionamento dos motores**

Fonte: [https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic\\_2\\_Enterprise\\_Advanced/Mavic\\_2\\_Enterprise\\_Advanced\\_Quick\\_Start\\_Guide.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic_2_Enterprise_Advanced/Mavic_2_Enterprise_Advanced_Quick_Start_Guide.pdf)

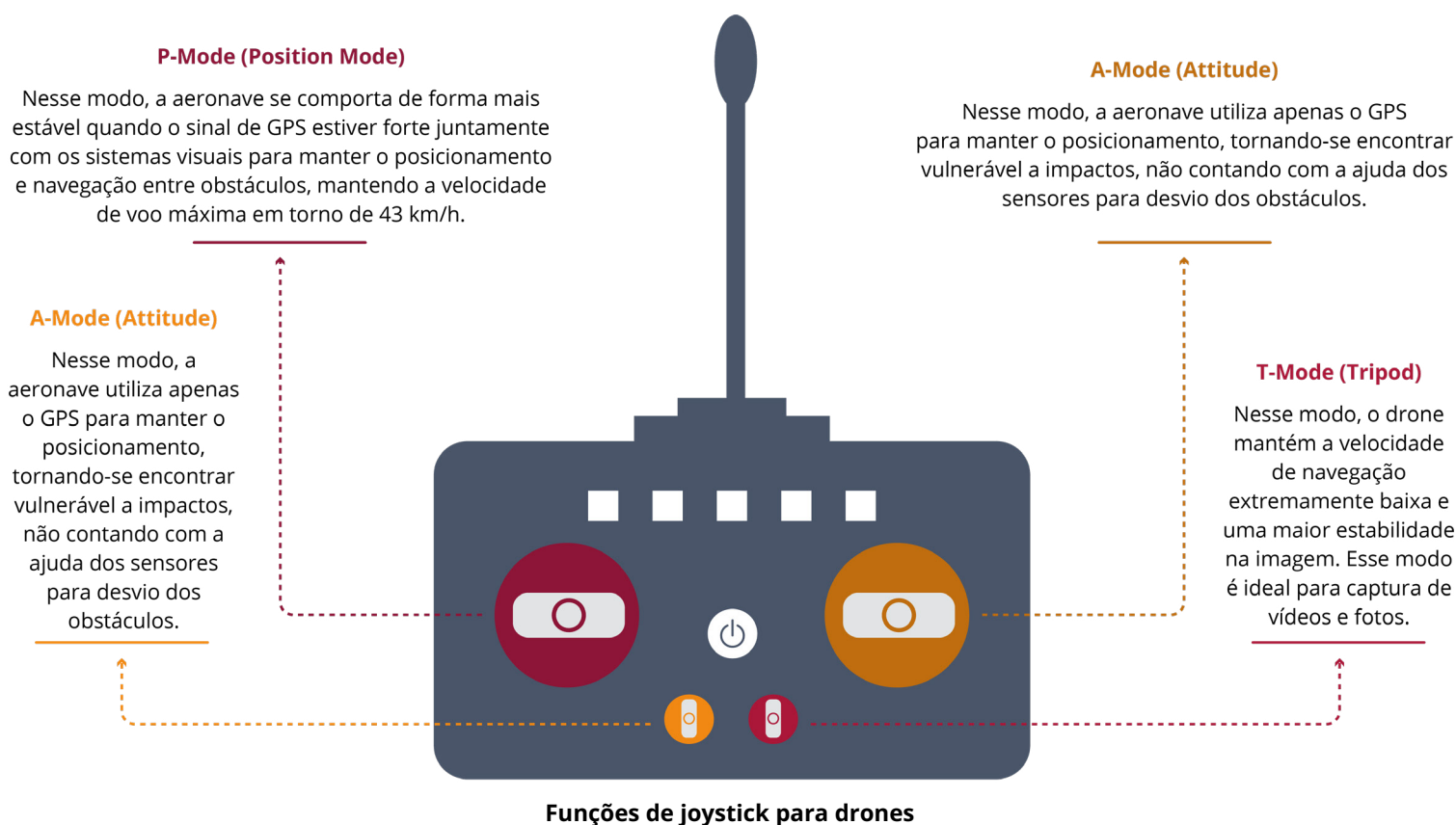
É importante ter atenção durante a partida dos motores e aguardar alguns segundos até que a rotação estabilize. Isso evita que a aeronave decole de forma errônea e converte a vida útil dos componentes responsáveis pela propulsão do equipamento. Após esse procedimento, podemos efetuar a decolagem, colocando o joystick esquerdo para cima,

por questões de boas práticas, recomenda-se subir a aeronave a altura de 1 metro e verificar o comportamento dela por alguns segundos. Em caso de mau funcionamento, pouse o equipamento imediatamente, segurando o joystick esquerdo para baixo. Ao tocar o solo, continue segurando o joystick até os motores desligarem.

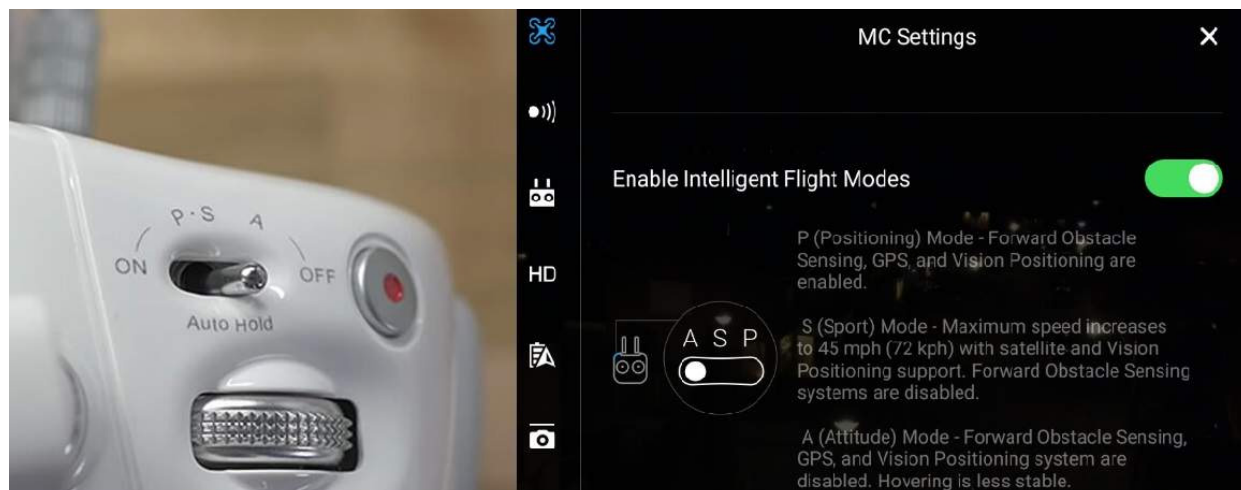
**Um voo de drone baseia-se na associação dos comandos descritos acima com as habilidades e o domínio do operador em executá-los. Um dos movimentos mais utilizados é a associação do comando “para frente” com o comando de rotação no sentido desejado, permitindo que o equipamento execute uma trajetória contínua, sem interrupções para realizar uma mudança de direção.**

Outro fator são os modos de voo oferecidos pelo equipamento. Cada modo de voo oferece uma característica específica para a navegação da aeronave, ficando a cargo do piloto, a utilização, conforme melhor lhe atender.

Veja como funciona algumas operações do joystick para drones:



Os modos de voo podem ser alterados pelo controle ou por meio do aplicativo de voo fornecido pelo fabricante. O modo T e o modo A podem variar de acordo com o modelo de drone a ser utilizado.



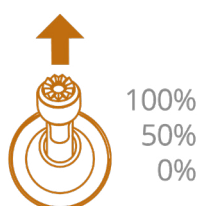
#### Modos de Voo

Foto: Alessandro Rodrigues Pinheiro

Com os sensores de obstáculos desativados, o piloto deve manter a atenção redobrada a possíveis obstáculos que venham encontrar. A velocidade da aeronave pode variar de acordo com o modelo e com o fabricante.

## 4.2 Dicas de operação, economia de energia e eficiência

Todos os comandos efetuados pelo piloto junto ao controle ocorrem de maneira proporcional ao deslocamento dos joysticks, portanto, um pequeno movimento nos joysticks gera um movimento suave do drone na direção desejada, assim como um grande deslocamento do joystick gera um deslocamento em maior velocidade. Trabalhar com o equipamento na sua rotação máxima ocasiona um maior desgaste dos componentes, diminuindo a vida útil dele.



#### Potencial de aceleração

Fonte: [https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic\\_2\\_Enterprise\\_Advanced/Mavic\\_2\\_Enterprise\\_Advanced\\_Quick\\_Start\\_Guide.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/Mavic_2_Enterprise_Advanced/Mavic_2_Enterprise_Advanced_Quick_Start_Guide.pdf)

*Line up and wait!* Você terminou mais um módulo e seguimos para o quinto módulo. Retome agora os objetivos de aprendizagem e veja se conseguiu alcançá-los.

- Entendi a relação entre a meteorologia e a operação de drones; e
- Entendi a Teoria de Voo de pequenos drones.

Agora, vamos testar seus conhecimentos? Feche esta página de conteúdo e acesse o exercício avaliativo que está disponível no ambiente virtual.

Intelecto à obra!

## Referências

**Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)** - Drones e a Meteorologia. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/seguranca-operacional/meteorologia-aeronautica/assuntos-relacionados/drones-e-a-meteorologia>. Acesso em: 08 de nov. 2021.

Denker, John S.. See How It Flies (em inglês). Disponível em: <https://falcon.blu3wolf.com/Docs/See-How-It-Flies-Book.pdf>. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

HOUZE, Robert A., Jr . Cloud Dynamics (em inglês). [S./l.]: Academic Press, 1993. Acesso em: 08 de nov. 2021.

NASA Glenn Research Center - What is Lift? (em inglês). Acesso em: 12 nov 2021.

PRINCÍPIOS, Performance e Planejamento de Voo - Apostila UNISUL, 2013 - Acesso em: 12 nov 021.

# 5 Segurança de Voo

**Atenção, pilotos! Estamos de volta para mais um Módulo.**

Chegamos ao quinto módulo da nossa jornada, este é o momento de fazer uma breve pausa e refletir: como está a sua aprendizagem até agora? Lembre-se de que cada etapa é essencial para que você avance com confiança e segurança. Agora, como é tradição, vamos revisar os objetivos de aprendizagem deste módulo:

1. Compreender os aspectos relacionados à segurança da operação de drones.

Neste módulo, você será desafiado a aprofundar seus conhecimentos sobre a segurança operacional dos drones, garantindo que todas as suas futuras missões sejam conduzidas com máxima eficiência e responsabilidade.

Ao final deste módulo, voltaremos a este ponto para verificar se você cumpriu todos os comandos e alcançou os objetivos traçados. A segurança está em suas mãos!

Prepare-se, pois estamos prontos para decolar novamente.

### **Take-off!**

O nosso primeiro passo é entender toda a história por trás dos mecanismos para um drone poder funcionar plenamente. Okay, okay! Não dá para decorar tudo de uma única vez, mas senta que lá vem a história... e muita história!

## **Unidade 1: O Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER)**

### **1.1 O que é o SIPAER?**

O Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) tem como objetivo o planejamento, a coordenação, a orientação, o controle e a execução de atividades preventivas e investigativas sendo um dos sistemas de infraestrutura aeronáuticos, possuindo duas funções administrativas em seu escopo:

- Atividades de prevenção: aplicando regras de orientação para a prevenção de acidentes aéreos;
- Atividades de investigação: efetuando a investigação de acidente com o objetivo de mitigar falhas futuras.

O SIPAER possui princípios próprios formando um ecossistema jurídico para tomada de decisões, buscando evitar perdas de vidas e de materiais decorrentes de acidentes aeronáuticos.

## 1.2 Princípios do SIPAER

No infográfico abaixo, você verá os princípios do SIPAER:



Princípios do SIPAER

## Unidade 2: Fatores relacionados a acidentes com drones

Considerando o atual crescimento no número de aeronaves remotamente pilotadas, utilizando o espaço aéreo comumente usado por aeronaves tripuladas, surge a real necessidade do regramento para o correto emprego de tais equipamentos, buscando mitigar possíveis acidentes que venham a acontecer.

É fato que, desde o seu surgimento, os drones têm sido destaque em notícias voltadas aos incidentes, como invasão do espaço aéreo restrito de aeroportos, helipontos e áreas militares ou de segurança nacional. Um exemplo recente foi de um avião Boeing Co. 737 da empresa Aeromexico, que colidiu com um drone durante a aterrissagem no aeroporto de Tijuana, México. Aparentemente, o drone teria invadido o espaço aéreo da região do aeroporto, sendo tal atitude de total responsabilidade do piloto remoto do drone.



**Colisão com drone**

Fonte: <https://mundoconectado.com.br/noticias/v/7796/aviao-boeing-737-sofre-danos-durante-o-voo-em-possivel-batida-com-drone>

## 2.1 Mitigação dos principais fatores relacionados a acidentes com drones

Como dito anteriormente, toda e quaisquer responsabilidades sobre a operação de um drone é totalmente do piloto remoto, e garantir a segurança do espaço aéreo é primordial.

**É importante seguir as regras de voo! Respeitar a altura máxima de voo, manter o drone no campo de visão, não invadir áreas restritas ou proibidas por legislação são apenas alguns dos fatores que contribuem para a segurança do espaço aéreo.**

Manter a manutenção em dia – baterias em más condições, sistema de navegação com falhas, falta de atualização de firmware softwares em geral são algumas das causas mais comuns encontradas em drones, falhas estas que dependendo da situação podem ocasionar graves acidentes.

É preciso pilotar com responsabilidade, pois, na maioria dos casos de acidentes, noticiados envolvendo drones, o principal fator é a falha humana, dentre estas falhas estão:

1. ignorar avisos acerca da falha nos sistemas de navegação da aeronave;
2. planejamento de voo inadequado para o local a ser sobrevoado;
3. operar em situação de fadiga;
4. falta de conhecimento a respeito do equipamento que está operando.

## Unidade 3: Avaliação de Risco Operacional

Exigido de forma obrigatória pela ANAC, a Avaliação de Risco Operacional (ARO) é um procedimento de suma importância para a realização dos voos com RPAs, sendo extremamente necessária para a segurança do tráfego.

### 3.1 S ANAC 93-001, Confecção e arquivo de ARO

Buscando esclarecer e orientar os requisitos quanto ao fluxo de informações, competências, responsabilidades, aplicação, elaboração de procedimentos regulamentares, além dos requisitos de registro e controle em cumprimento das Diretrizes de Aeronavegabilidade (DA), a Instrução Suplementar (IS 39-001) ANAC incorpora os devidos assuntos a RBAC 39 (Regulamento Brasileiro de Aviação).

**Uma Diretriz de Aeronavegabilidade é um documento emitido pela autoridade de aviação do país, no caso do Brasil, a ANAC, sendo de cumprimento de seus requisitos de forma obrigatória por qualquer operador de aviação civil.**

Tais diretrizes contêm ações com o objetivo de restaurar o nível aceitável de segurança operacional, sendo de cumprimento obrigatório e aplicáveis a quaisquer aeronaves com marcas de nacionalidade e matrícula brasileiras, ou a quaisquer componentes que venham a ser empregados em tais produtos aeronáuticos quando a ANAC determinar que o nível de segurança operacional possa estar comprometido, partindo geralmente de **três princípios**:



Cada aeronave ou componente possui um documento intitulado certificado de tipo, geralmente emitido pelo fabricante, afirmando que a aeronave ou componente está “de acordo” com as especificações previstas sob a autoridade responsável e fica responsável pela emissão de anúncios relacionados a essa aeronave e os componentes nela presentes, ou seja, supondo que uma companhia aérea brasileira esteja utilizando uma aeronave Embraer 170 (fabricação e certificado brasileiro), com motores GE (General Electric — fabricação e certificação dos motores americana), a companhia tem a obrigação de monitorar as diretrizes determinadas pela ANAC (por ser uma companhia brasileira), e as diretrizes emitidas pela FAA (Federal Aviation Administration — órgão regulamentador da aviação civil americana, igualmente a ANAC no Brasil), responsável por emitir as diretrizes dos motores GE de fabricação americana. Caso a fabricante de alguma das partes venha a falir ou desligar-se por algum motivo, o órgão regulamentador pela aviação civil do país fica responsável pela emissão dessas diretrizes enquanto a aeronave ou componente estiver em operação.

A implementação de tais diretrizes parte do interesse das companhias aéreas, que devem monitorar constantemente quaisquer mudanças por meio dos sites dos órgãos regulamentadores do país de origem da aeronave ou componente. A compreensão de tais documentos é de extrema importância para a segurança do voo.

Seguindo adiante, toda e quaisquer atividades utilizando RPAs que se enquadrem nas normativas vigentes pela ANAC devem possuir uma Análise de Risco Operacional (ARO), seguindo o processo de elaboração e modelo previstos na IS E94-003. Tal procedimento se torna indispensável, servindo para mitigar possíveis transtornos que possam vir a acontecer durante a operação ou até evitar acidentes durante o voo, sendo necessário a elaboração do mesmo a cada operação a ser executada pelo piloto.

Por base, o documento deve conter:

#### **Nível de Perigo**

Condição, atividade ou objeto com potencial para causar lesões ou danos a terceiros ou bens (equipamentos ou estruturas), assim como a perda ou redução de habilidade pessoal para desempenho da atividade;

#### **Probabilidade**

Frequência em que pode ocorrer o incidente, podendo ser classificado em 5 níveis:

- **Nível 05** — Frequentemente: ocorre repetidamente;
- **Nível 04** — Ocasionalmente: ocorre algumas vezes;
- **Nível 03** — Remoto: ocorre raramente;
- **Nível 02** — Improvável: praticamente não ocorre;
- **Nível 01** — Muito improvável: é quase impossível ocorrer.

## Severidade

Nível de consequência ocasionado por um evento, levando em conta o pior cenário possível, sendo eles:

- **Nível A** — Catastrófico: ocasiona a morte de múltiplas pessoas;
- **Nível B** — Crítico: ocasiona lesões gravíssimas, amputações ou a morte de uma pessoa;
- **Nível C** — Significativo: ocasiona sérias lesões às pessoas, podendo deixar sequelas significativas;
- **Nível D** — Pequeno: lesões leves com pequenos danos a animais, objetos ou vegetação;
- **Nível E** — Insignificante: apenas danos ao equipamento.

## Risco

Definido pela probabilidade e severidade, significa a avaliação das consequências, sendo definido em extremo, alto risco, moderado, baixo risco e muito baixo.

## Tolerabilidade

Definido como o grau de aceitação em resultado a avaliação de risco, sendo estabelecida pelo operador. A tolerabilidade em alguns casos pode depender do nível hierárquico da operação, sendo definida por um superior ou responsável acima do operador.

		Severidade					
		Catastrófico	Crítico	Significativo	Pequeno	Insignificante	
		A	B	C	D	E	
Probabilidade	Frequente	5	5A	5B	5C	5D	5E
	Ocasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
	Remoto	3	3A	3B	3C	3D	3E
	Improvável	2	2A	2B	2C	2D	2E
	Muito improvável	1	1A	1B	1C	1D	1E

Supondo que o resultado da avaliação seja 3C, podemos definir um risco moderado e a operação deve ocorrer com controles preventivos, buscando mitigar os riscos da atividade.

Além disso, a ARO deve conter os dados do operador, equipamento, além das legislações a serem aplicadas pelos órgãos regulamentadores (ANAC, DECEA, ANATEL), por exemplo, se a operação se enquadra a MCA 56-4 ou ICA 100-40, se é necessário observar durante a operação entre outros.

**A confecção e o arquivamento das AROs utilizadas pelos operadores da Receita Federal do Brasil, são de responsabilidade de cada unidade, assim como quaisquer documentações auxiliares que sejam necessárias. A COREP é somente responsável pelo cadastro na ANAC, DECEA, ANATEL, além de habilitação de operador.**

Para um melhor esclarecimento, o vídeo a seguir demonstra o correto preenchimento da ARO.

## VÍDEO

**“Avaliação de risco operacional”**

**<https://www.youtube.com/watch?v=8WR24aiEN94>**

**Fonte: Thiago Cicogna**

**Duração: 7 minutos.**

## SAIBA MAIS

**IS E94-003 estabelece os procedimentos para elaboração assim como o modelo de ARO a ser utilizado, sendo obrigatória para todo operador o conhecimento desta instrução. Para acessar, [clique aqui](#).**

***Line up and wait!*** Antes de avançarmos para o próximo módulo, retome o comando inicial e verifique se você conseguiu desenvolver todas as atividades propostas. Em seguida, conclua o exercício indicado.

- Familiarizar-se com os principais conceitos e definições relacionados aos drones classificados como Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA);
- Compreender as regras essenciais de acesso ao espaço aéreo, incluindo os limites e áreas permitidas para voos, além da necessidade de obter autorização do DECEA.

Até breve!

## Referências

ANAC. **Instrução suplementar N° E94-003**. Disponível em: [https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-e94-003/@@display-file/arquivo\\_norma/ISE94-003A%20-%20Retificada.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-e94-003/@@display-file/arquivo_norma/ISE94-003A%20-%20Retificada.pdf). Acesso em: 01 nov. 2021.

AMÂNCIO, Daniel Barbosa. **A proliferação dos drones e a investigação de acidentes deste segmento**. Disponível em: <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/675>. Acesso em: 01 nov. 2021.

HONORATO, Marcelo. A crise da legalidade no sistema de prevenção de acidentes aeronáuticos. Brasília: **Revista Conexão SIPAER**, v.3, n.1, nov. 2011. Disponível em: [https://www.jfpe.jus.br/images/stories/docs\\_pdf/biblioteca/artigos\\_periodicos/MarceloHonorato/Osprincipiosjuridicos\\_revTRF5\\_n100\\_2012.pdf](https://www.jfpe.jus.br/images/stories/docs_pdf/biblioteca/artigos_periodicos/MarceloHonorato/Osprincipiosjuridicos_revTRF5_n100_2012.pdf). Acesso em: 01 nov. 2021.

# 6 Operação segura e eficiente de drones

**Atenção, pilotos!** Estamos avançando e quase finalizando.

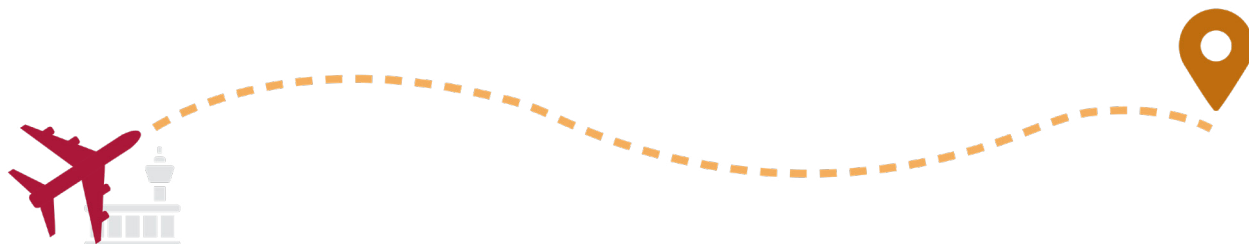
Você está prestes a embarcar no Módulo 6 da nossa jornada, onde levaremos sua experiência operacional com drones a um novo patamar. Até aqui, você aprendeu e compreendeu conceitos fundamentais, mas agora é a hora de colocar tudo isso em prática de forma segura e eficiente. Vamos para o objetivo de aprendizagem deste módulo:

1. Aplicar formas seguras e eficientes de operação de drones;
2. Neste módulo, você será guiado por estratégias e técnicas que garantirão operações de drones com máxima segurança e eficiência. O foco estará em como planejar e executar cada voo com precisão, minimizando riscos e garantindo o sucesso de suas missões ;
3. Ao final, revisaremos suas práticas para confirmar que as operações foram realizadas com a segurança e a eficiência necessárias. Seu progresso até agora foi notável, mas o verdadeiro teste começa agora.

Prepare-se para decolar com excelência!

### Take-off!

Mantenha sempre um passo a passo dos procedimentos necessários para a operação da sua aeronave. Isso garante uma melhor performance de voo, além de mitigar possíveis falhas que venham a ocorrer durante a navegação.



## Unidade 1: Pré-Voo, voo e pós-voo

### 1.1 Dicas práticas de preparação e operação

Muitos dos acidentes envolvendo drones ocorrem devido à falta de atenção durante o planejamento do voo. Boas práticas garantem maior segurança de voo, além de evitar possíveis acidentes devido a falhas mecânicas. Tendo isso em mente, podemos nos basear em alguns simples passos:

#### Caption Antes do voo

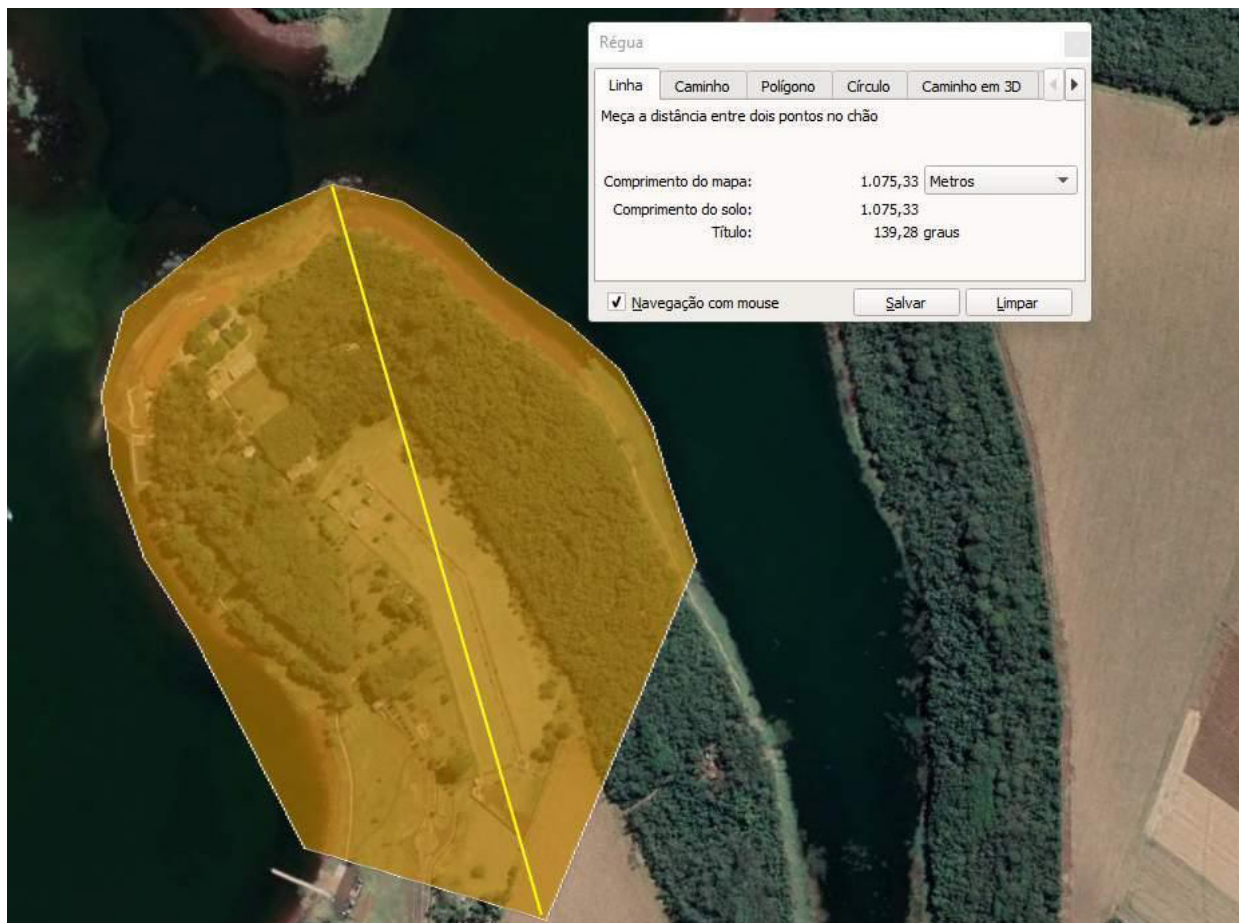
Mantenha a documentação necessária para voo sempre em mãos, verificando todas as permissões necessárias para efetuar o voo no local desejado. Caso esteja viajando para outro país, busque conhecer a legislação local. Em caso de dúvidas, consulte o site [droneregulations.info](https://www.droneregulations.info) e verifique a legislação de cada país de forma atualizada.



#### Drone regulations

Fonte: <https://www.droneregulations.info/>

Faça o planejamento de voo de acordo com as limitações de seu equipamento. Uma boa dica é utilizar ferramentas, como o Google Earth, para o planejamento da missão, verificando relevos e demais condições do terreno.

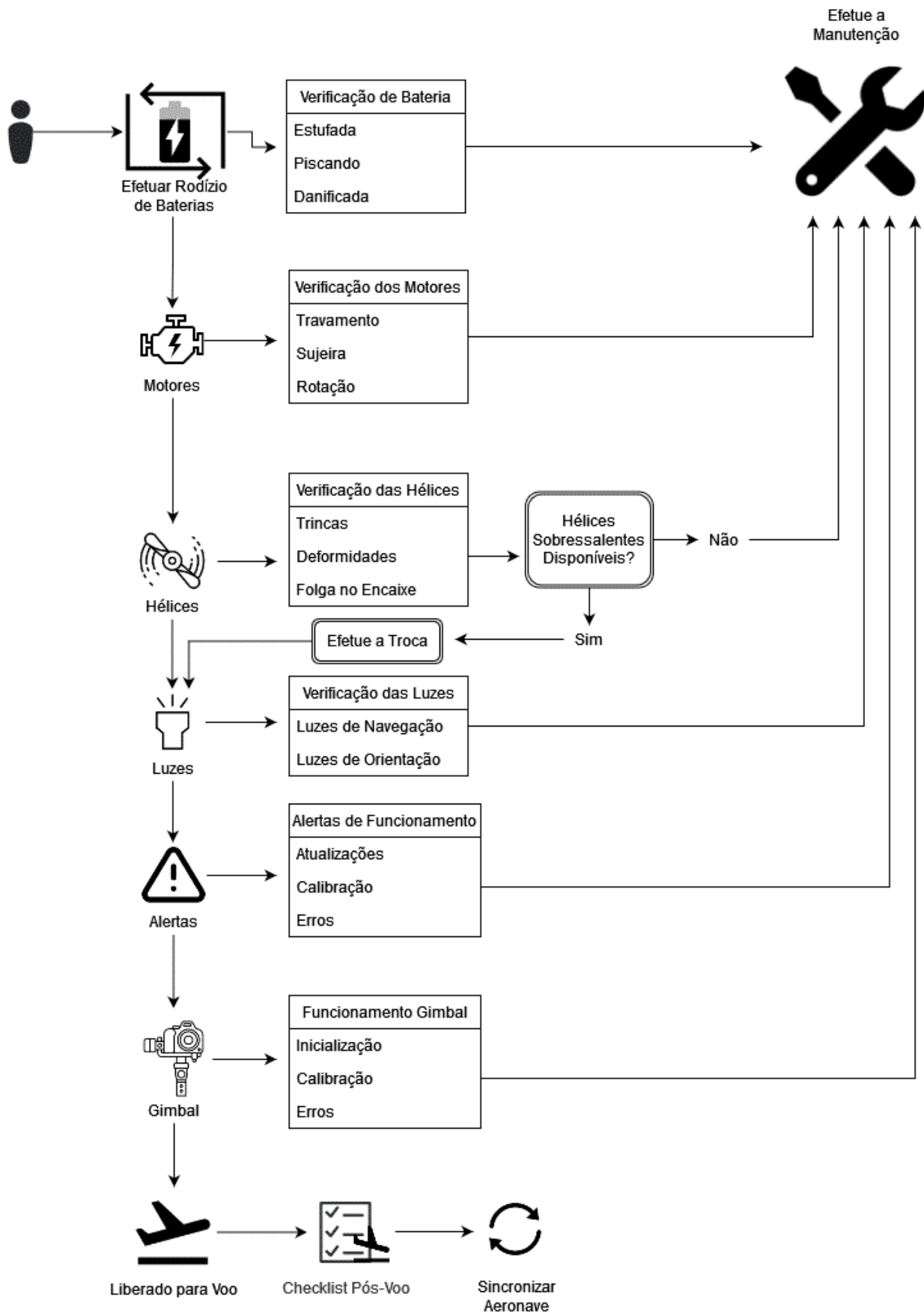


### Google earth

Fonte: Elaborada pelo autor.

Verifique as condições meteorológicas. Mesmo que o seu equipamento esteja preparado, procure não voar sob condições de chuva ou neblina intensa. Estas condições afetam o campo de visão do piloto e podem ocultar obstáculos que estejam no trajeto de navegação.

Efetue um check-list visual no equipamento antes do voo, buscando possíveis defeitos ou falhas que possam interferir no procedimento de voo da aeronave.



**Verificação pré voo.**

Fonte: Elaborada pelo autor.

## Durante o voo



### Durante o voo, você deve:

1. Observe o comportamento do drone mantenha a aeronave flutuando por alguns segundos, buscando verificar anormalidades no funcionamento e testes dos comandos de voo;
2. Fique atento aos avisos na tela os aplicativos de voo do fabricante geralmente mostram mensagens de erro referentes ao funcionamento da aeronave;
3. Monitore o sinal de enlace; e
4. Mantenha o drone no seu campo visual, observando obstáculos e mudanças climáticas.

## Após o voo



### Após o voo, você deve:

- Desligue a aeronave e o controle;
- Faça uma rápida verificação visual em busca de danos que a aeronave tenha sofrido durante o voo;
- Trave e proteja o gimbal;
- Armazene e transporte o equipamento.

Por fim, mantenha seu equipamento limpo e armazenado corretamente para garantir a eficiência de funcionamento. Caso utilize um equipamento compartilhado ou esteja compartilhando o seu equipamento, tenha a atenção redobrada, pois quaisquer falhas ou acidentes que venham a ocorrer com a aeronave serão de responsabilidade do operador e do proprietário registrado no SISANT da aeronave.

Que bom que você chegou até aqui! Clique a seguir para acessar o próximo conteúdo.

## Unidade 2: RTH - Return to home

O sistema de retorno automático dos drones, conhecido como *Return to Home* ou RTH, garante a segurança de voo em caso de perda de sinal, ou baixo nível de bateria, mas é necessário entender como funciona essa ferramenta e qual a melhor maneira de configurá-la.

### 2.1 Registro e utilização do RTH e failsafes

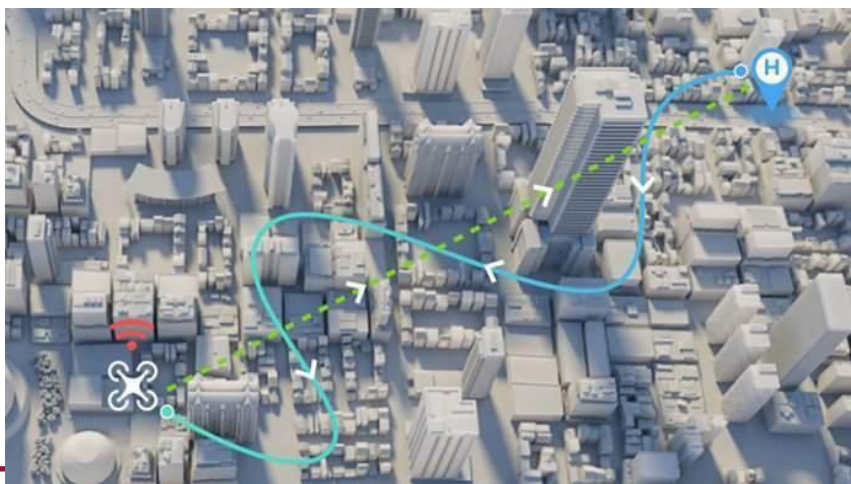
Em quaisquer situações de retorno automatizado, a aeronave se elevará ou descera até a altura programada pelo operador. Esta programação é feita pelo aplicativo de voo, clicando nas opções da aeronave.



**Configurando RTH**

Fonte: <https://store.dji.com/guides/how-to-use-the-djjs-return-to-home/>

Certifique-se de configurar uma altura segura e livre de obstáculos, buscando evitar acidentes, pois, ao acionar o retorno, a aeronave fará a rota mais curta e em linha reta até o ponto de retorno marcado pelo operador.



**Return to Home**

Fonte: <https://store.dji.com/guides/how-to-use-the-djjs-return-to-home/>

Existem três modos de retorno automático:

#### **Baixo nível de bateria**

Nesse modo, o sistema de retorno automático é acionado a partir do nível de carga da bateria. Este nível pode ser configurado nas opções de voo e segurança no aplicativo do fabricante por uma margem de segurança determinada pelo operador.

#### **Modo Inteligente**

Nesse modo, o operador pode acionar o retorno da aeronave de forma automatizada por meio do botão físico do controle ou pelo aplicativo. Este procedimento pode ser interrompido, clicando no botão pause do controle ou stop no aplicativo. Ao acionar este modo, a aeronave eleva a altura programada pelo operador e retornará em linha reta até o ponto de decolagem ou até o operador dependendo da configuração.

#### **Failsafe**

O Failsafe acontece quando a aeronave perde o enlace com o operador por um tempo entre 3 e 20 segundos, dependendo da aeronave. Neste caso, a aeronave pode se comportar de três maneiras:

- primeiro, efetuando o procedimento programado de retorno;
- segundo, mantendo a posição da aeronave em flutuação até que o sinal seja restabelecido;
- terceiro, pousando no local onde se encontra. A aeronave simplesmente desce até o solo no local em que estiver. A utilização desse modo é extremamente arriscada se o operador não conhecer a região de voo, pois a aeronave pode pousar em regiões de lagos ou declives que venham a danificar o equipamento.

## Unidade 3: Fotografia e filmagem

Com certeza o emprego dos drones no meio audiovisual ajudou a alavancar o conhecimento de sua tecnologia. Garantir a qualidade de imagem é fundamental para registro de eventos, portanto, é importante conhecer o básico do funcionamento dos sensores e câmeras embarcadas no drone.

### 3.1 Conhecimento básico de fotografia e filmagem com drones

Na maioria dos casos, os drones possuem capacidades de realizar fotografias aéreas através da câmera nele acoplada ou, em alguns casos, sensores especiais para determinado tipo de serviço a ser realizado. As imagens armazenadas através destes sensores, captam e armazenam a energia eletromagnética irradiada pela luz do objeto em foco, energia esta que se transmite até o sensor em forma de onda, ou seja, a fotografia é baseada na quantidade de luz capturada pelo sensor da câmera. Por fim, o sensor recebe a informação codificada, podendo conter polarização, intensidade e frequência da onda.

As características mais comuns encontradas nas câmaras partem de 3 pilares principais, sendo:

#### Abertura

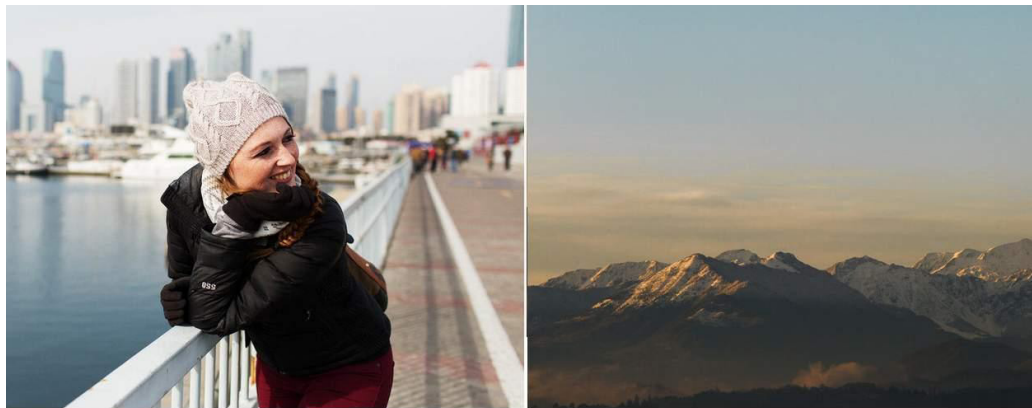
Se refere ao tamanho de abertura do diafragma da câmera, sendo que, quanto mais aberto, maior a quantidade de luz que o sensor receberá. A abertura também controla a profundidade da imagem (as fotos com fundo desfocados são feitas pelo controle de abertura da câmera).



**Abertura do diafragma**

Fonte: <https://www.eduardo-monica.com/new-blog/iso-velocidade-abertura-exposicao-fotografia>

O efeito de profundidade de campo é o melhor exemplo da função de abertura do diafragma. Basicamente, se o diafragma estiver com uma grande abertura, o campo de foco será curto, ou seja, tudo que estiver além desse campo estará desfocado, sendo que o inverso (um diafragma mais fechado) garante o foco a longas distâncias.



Maior Abertura

Menor Abertura

#### Foco

Fonte: <https://www.eduardo-monica.com/new-blog/iso-velocidade-abertura-exposicao-fotografia>

### Velocidade

Comumente conhecido como *shutter* ou *speed shutter* (velocidade de disparo), esta característica se refere ao tempo de abertura do obturador para entrada de luz no sensor da câmera. Altas velocidades possuem a capacidade de captar uma imagem estática de um objeto em movimento com nitidez. Já as baixas velocidades de fechamento do obturador criam um efeito de movimento ou borrão na imagem.

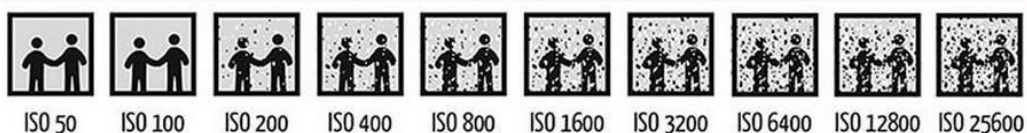


#### Velocidade do obturador

Fonte: <https://www.eduardo-monica.com/new-blog/iso-velocidade-abertura-exposicao-fotografia>

## ISO

De forma resumida, o ISO é o nível de exposição da câmera à luz. Quanto menor o seu valor, menor é sua sensibilidade à luz e maior a sua. Quando aumentamos seu valor, sua sensibilidade aumenta consecutivamente gerando mais ruído na imagem.



### Graduação do ISO

Fonte: <https://www.eduardo-monica.com/new-blog/iso-velocidade-abertura-exposicao-fotografia>

Por base, os ruídos estragam as imagens e podem ser percebidos, principalmente, quando aproximada a imagem, fazendo com que ela fique menos nítida e com um formato “granulado”. Utilizar baixas taxas de ISO garantem uma melhor qualidade na imagem, contudo, no caso de imagens noturnas, devemos encontrar um equilíbrio para manter a nitidez da imagem.

Ainda podemos utilizar as configurações automáticas da câmera. Nela, o sistema embarcado controla os 3 parâmetros discutidos anteriormente de forma a equilibrar e manter a qualidade da imagem. Contudo, nem sempre o modo automático garante a melhor qualidade da imagem.

Que bom que você chegou até aqui! Clique a seguir para acessar o próximo conteúdo.

## Unidade 4: Modos inteligentes de voo

Os modos de voo inteligentes realizam capturas de imagem de forma profissional, além de auxiliar o operador na pilotagem do drone. Alguns modos de voo podem ser parecidos, porém, cada um tem sua peculiaridade e aplicação.

Para acessá-los, utilize o atalho no aplicativo de voo do fabricante.

### 4.1 Voo automático, Active Track, Point of Interest, Follow e interação gestual com o RPAS

#### Voo Automático

Este modo tem como o objetivo criar um plano de voo para posteriormente executar de forma automática com a aeronave. Existem diversas plataformas de planejamento de missões, dentre elas, os mais conhecidos são: Pix4D capture, DJI Terra (Somente para drones Phantom), DJI Pilot, Drone Deploy. Estas plataformas permitem selecionar os parâmetros de voo, modelo de aeronave, tipo de câmera e qualidade de imagem a ser capturada.

Após efetuar o planejamento da missão, basta clicar em iniciar e a aeronave efetuará todo o voo automaticamente.

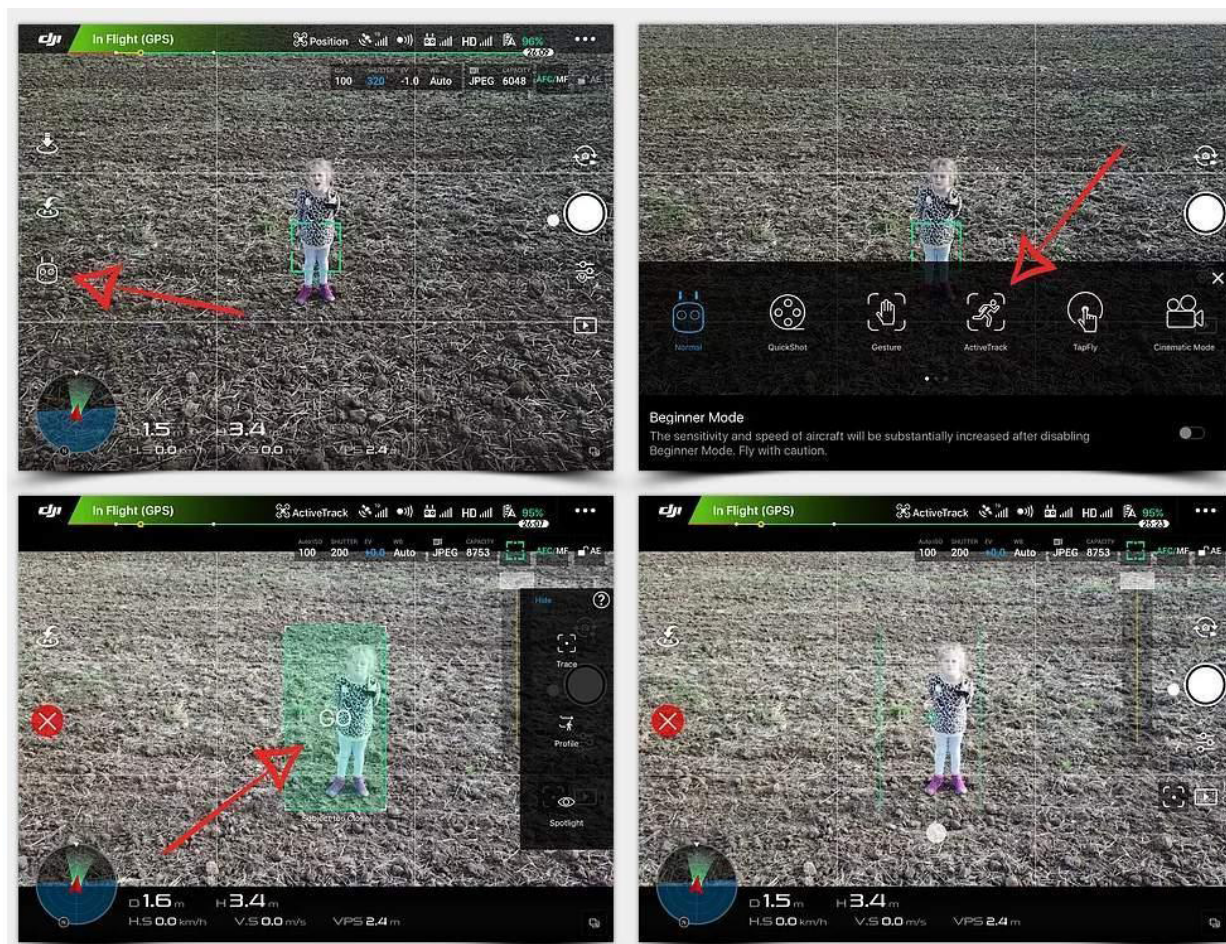


DJI pilot

Fonte: <https://forum.dji.com/thread-173018-1-1.html>

## Active Track

Este é um modo de voo o qual o drone trava em um alvo selecionado na tela do aplicativo e mantém em sua visão durante todo o período de execução. Diferente dos outros modos de voo, o *Active Track* não utiliza somente a câmera para fixar o alvo, e sim, todo um sistema de algoritmos para calcular a posição e manter sua visão fixada.

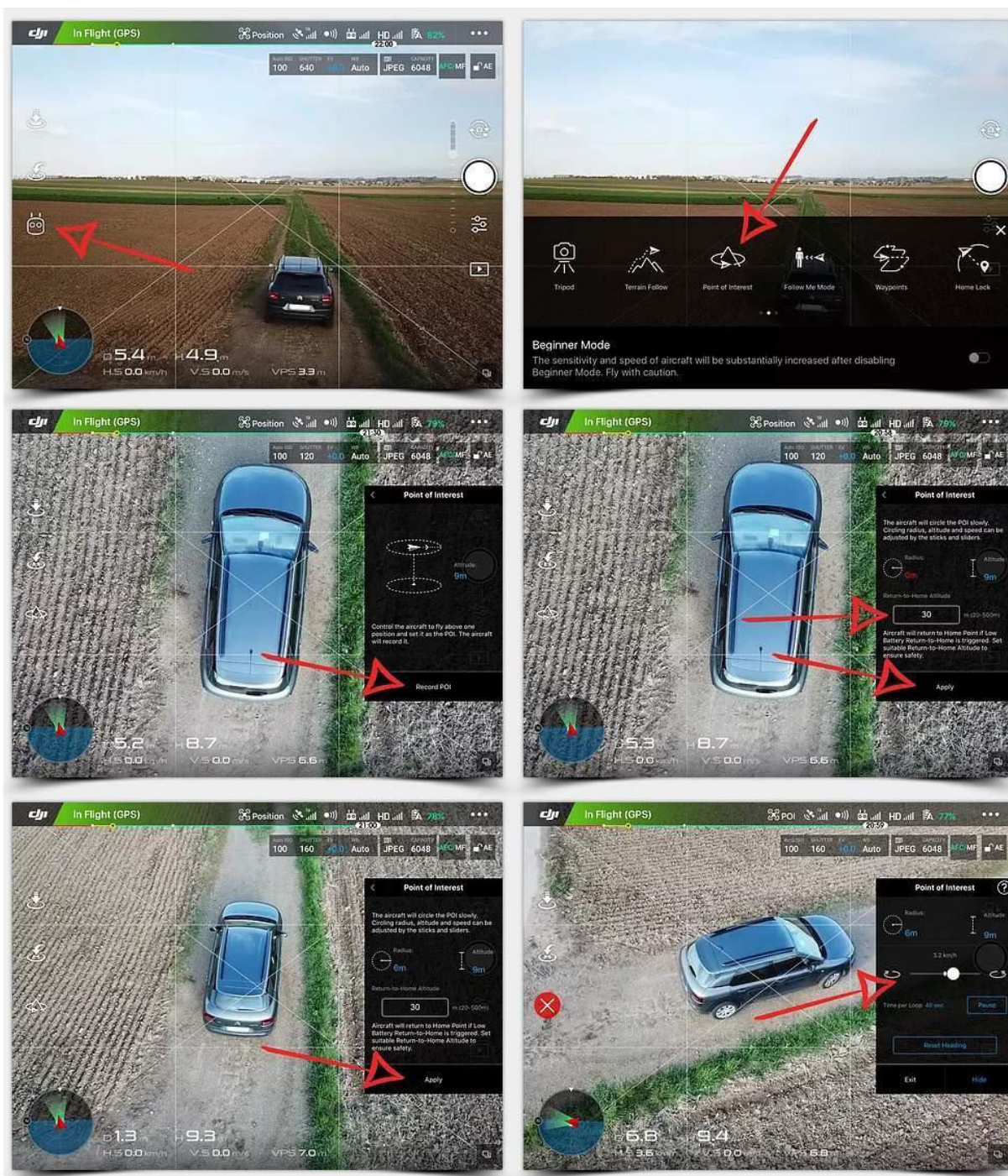


### Active Track

Fonte: <https://www.tomstechtime.com/follow-me-mode>

## Point of Interest

Ao ativar esse modo, a aeronave irá sobrevoar em órbita do alvo demarcado. Para isso, é necessário efetuar uma configuração prévia da altura de voo do raio de abertura da órbita.

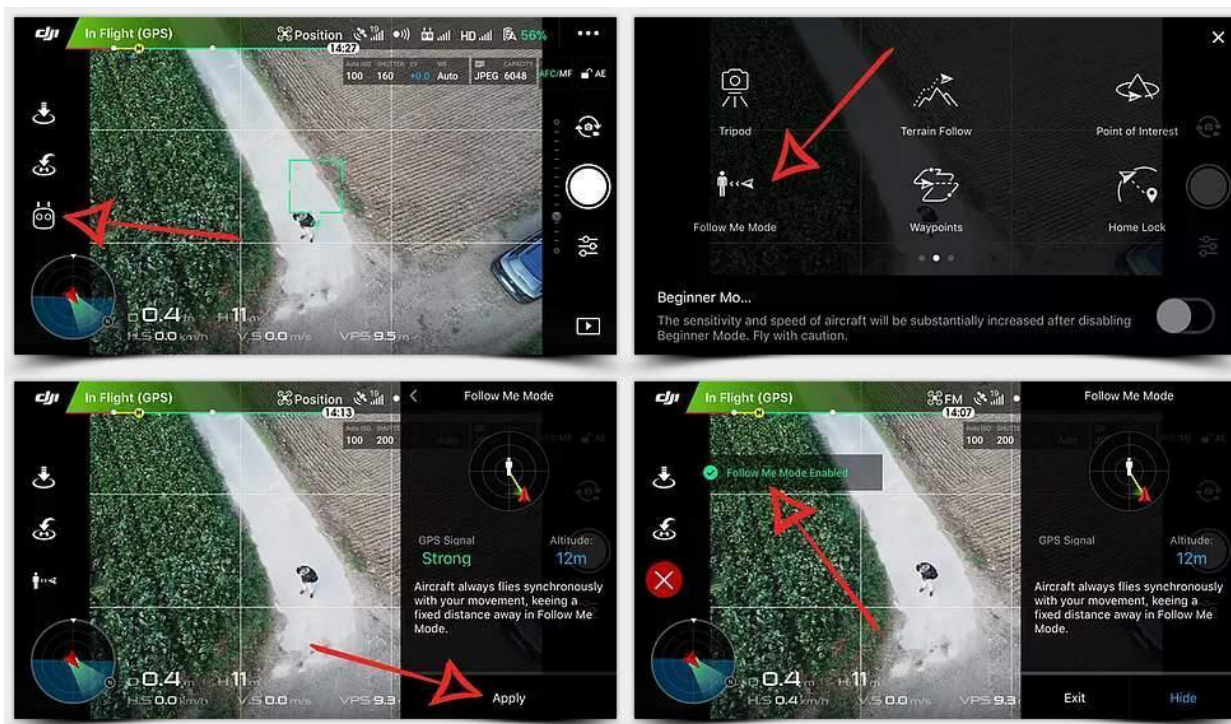


### Point of interest

Fonte: <https://www.tomstechtime.com/poi-mode>

## Follow

Nesse modo, os objetos, as pessoas ou os animais podem ser seguidos pelo drone automaticamente. Diferente do *Active track*, esse modo não possui tanta precisão e na maioria das vezes acaba perdendo o alvo. Para utilização desse modo, a aeronave deve estar a uma altura mínima de 10 metros do objeto a ser seguido, podendo chegar a altura máxima de 500 metros. Contudo, é recomendado utilizar esse modo entre 10 e 30 metros para um melhor resultado.



### Follow mode

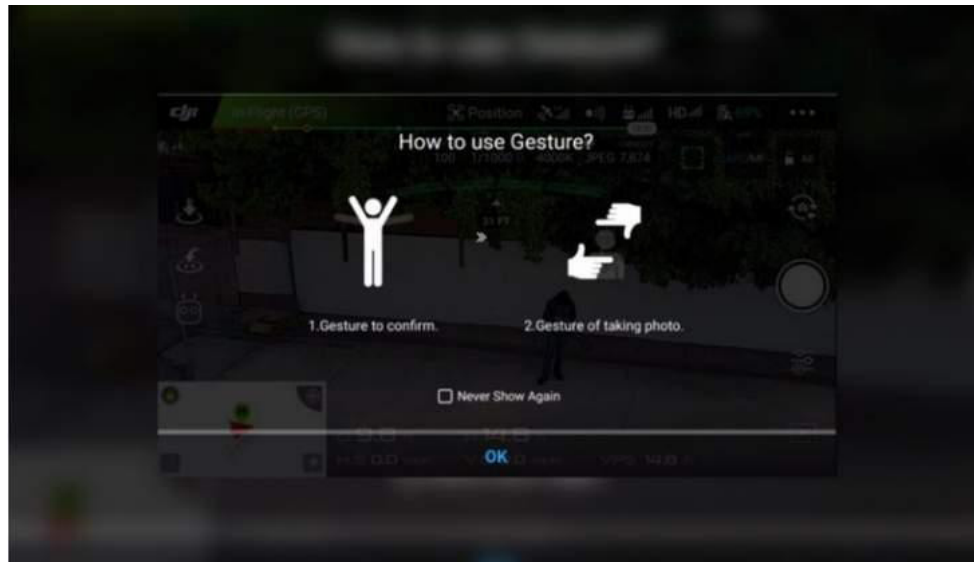
Fonte: <https://www.tomstechtime.com/follow-me-mode>

Para utilização do *Fallow mode*, clique nos modos de voo inteligentes no aplicativo do fabricante e ative o follow mode. Uma mensagem confirmando a ativa deverá aparecer na tela e, em seguida, basta clicar em cima do objeto ou pessoa que deseja seguir.

## Interação gestual

*Gesture mode* ou modo interativo de gestos é um modo em que o operador envia comandos a aeronave por meio de gestos com os braços e mãos. Com o modo ativado, estenda os braços para cima para a aeronave iniciar o trackeamento. Em seguida, efetue o gesto conforme demonstrado na tela do aplicativo para efetuar um comando de foto ou vídeo.

O número de comandos, por meio de gestos, depende do modelo da aeronave que estiver utilizando. Para mais informações, consulte o manual do fabricante.



#### **Gesture Mode**

Fonte: <https://www.heliguy.com/blogs/posts/dji-intelligent-flight-modes>

Parabéns, piloto de drone! Você chegou ao final desta missão e está pronto para decolar rumo a novas alturas, aplicando tudo o que aprendeu sobre a operação segura e eficiente dos drones. Cada voo, cada ajuste e cada pouso durante este curso foram fundamentais para aprimorar suas habilidades. Agora, o comando está em suas mãos, e o céu é o seu novo campo de operações. Lembre-se: a segurança e a precisão são suas maiores aliadas em cada missão. Então, mantenha os olhos no horizonte, a mente afiada e os drones prontos.

**Vamos decolar para as próximas aventuras e agora na prática do seu dia a dia.**

## Referências

ANAC. **Instrução suplementar n ° E94-003**. Disponível em: [https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-e94-003/@@display-file/arquivo\\_norma/ISE94-003A%20-%20Retificada.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-e94-003/@@display-file/arquivo_norma/ISE94-003A%20-%20Retificada.pdf). Acesso em: 01 de nov. 2021.

AMÂNCIO, Daniel Barbosa. **A proliferação dos drones e a investigação de acidentes deste segmento**. Disponível em: <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/675>. Acesso em: 01 nov. 2021.

HONORATO, Marcelo. A crise da legalidade no sistema de prevenção de acidentes aeronáuticos. Brasília: **Revista Conexão SIPAER**, v.3, n.1, nov. 2011. Disponível em: [https://www.jfpe.jus.br/images/stories/docs\\_pdf/biblioteca/artigos\\_periodicos/MarceloHonorato/Osprincipiosjuridicos\\_revTRF5\\_n100\\_2012.pdf](https://www.jfpe.jus.br/images/stories/docs_pdf/biblioteca/artigos_periodicos/MarceloHonorato/Osprincipiosjuridicos_revTRF5_n100_2012.pdf). Acesso em: 01 de nov. 2021.